

Гений ортопедии. 2023;29(4):388-394.*Genij Ortopedii.* 2023;29(4):388-394.

Научная статья

УДК [616.379-008.64:617.586-007.248-06:616-002.2]-001.5-089.227.84

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2023-29-4-388-394>**Анализ применения чрескостного остеосинтеза в лечении больных с диабетической остеоартропатией, осложненной хроническим остеомиелитом****А.С. Судницын, Н.М. Ключин, Т.А. Ступина, Г.В. Дьячкова**✉

Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова, Курган, Россия

Автор, ответственный за переписку: Галина Викторовна Дьячкова, dgv2003@list.ru**Аннотация**

Актуальность. Диабетическая нейроостеоартропатия (ДНОАП), осложненная хроническим остеомиелитом (ХО), – одно из частых осложнений (до 7,5 %) у больных сахарным диабетом. Неадекватное лечение таких больных приводит к ампутации сегмента, а в отдельных случаях – и к летальному исходу. Применение метода чрескостного остеосинтеза является единственным альтернативным способом в борьбе за сохранение конечности. **Цель.** На основе рентгеноморфологических критериев оценки качества кости определить оптимальную компоновку аппарата внешней фиксации (АВФ), обеспечивающую благоприятные условия для восстановления опороспособности конечности при лечении больных с ДНОАП, осложненной гнойно-воспалительным процессом. **Материалы и методы.** Проведен анализ рентгенограмм и клинического течения репаративного процесса у 49 больных (средний возраст 55,5 ± 9,4 года) с ДНОАП, осложненной хроническим остеомиелитом. По типу компоновки аппарата Илизарова выделены 2 группы: спицевая компоновка – СК (25 больных); гибридная – ГК (24 больных). Полученные в формате Jpeg рентгенограммы анализировали с использованием специализированного программного обеспечения «Hi-scene». Плотность костей стопы изучена методом МСКТ. **Результаты.** При сравнении показателей оптической плотности кости в обеих группах исследования отмечено статистически незначимое увеличение в послеоперационном периоде Од пяточной кости на 25 % после лечения у больных из группы ГК, а в группе СК на 43 % – дистального отдела большеберцовой кости. Одновременно с этим мы отмечаем статистически значимое увеличение показателей Од большеберцовой кости в послеоперационном периоде у больных из группы ГК и в теле пяточной кости у пациентов из группы СК. На МСКТ установлено, что плотность пяточной кости до лечения у больных ДНОАП в области пяточного бугра составляла 194,37 ± 49,05 HU, в области тела – 205,47 ± 38,36 HU, в области дистального отдела большеберцовой кости 280,00 ± 40,30 HU. При анализе результатов остеосинтеза костей пораженного сегмента процент удовлетворительных исходов после демонтажа аппарата у пациентов из группы ГК был значительно выше, чем в группе СК (56 %), и составлял 75 %. **Обсуждение.** Выраженный остеопороз костей голени и стопы зачастую характерен для больных сахарным диабетом, осложненным ДНОАП и хроническим остеомиелитом. Возможный арсенал методов лечения, позволяющих решить задачи стойкого купирования остеомиелитического процесса и восстановления опороспособности конечности у таких больных, резко ограничен. Оптимальный выбор компоновки аппарата Илизарова радикально влияет на исход лечения больных с данной патологией. **Заключение.** Проведенное нами на основе рентгеноморфологических критериев оценки качества кости исследование показало снижение оптической и денситометрической плотности костей у больных, страдающих ДНОАП, осложненной хроническим остеомиелитом, в сравнении с нормой. Применение «спицевых» компоновок аппарата не обеспечивает достаточных условий для решения поставленных хирургических задач у данной категории больных. Внедрение в систему аппарата стержней-шнурупов обеспечивает необходимые сроки фиксации с возможностью функциональной нагрузки на оперированный сегмент у больных в послеоперационном периоде.

Ключевые слова: диабетическая нейроостеоартропатия, хронический остеомиелит, оптическая плотность кости, остеопороз, аппарат внешней фиксации, метод Илизарова

Для цитирования: Судницын А.С., Ключин Н.М., Ступина Т.А., Дьячкова Г.В. Анализ применения чрескостного остеосинтеза в лечении больных с диабетической остеоартропатией, осложненной хроническим остеомиелитом. *Гений ортопедии.* 2023;29(4):388-394. doi: 10.18019/1028-4427-2023-29-4-388-394. EDN: KLULIH.

Original article**Analysis of the use of transosseous osteosynthesis in the treatment of patients with diabetic osteoarthropathy complicated by chronic osteomyelitis****A.S. Sudnitsyn, N.M. Kliushin, T.A. Stupina, G.V. Diachkova**✉

Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation

Corresponding author: Galina V. Diachkova, dgv2003@list.ru**Abstract**

Relevance Diabetic neuroosteoarthropathy (DNOAP) complicated by chronic osteomyelitis (CO) is one of the most common complications (up to 7.5 %) in patients with diabetes mellitus. Treatment failure of such patients leads to amputation of the segment, and in some cases, to death. The use of the method of transosseous osteosynthesis is the only alternative method in the struggle for the limb salvage. **Purpose** Based on X-ray morphological criteria for assessing bone quality, to determine the optimal assembly of the external fixation device (EFF), which provides favorable conditions for restoring limb weight-bearing capacity in the treatment of patients with DNOAP complicated by infection. **Materials and methods** The analysis of radiographs and the clinical course of the reparative process in 49 patients (mean age 55.5 ± 9.4 years) with DNOAP complicated by chronic osteomyelitis was carried out. Two groups were distinguished based on the Ilizarov apparatus assembly: wire-based (WB) used in 25 patients; hybrid construct (HC) in 24 patients. The X-ray obtained in Jpeg format were analyzed using specialized Hi-scene software. The density of the bones of the foot was studied by MSCT. **Results** Comparison of the indicators of bone optical density in both study groups showed that there was an insignificant increase in the postoperative period Od of the calcaneus by 25 % after treatment in patients from the HC group, and in the WB group by 43 % in the distal tibia. At the same time, we noted a significant increase in the Od values of the tibia in the postoperative period in patients from the HC group and in the body of the calcaneus in patients from the WB group. MSCT showed that the density of the calcaneus before treatment in patients with DNOAP in the region of the calcaneal tubercle was 194.37 ± 49.05 HU, in the region of the body it was 205.47 ± 38.36 HU, in the region of the distal tibia 280.00 ± 40.30 HU. The analysis of the results of bone osteosynthesis of the affected segment showed that the rate of satisfactory outcomes after dismantling the device in patients from the HC group was significantly higher than in the WB group (56 %) and amounted to 75 %. **Discussion** As is known, pronounced osteoporosis of the bones of the lower leg and foot is often characteristic of patients with diabetes mellitus complicated by DNOAP and chronic osteomyelitis. A possible arsenal of treatment methods that allow solving the problems of stable arrest of the osteomyelitic process and restoring limb support in such patients is very limited. The optimal choice of the Ilizarov apparatus assembly type has an impact on the outcome of treatment of patients with this pathology. **Conclusion** Based on X-ray morphological criteria for assessing bone quality, our study showed a decrease in optical

and densitometric bone density in patients with DNOAP complicated by chronic osteomyelitis compared to the norm. The use of wire-based assembly of the apparatus does not provide sufficient conditions for the solution of the set of the surgical tasks in this category of patients. The introduction of half-pins into the apparatus system provides the necessary fixation time with the possibility of functional load on the operated segment in patients in the postoperative period.

Keywords: diabetic neuroosteoarthropathy, chronic osteomyelitis, bone optical density, osteoporosis, external fixation device, Ilizarov method

For citation: Sudnitsyn A.S., Kliushin N.M., Stupina T.A., Diachkova G.V. Analysis of the use of transosseous osteosynthesis in the treatment of patients with diabetic osteoarthropathy complicated by chronic osteomyelitis. *Genij Ortopedii*. 2023;29(4):388-394. doi: 10.18019/1028-4427-2023-29-4-388-394

ВВЕДЕНИЕ

Одним из частых и тяжелых осложнений, встречающихся в 7,5 % среди всех больных, страдающих сахарным диабетом, является диабетическая нейроостеоартропатия (ДНОАП) Шарко [1, 2, 3]. ДНОАП характеризуется зачастую многокомпонентной деформацией стопы, нередко сопровождающейся хроническими раневым и присоединившимися гнойно-воспалительными процессами [4, 5, 6].

В настоящее время существуют две концепции лечения (консервативная и оперативная) больных с ДНОАП, при выборе которых руководствуются клинико-рентгенологической классификацией Chantelau [2, 3, 6-8]. Так, в остром периоде (активная стадия), согласно классификации Chantelau, применяют консервативный способ лечения с использованием иммобилизации конечности циркулярной повязкой системы Total Contact Cast [3, 7, 8, 9]. Фиксация конечности осуществляется до полной перестройки кости (хроническая стадия). После этого фиксатор удаляется и больному рекомендуется ношение специальной ортопедической обуви [3, 7].

Однако, когда ДНОАП осложняется развитием гнойно-воспалительного процесса, применение циркулярных повязок становится невозможным. При этом отсутствие адекватного лечения таких больных приводит к ампутации сегмента, а в отдельных случаях (15-25 %) – и к летальному исходу [1, 10].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Одноцентровое ретроспективное исследование. Уровень доказательности – IV. Данные рентгенографии, МСКТ до лечения, рентгенографии и клинического течения репаративного процесса до и после операции изучены у 49 больных с ДНОАП, осложненной хроническим остеомиелитом, прошедших лечение в Клинике гнойной остеологии (КГО) в период с 2017 по 2020 г. Средний возраст больных составил $55,5 \pm 9,4$ года. Все больные страдали ожирением, ИМТ $31,2 \pm 5,6$. Стаж заболевания сахарным диабетом составил $9,5 \pm 6,5$ лет. Средние показатели целевого гликированного гемоглобина (HbA1c) на момент обращения в Клинику были равны $7,22 \pm 1,8$ %. Пероральные сахароснижающие препараты в качестве базисной терапии сахарного диабета получали только 5 (10,2 %) человек (показатель гликированного гемоглобина $6,7 \pm 0,6$ %). Большая часть пациентов (44 – 89,8 %) находилась на заместительной инсулинотерапии (показатель гликированного гемоглобина $7,3 \pm 1,8$ %).

Всем больным после проведенного необходимого комплекса диагностики в предоперационном периоде проведено хирургическое вмешательство, направленное на санацию остеомиелитического очага, стабили-

В этих условиях применение метода чрескостного остеосинтеза является одним из альтернативных способов в борьбе за сохранение конечности [2]. Однако, вследствие уже имеющегося остеопороза, применение аппарата внешней фиксации может осложниться развитием нестабильности системы. По этой причине, во избежание развития гнойно-септических осложнений и/или разрушения кости в точках прохождения спиц приходится преждевременно, не добившись консолидации костей, выполнять демонтаж АВФ [11].

К дополнительным причинам развития нестабильности аппарата следует отнести ряд факторов: неадекватность нагрузки на оперированную конечность вследствие ослабленной болевой и тактильной чувствительности; недостаточную прочность конструкции аппарата, неучтенные особенности биомеханики конечности [2]. В этих условиях изучение качества кости является важнейшей задачей, поскольку лежит в основе выбора метода лечения и профилактических мероприятий [4, 5, 12, 13].

Цель – на основе рентгеноморфологических критериев оценки качества кости определить оптимальную компоновку аппарата внешней фиксации (АВФ), обеспечивающую благоприятные условия для восстановления опороспособности конечности при лечении больных с ДНОАП, осложненной гнойно-воспалительным процессом.

зацию пораженного участка стопы и остеосинтез сегмента по Илизарову.

Рентгенография. Для определения степени деструктивных изменений и плотности кости выполняли рентгенографию стопы и голени в прямой, боковой, прямой подошвенной (плантарной) и аксиальной проекциях, в условиях нагрузки и без неё. Исследования выполняли при поступлении в клинику, на 7-10 день, а также ежемесячно в послеоперационном периоде и после окончания фиксации в аппарате. При выполнении рентгенографических исследований использовались аппараты RADIOTEX, регистрационное удостоверение ФС №2006/527; RAYMAT ASI, регистрационное удостоверение МЗ-ФС № 2006/2099, CLINOMAT, регистрационное удостоверение МЗ-ФС №2006/559. Полученные в формате Jpeg рентгенограммы анализировали с использованием специализированного программного обеспечения «Hi-scene», предназначенного для чтения и компьютерной обработки цифровых результатов рентгенологического исследования [14]. Исследование оптической плотности проводили у всех больных до и после лечения на заранее определенных участках дистального метафиза б/берцовой и тела пяточной кости (рис. 1).



Рис. 1. Расположение анализируемых участков плотности кости (выделено красными квадратами)

Для анализа оптической плотности (ОП) кости на рентгенографическом изображении в симметричных точках пяточной и дистального метафиза большеберцовой костей выбирали одинаковые по площади участки изображения, на которых выполнялось построение гистограммы распределения с цветовым контрастированием степени минерализации. При этом полученные количественные данные (медиана, среднее значение дисперсии и яркости изображения) с выделенных фрагментов, для непосредственного расчёта оптической плотности, заносили в базу данных, созданную в редакторе Microsoft Excel 2010. Дальнейшие расчеты производили с помощью того же редактора по формуле 1 [14].

Измерение оптической плотности (OD) кости производилось в условных единицах (i) по формуле 1:

$$OD_i = \lg \frac{I_i - I_m}{I_0} (1).$$

где OD_i – оптическая плотность i-го элемента изображения; I_i – интенсивность i-го элемента изображения; I_m – средняя интенсивность тени мягких тканей; I_0 – средняя интенсивность фона.

МСКТ. Исследования выполняли на компьютерном томографе «GE Light Speed VCT». МСКТ проводили с использованием специального алгоритма реконструкции «BONE». Обработку аксиальных срезов проводили в режиме мультипланарной реконструкции (MPR) в корональной и сагиттальной плоскостях. Использовали VRT-реконструкции. Измерения при исследовании данных МСКТ производили при помощи программы «RadiAnt DICOM Viewer». До лечения измеряли общую и локальную плотность (единицы Хаунсфилда (HU) костей стопы с построением гистограмм. Изучали также архитектуру пяточной, таранной, ладьевидной, кубовидных костей, дистального отдела большеберцовой кости (рис. 2).

Методы лечения

По типу примененной компоновки аппарата все больные были разделены на 2 группы: 1 – спицевая компоновка (СК); 2 – гибридная компоновка (ГК).

В группу СК вошли 25 пациентов в возрасте $55,6 \pm 9,23$ года с ИМТ $30,99 \pm 5,23$. Уровень гликемии HbA1c у больных в указанной группе на момент обращения в Клинику в среднем составил $7,42 \pm 1,57$ %. Остеосинтез у пациентов данной группы выполнялся по традиционной схеме компоновки аппарата на голени и стопе, с использованием транскортикально проведенных спиц и закрепленных в натянутом состоянии в двух кольцевых на голени и 2-х полукольцевых либо единой U-образной опорах на стопе.

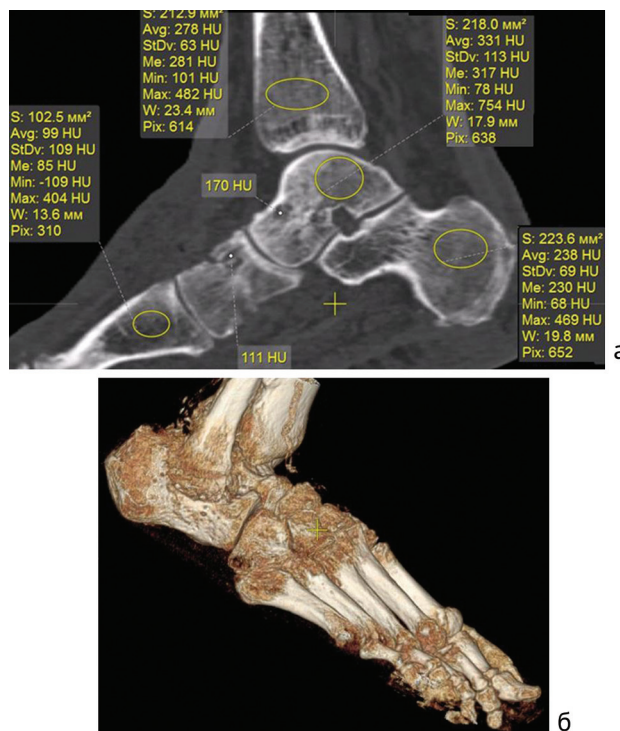


Рис. 2. МСКТ стоп больных ДНОАП. MPR в сагиттальной плоскости, определение плотности пяточной, таранной, большеберцовой, плюсневой костей (а), VRT-реконструкция (б)

В группу ГК были включены 24 больных в возрасте $55,7 \pm 7,57$ года, с ИМТ $33 \pm 4,8$ и уровнем HbA1c $7,35 \pm 1,18$ %. Отличительной особенностью компоновки в данной группе являлось внедрение в систему АВФ стержней-шурупов в качестве дополнительных транскортикальных фиксирующих элементов (рис. 3).

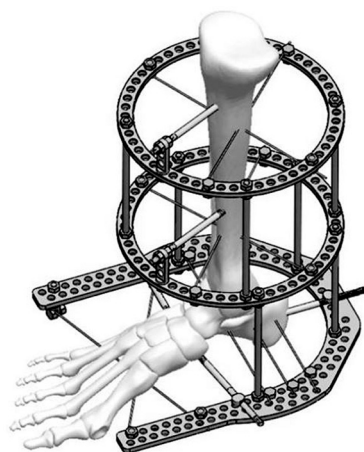


Рис. 3. Пример компоновки аппарата для остеосинтеза голени и стопы с использованием стержней-шурупов при поражении голеностопного сустава

В качестве группы сравнения проведен анализ рентгенограмм стопы 20 человек в возрасте $53 \pm 77,9$ года с ИМТ $28,6 \pm 73,22$ без сопутствующего диагноза «сахарный диабет» и ортопедической патологии стопы и голеностопного сустава, обратившихся в КГО с жалобами на наличие гнойно-воспалительного процесса в костях верхней конечности.

Статистическую обработку проводили в электронных таблицах Microsoft Excel с использованием программы Attestat (версия 9.3.1, автор И.П. Гайдышев, Сертификат Роспатента № 2002611109). Количественные данные

представлены в виде медиан и квартилей (ME [Q1; Q3]), для выборок, где нормальность распределения была отклонена. В случаях с нормальным распределением количественные данные представлены в виде $M \pm \sigma$, где M – средняя, σ – среднеквадратичное отклонение. Достоверность различий определяли критерием Манна-Уитни с принятием уровня значимости $p < 0,05$.

Все исследования проведены в соответствии этическим стандартом Хельсинкской декларации

Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2000 г. и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 г. № 266. Пациенты подписали информированное согласие на публикацию данных, полученных в результате исследований, без идентификации личностей.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Лечение всех больных с ДНОАП предполагало выполнение оперативного вмешательства, направленного на санацию остеомиелитического процесса, и остеосинтез АВФ пораженной стопы со стабилизацией сегмента до полной консолидации на стыке костей, подтвержденной рентгенологически.

Однако в позднем послеоперационном периоде отмечалась развивающаяся нестабильность аппарата внешней фиксации в области проведенных фиксирующих элементов (спиц, стержней-шурупов). Рентгенологически это характеризовалось резорбцией кости вокруг транскортикально установленных спиц и/или стержней-шурупов (рис. 4).



Рис. 4. Рентгенограмма большеберцовой кости больного в боковой проекции с резорбтивными изменениями в области транскортикально установленных фиксирующих элементов (спицы, стержни-шурупы) аппарата внешней фиксации

Резорбтивные изменения костей в области чрескостно установленных фиксирующих элементов (спиц,

стержней-шурупов) аппарата отмечены у всех больных с ДНОАП, получавших лечение по методу чрескостного остеосинтеза в нашей клинике. Следует отметить, что в зависимости от примененного типа компоновки аппарата, подобные изменения костей мы наблюдали в разные временные интервалы послеоперационного периода (табл. 1).

По этой причине, с целью избежать либо купировать гнойно-воспалительные явления, в отдельных случаях, не достигнув консолидации на стыке костей оперированной стопы, аппарат демонтировали.

Так, в период до 2-х месяцев по причине развившейся нестабильности был произведен демонтаж аппарата у 48 % больных, вошедших в группу СК и в 20,5 % случаев в группе ГК. При этом средние сроки фиксации в аппарате у больных группы СК составляли 59 ± 11 дней и 60 ± 12 дней – в группе ГК. В послеоперационном периоде от 2 до 4 месяцев АВФ демонтирован у 32 % больных из группы СК (99 ± 17 дней) и у 37,5 % пациентов группы ГК на 107 ± 14 суток. В отдаленном послеоперационном периоде (более 4 месяцев) у 20 % больных из группы СК демонтировали АВФ в среднем спустя 181 ± 37 дней и у 42 % пациентов из группы ГК в среднем через 186 ± 36 суток.

Консолидацию на стыке костей оперированного сегмента в зоне оперативного вмешательства удалось достичь у 56 % пациентов из группы СК и в 75 % случаев в группе ГК (табл. 2). Следует отметить, что случаи достигнутого сращения костей фиксировались вне зависимости от временного интервала в послеоперационном периоде.

Таблица 1

Сроки фиксации в аппарате в послеоперационном периоде у больных с ДНОАП

Группа больных	Распределение больных по срокам фиксации в аппарате								
	до 2 месяцев			от 2 до 4 месяцев			более 4 месяцев		
	n		фиксация, дни ($\pm$)	n		фиксация, дни ($\pm$)	n		фиксация, дни ($\pm$)
	абс.	%		абс.	%		абс.	%	
СК (n = 25)	12	48	59 ± 11	8	32	99 ± 17	5	20	181 ± 37
ГК (n = 24)	5	20,5	60 ± 12	9	37	107 ± 14	10	42	186 ± 36
p (T $\leq$ t) двухстороннее	0,48			0,58			0,019		

Таблица 2

Консолидация костей стопы в зоне вмешательства у больных с ДНОАП после демонтажа аппарата

Группа больных	Распределение больных по срокам консолидации						Итого	
	до 2 месяцев		от 2 до 4 месяцев		более 4 месяцев			
	n		n		n		n	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%
СК (n = 25, 100 %)	3	12	7	28	4	16	14	56
ГК (n = 24, 100 %)	3	12,5	8	33,3	7	29,2	18	75
p (T ≤ t) двухстороннее	0.87		0.7		0.15		0.35	

Исходя из таблицы 2, наибольший процент сращения костей в двух группах мы отмечали в интервале более 2 месяцев фиксации в послеоперационном периоде. Однако у 3 (12 %) больных из группы СК мы отмечали полную консолидацию костей оперированного сегмента в период до 2-х месяцев фиксации. Аналогичную картину сращения костей оперированного сегмента после демонтажа АВФ ранее 2 месяцев фиксации мы наблюдали в группе ГК у 3 (12,5 %) больных.

При обращении в клинику у всех 49 больных с ДНОАП показатели оптической плотности (экстинкции) костей как на здоровой, так и на контралатеральной конечностях были ниже (табл. 3), чем у людей сходной возрастной группы, не страдающих сахарным диабетом и не имеющих ортопедической патологии стопы. Так, показатель нормы оптической плотности тела пяточной кости составил 2,52 [1,52; 3,05] ед. и 2,26 [1,72; 2,99] ед. на уровне дистального метафиза большеберцовой кости. Одновременно с этим, в группе СК средние показатели оптической плотности тела пяточной кости до лечения составляли 0,76 [0,65; 1,17] ед. и 0,93 [0,77; 1,32] ед. в зоне дистального метафиза большеберцовой кости. В группе ГК показатели экстинкции до лечения тела пяточной кости – 0,92 [0,76; 1,25] ед. (43,8 % от нормы) и дистального метафиза большеберцовой кости – 0,91 [0,73; 1,26] ед. (40,9 % от нормы).

Сопоставление результатов показателей оптической плотности кости (табл. 3) в двух группах (ГК и

СК) пациентов с ДНОАП и условно здоровых людей (норма) сходной возрастной группы, показало существенное снижение экстинкции кости у больных сахарным диабетом как до, так и после лечения.

Оптическая плотность тела пяточной кости до лечения (табл. 3) в группе СК (0,76 [0,65; 1,17] ед.) была ниже показателей больных в группе ГК (0,92 [0,76; 1,25] ед.). При этом экстинкция дистального метафиза большеберцовой кости в группе больных СК составляла 0,93 [0,77; 1,32] ед., что было сопоставимо с аналогичным показателем в группе ГК – 0,91 [0,73; 1,26] ед.

При сравнении показателей оптической плотности кости двух групп (ГК и СК) отмечено статистически не значимое увеличение в послеоперационном периоде Od пяточной кости на 25 % ($p = 0,16$) после лечения у больных из группы ГК, а в группе СК на 43 % ($p = 0,28$) – дистального отдела большеберцовой кости. Одновременно с этим мы отмечали статистически значимое увеличение показателей Od в послеоперационном периоде большеберцовой кости (58 %, $p = 0,53$) у больных из группы ГК и в теле пяточной кости (53 %, $p = 0,96$) у пациентов из группы СК.

Данные МСКТ показали, что плотность пяточной кости до лечения у больных ДНОАП в области пяточного бугра составляла $194,37 \pm 49,05$ HU, в области тела – $205,47 \pm 38,36$ HU, в области дистального отдела большеберцовой кости $280,00 \pm 40,30$ HU. У 35 % больных при МСКТ выявлены симптомы артериального медиакальциноза Менкеберга (рис. 5).

Таблица 3

Показатели оптической плотности кости в норме и у больных с ДНОАП до и после лечения

Локализация	Период исследования	Норма (Od) (n = 20)	СК (Od) (n = 25)		ГК (Od) (n = 24)	
		ME [Q1; Q3]	ME [Q1; Q3]	%	ME [Q1; Q3]	%
Пяточная кость	До лечения	2,52 [1,52; 3,05]	0,76 [0,65; 1,17]	53↑	0,92 [0,76; 1,25]	25↑
	После лечения	–	1,2 [0,83; 1,6]		0,93 [0,78; 1,32]	
	P-value	–	0,96		0,16	
Большеберцовая кость	До лечения	2,26 [1,72; 2,99]	0,93 [0,77; 1,32]	43↑	0,91 [0,73; 1,26]	58↑
	После лечения	–	1,12 [0,87; 1,44]		1,13 [0,87; 1,44]	
	P-value	–	0,28		0,53	

Примечание: ↑ – увеличение

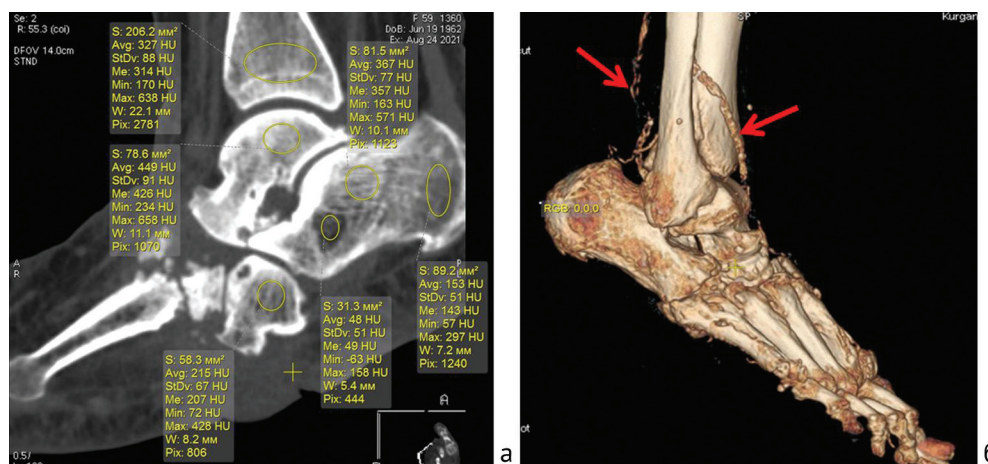


Рис. 5. МСКТ стоп больных ДНОАП. МРР в сагиттальной плоскости, определение плотности пяточной, таранной, большеберцовой костей (а), VRT, медиакальциноз артерий (стрелки) (б)

При анализе результатов (табл. 2) остеосинтеза АВФ костей пораженного сегмента мы отмечали наступившую консолидацию в обеих группах. Однако

процент удовлетворительных исходов после демонтажа аппарата у пациентов из группы ГК был значительно выше, чем в группе СК (56 %) и составлял 75 %.

ОБСУЖДЕНИЕ

Лечение больных, страдающих диабетической нейроостеоартропатией Шарко, осложненной хроническим остеомиелитом, учитывая выраженные изменения кости и мягких тканей, относится к одному из сложнейших разделов ортопедии и других клинических дисциплин [15, 16, 17]. Предложены различные методики устранения деформаций стоп и лечения хронического остеомиелита, осложняющего течение ДНОАП [2, 8, 11, 18]. Мы использовали при данной патологии чрескостный остеосинтез со спицевой и гибридной компоновкой аппарата Илизарова. Результаты проведенного исследования выявили выраженный остеопороз костей голени и стопы у больных сахарным диабетом, который сопутствует нейроостеоартропатии и хроническому остеомиелиту. Одновременно с этим, данные не прямой оптической плотности кости демонстрировали, с точки зрения рентгенологического мониторинга, общеизвестные патогенетические процессы остеопении у больных сахарным диабетом, обусловленные нейропатией и медиакальцинозом [19], который четко визуализировался при МСКТ. В работах других авторов также отмечена роль остеопороза в развитии остеоартропатии [20].

МСКТ позволила выявить нарушение архитектуры в субхондральном отделе большеберцовой кости, заключающееся в формировании в этой зоне продольных расположенных групп костных трабекул, разделенных широкими зонами резорбции или разрежения. Кроме того, полученные данные о плотности пяточной и других костей стопы позволили оценить их качество для планирования оперативного вмешательства. Полученные данные совпадают с исследованием А. Barwick et al., в котором указано, что метод КТ является надежным в оценке плотности кости в единицах Хаунсфилда,

да, может использоваться в качестве индикатора риска прогрессирования заболевания стопы, для прогнозирования успеха лечения [21]. МСКТ является важным инструментом для выявления процессов деструкции, наличия переломов и вывихов и играет большую роль в предоперационном планировании как при других видах остеомиелита, так и при ДНОАП, доказав свою диагностическую эффективность [22, 23, 24].

Известно, что разобщение процессов ремоделирования кости у больных с ДНОАП при сохранении нагрузки на конечность приводит к изменениям как количества, так и качества костной ткани, что, в свою очередь, еще больше провоцирует снижение прочности трабекулярной массы [19]. Этому способствует снижение синтеза коллагена, нарушение кальциевого обмена и костного ремоделирования [25].

Одновременно с этим перераспределение кровотока в нижних конечностях пациентов с ДНОАП за счет выраженного увеличения его линейной скорости в острой стадии ДНОАП, по сравнению с хронической, способствует усилению остеорезорбтивных процессов [26].

В этом плане реализация открытого Г.А. Илизаровым в 1986 г. закона «влияния адекватности нагрузок и кровоснабжения на формообразовательные процессы» обретает особое значение [27]. Создание функционального покоя пораженного сегмента за счет его стабилизации в системе аппарата внешней фиксации позволяет обеспечить переход из острой в хроническую стадию ДНОАП. При этом немаловажной остается задача сохранения таких условий в течение всего периода фиксации пораженного сегмента в аппарате, до полной консолидации в зоне контакта костной ткани. С этой точки зрения создание стабильной системы АВФ позволит добиться вышеописанного эффекта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оптическая и денситометрическая плотность костей у больных, страдающих диабетической нейроостеоартропатией Шарко, осложненной хроническим остеомиелитом, существенно снижена в сравнении с нормой.

Применение «спицевых» компоновок аппарата в лечении больных с ДНОАП, осложненной хроническим остеомиелитом и остеопорозом, не обеспечивает достаточных условий для консолидации костей опери-

рованного сегмента и увеличивает риск развития нестабильности системы в ранние сроки послеоперационного периода.

Внедрение в систему аппарата стержней-шнуров увеличивает возможность продолжительности фиксации до полной консолидации на стыке костей в зоне вмешательства и обеспечивает функциональную нагрузку на оперированный сегмент у больных в послеоперационном периоде.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов при подготовке данной публикации.

Источник финансирования: работа проведена в рамках выполнения государственного задания «Персонализация методов диагностики и лечения больных костно-суставной патологией, осложненной гнойной инфекцией, обеспечивающих стойкое подавление гнойного процесса и восстановление ортопедического статуса» (номер государственной регистрации НИОКТР 121062800169-4).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Дедов И.И., Шестакова М.В., Майоров А.Ю. и др. Алгоритмы специализированной медицинской помощи больным сахарным диабетом. Под редакцией И.И. Дедова, М.В. Шестаковой, А.Ю. Майорова. 9-й выпуск. *Сахарный диабет*. 2019;22(1S1):1-144. doi: 10.14341/DM221S1
2. Бардюгов П.С., Паршиков М.В., Галстян Г.Р., Ярыгин Н.В. Показания к различным вариантам ортопедической коррекции деформаций стопы при диабетической нейроостеоартропатии. *Сахарный диабет*. 2020;23(4):374-385. doi: 10.14341/DM12271
3. Blume PA, Sumpio B, Schmidt B, Donegan R. Charcot neuroarthropathy of the foot and ankle: diagnosis and management strategies. *Clin Podiatr Med Surg*. 2014;31(1):151-72. doi: 10.1016/j.cpm.2013.09.007

4. Bergin S, Naidoo P, Williams CM. A radiological severity scale to measure the impact of Charcot's Neuroarthropathy: an observational study. *J Foot Ankle Res.* 2020;13(1):7. doi: 10.1186/s13047-020-0375-5
5. Дьячкова Г.В., Судницын А.С., Ключин Н.М. и др. МСКТ-семиотика диабетической остеоартропатии, осложненной хроническим остеомиелитом. *Гений ортопедии.* 2022;28(3):378-385. doi: 10.18019/1028-4427-2022-28-3-378-385. EDN MHSSKB.
6. Паршиков М.В., Бардюгов П.С., Ярыгин Н.В. Ортопедические аспекты классификаций синдрома диабетической стопы. *Гений ортопедии.* 2020;26(2):173-178. doi: 10.18019/1028-4427-2020-26-2-173-178
7. Chantelau EA, Grützner G. Is the Eichenholtz classification still valid for the diabetic Charcot foot? *Swiss Med Wkly.* 2014;144:w13948. doi: 10.4414/smw.2014.13948
8. Павлюченко С.В., Жданов А.И., Орлова И.В. современные подходы к хирургическому лечению нейроостеоартропатии Шарко (обзор литературы). *Травматология и ортопедия России.* 2016;22(2):114-123. doi: 10.21823/2311-2905-2016-02-114-123
9. Rosskopf AB, Loupatatzis C, Pfirrmann CWA, et al. The Charcot foot: a pictorial review. *Insights Imaging.* 2019;10(1):77. doi: 10.1186/s13244-019-0768-9
10. Галстян Г.Р., Викулова О.К., Исаков М.А. и др. Эпидемиология синдрома диабетической стопы и ампутаций нижних конечностей в Российской Федерации по данным Федерального регистра больных сахарным диабетом (2013–2016 гг.). *Сахарный диабет.* 2018;21(3):170-177. doi: 10.14341/DM9688
11. Yammine K, Assi C. Intramedullary nail versus external fixator for ankle arthrodesis in Charcot neuroarthropathy: A meta-analysis of comparative studies. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2019;27(2):2309499019836012. doi: 10.1177/2309499019836012
12. Судницын А.С., Щурова Е.Н., Варсегова Т.Н. и др. Некоторые морфо-функциональные аспекты хронического остеомиелита у больных с деформациями стоп нейрогенной этиологии. *Травматология и ортопедия России.* 2019;25(2):102-110. doi: 10.21823/2311-2905-2019-25-2-102-110
13. Ступина Т.А., Мигалкин Н.С., Щудло М.М. и др. Микроскопическое исследование компонентов суставов стопы при диабетической остеоартропатии, осложненной остеомиелитом. *Травматология и ортопедия России.* 2020;26(4):112-120. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-4-112-120
14. Аранович А.М., Дьячкова Г.В., Климов О.В. и др. Методики цифрового анализа рентгенологического изображения дистракционного регенерата при удлинении голени у больных ахондроплазией. *Фундаментальные исследования.* 2015;(1-6):1115-1119.
15. Бенсман В.М., Савченко Ю.П., Гуменюк С.Е. и др. Хирургическое лечение диабетической нейроостеоартропатии и его отдаленные результаты. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова.* 2017;(6):41-50. doi: 10.17116/hirurgia2017641-50
16. de Oliveira AL, Moore Z. Treatment of the diabetic foot by offloading: a systematic review. *J Wound Care.* 2015;24(12):560, 562-70. doi: 10.12968/jowc.2015.24.12.560
17. Гурьева И.В., Солдатенкова Н.А., Спивак Б.Г. и др. Особенности профилактики и комплексной реабилитации при синдроме диабетической стопы. *Эндокринология: новости, мнения, обучение.* 2020;9(4):39-46. doi: 10.33029/2304-9529-2020-9-4-39-46
18. Liu GL, Yang BK, Dong HR. [Diagnosis and treatment of Charcot's osteoarthropathy]. *Zhongguo Gu Shang.* 2019;32(12):1168-1172. doi: 10.3969/j.issn.1003-0034.2019.12.021
19. Ульянова И.Н., Токмакова А.Ю., Ярославцева М.В. и др. Диабетическая остеоартропатия: современные методы терапии. *Сахарный диабет.* 2010;13(4):70-73. doi: 10.14341/2072-0351-6061
20. Корейба К.А. Деструктивные формы диабетической остеоартропатии. Хирургические аспекты. *Вестник современной клинической медицины.* 2019;12(5):35-40. doi: 10.20969/vskm.2019.12(5).35-40
21. Barwick A, Tessier J, Mirow J, et al. Computed tomography derived bone density measurement in the diabetic foot. *J Foot Ankle Res.* 2017;10:11. doi: 10.1186/s13047-017-0192-7
22. Александров С.М., Дьячкова Г.В., Дьячков К.А. и др. МСКТ-семиотика хронического остеомиелита костей, образующих голеностопный сустав. *Вестник Российского научного центра рентгенорадиологии Минздрава России.* 2014;14(2). Доступно по: http://vestnik.mrcrr.ru/vestnik/v14/papers/diachkova_v14.pdf. Ссылка активна на 16.01.2023.
23. Александров С.М., Дьячкова Г.В., Ключин Н.М. и др. Роль мультисрезовой компьютерной томографии в выборе тактики лечения и оценки его результатов у больных хроническим остеомиелитом костей голени. *Радиология – практика.* 2015;(4):6-18.
24. Базина К.А., Колосунин И.А., Козлов С.А. и др. Диабетическая нейроостеоартропатия (стопа Шарко) и остеомиелит (обзор литературы). *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки.* 2021;58(2):49-68. doi: 10.21685/2072-3032-2021-2-5
25. Бенсман В.М. Хирургия гнойно-некротических осложнений диабетической стопы. М.: Медпрактика-М; 2015:496.
26. Зайцева Е.Л., Токмакова А.Ю. Роль факторов роста и цитокинов в репаративных процессах в мягких тканях у больных сахарным диабетом. *Сахарный диабет.* 2014;17(1):57-62. doi: 10.14341/DM2014157-62
27. Ilizarov G.A. *Transosseous Osteosynthesis. Theoretical and Clinical Aspects of the Regeneration and Growth of Tissue.* Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag; 1992:802.

Статья поступила в редакцию 19.01.2023; одобрена после рецензирования 20.04.2023; принята к публикации 20.06.2023.

The article was submitted 19.01.2023; approved after reviewing 20.04.2023; accepted for publication 20.06.2023.

Информация об авторах:

1. Анатолий Сергеевич Судницын — кандидат медицинских наук, врач травматолог-ортопед, заведующий научной лабораторией, доцент кафедры, anatol_anatol@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2602-2457>;
2. Николай Михайлович Ключин – доктор медицинских наук, консультант клиники, klyushin_nikolay@mail.ru;
3. Татьяна Анатольевна Ступина – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, StupinaSTA@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3434-0372>;
4. Галина Викторовна Дьячкова – доктор медицинских наук, профессор, заведующая лабораторией, dgv2003@list.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1973-4680>;

Information about the authors:

1. Anatoly S. Sudnitsyn – Candidate of Medical Sciences, Traumatologist-Orthopedist, Head of the Scientific Laboratory, Associate Professor of the Department, anatol_anatol@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2602-2457>;
2. Nikolai M. Klyushin – Doctor of Medical Sciences, Consultant of the Clinic, klyushin_nikolay@mail.ru;
3. Tatyana A. Stupina – Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher, StupinaSTA@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3434-0372>;
4. Galina V. Diachkova – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of Laboratory, dgv2003@list.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1973-4680>.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.