

**КЛИНИЧЕСКАЯ И ПАТОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТКАНЕЙ ПРИ
ОПЕРАТИВНОМ ЛЕЧЕНИИ БОЛЬНЫХ С НЕЙРООСТЕОАРТРОПАТИЕЙ СТОПЫ,
ОСЛОЖНЕННОЙ ХРОНИЧЕСКИМ ОСТЕОМИЕЛИТОМ**

А.С. СУДНИЦЫН, Л.А. ГРЕБЕНЫУК

*Федеральное Государственное Бюджетное учреждение «Национальный медицинский
исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика
Г.А. Илизарова» Минздрава России, ул. М. Ульяновой, д. 6, г. Курган, 640014, Россия*

Аннотация. *Цель работы* – клинический анализ состояния нижних конечностей и прижизненная оценка патофизиологических изменений тканей стопы у больных сахарным диабетом с нейроостеоартропатией сегмента, осложненной хроническим остеомиелитом, для обоснования дифференцированного подхода в лечении. *Материалы и методы исследования.* Проведен клинический анализ 17 больных, возраст которых составлял $53,7 \pm 2,56$ лет, страдающих сахарным диабетом, осложненным диабетической нейроостеоартропатией, хроническим остеомиелитом костей стопы и голеностопного сустава. Комплексно проводили эхографию тканей стопы, инфракрасную термометрию и пульсоксиметрию. *Результаты и их обсуждение.* У всех больных имелось локальное воспаление различных тканей пораженного сегмента. Раневые дефекты в среднем достигали $685 \pm 76,52$ мм². Большинство больных имело избыточный индекс массы тела или ожирение первой - третьей степени. Локализацию очага гнойного воспаления и активность деструктивного процесса костно-суставного аппарата определяли по клинорентгенологическим признакам и интерпретировали согласно классификации *E.A. Chantelau, G. Grützner* (2014). Деструктивные изменения костно-суставного аппарата стопы с поражением прилежащих мягких тканей требовали обязательного хирургического вмешательства. Оно заключалось в обязательной санации гнойного очага (секвестрнекрэктомии) со стабилизацией пораженного сегмента в аппарате внешней фиксации. Выявлено статистически значимое снижение показателя толщины кожи как на пораженной, так и на контралатеральной стопе относительно параметров у здоровых людей. Эти результаты у больных с нейроостеоартропатией стопы, осложненной хроническим остеомиелитом, согласуются с данными других исследователей. Параметры инфракрасной термометрии пораженной стопы статистически значимо были ниже показателей на контралатеральном сегменте. В результате перераспределения подошвенного давления и снижения толщины тканей пораженного сегмента появляется предрасположенность к изъязвлению сегмента. *Заключение.* Установлено, что лечение больных с сахарным диабетом и развившимся хроническим остеомиелитом начинается на поздних стадиях, вследствие чего для спасения жизни больных нередко прибегают к ампутации конечности. Показатели прижизненной оценки тканей стопы могут являться предикторами доклинической фазы развития нарушений структуры тканей и предрасполагающими факторами в развитии язв на стопах и в конечном счете – к развитию хронического остеомиелита.

Ключевые слова: стопы, сахарный диабет, нейроостеоартропатия стопы, хронический остеомиелит, эхография, термометрия, аппарат внешней фиксации.

**CLINICAL AND PATHOPHYSIOLOGICAL EVALUATION OF THE TISSUES
IN THE SURGICAL TREATMENT OF PATIENTS WITH NEUROOSTEOARTHROPATHY
FOOT COMPLICATED BY CHRONIC OSTEOMYELITIS**

A.S. SUDNITSYN, L.A. GREBENYUK

*Federal State Budgetary "National Ilizarov Medical Research Center for Traumatology & Orthopedics"
Russian Federation Ministry of Healthcare, M. Ulianova Str., 6, Kurgan, 640014, Russia,
email: gla2000@yandex.ru*

Abstract. *The research purpose* was to conduct a clinical analysis of the lower extremities and to assess the pathophysiological changes in the foot tissues in diabetic patients with segment neuroosteoarthropathy complicated by chronic osteomyelitis in order to justify a differentiated approach to treatment. *Material and methods.* A clinical analysis of 17 patients, whose age was 53.7 ± 2.56 years, suffering from diabetes mellitus complicated by diabetic neuro-osteoarthropathy, chronic osteomyelitis of the foot and ankle bones was performed. Echography of foot tissues, infrared thermometry and pulse oximetry were performed in a complex. *Results and its discussion.* All patients had local inflammation of various tissues of the affected segment. Wound defects on average reached 685 ± 76.52 mm². Most patients had an excess body mass index or obesity of the first or third

degree. Localization of the focus of purulent inflammation and the activity of the destructive process of the osteoarticular apparatus were determined by clinical and radiological signs and interpreted according to the classification of E. A. Chantelau, G. Grützner (2014). Destructive changes in the osteoarticular apparatus of the foot with damage soft tissues required mandatory surgical intervention. It was the compulsory treatment of a purulent focus (of sequestrectomy) with stabilization of the affected segment in the external fixation device. There was a statistically significant decrease in the parameter of skin thickness on both the affected and contralateral feet relative to the parameters in healthy people. These results in patients with neuroosteoarthropathy of the foot complicated by chronic osteomyelitis are consistent with the data of other researchers. The parameters of infrared thermometry of the affected foot were statistically significantly lower than those in the contralateral segment. As a result of the redistribution of plantar pressure and a decrease in the thickness of the tissues of the affected segment, a predisposition to ulceration of the segment appears. **Conclusion.** The study showed that the treatment of patients with diabetes mellitus and developed chronic osteomyelitis begins at late stages, as a result of which it is necessary to resort to amputation of the limb to save the lives of patients. Indicators of in vivo evaluation of foot tissues can be predictors of the preclinical phase of the development of tissue structure disorders and predisposing factors in the development of ulcers on the feet and, ultimately, to the development of chronic osteomyelitis.

Keywords: foot, diabetes mellitus, neuroosteoarthropathy of the foot, chronic osteomyelitis, echography, thermometry, external fixator.

Введение. Нейроостеоартропатия стопы является одним из часто развивающихся синдромов при заболевании *сахарным диабетом* (СД) и имеет высокий риск осложнения в форме изъязвлений и гнойной инфекции. Патогенез *синдрома диабетической стопы* (СДС) является сложным и, помимо диабетической микро- и макроангиопатии, а также невропатии, включает деформации скелета. Клинически СДС характеризуется наличием язвы, которая преимущественно расположена в местах максимального нагружения стопы в процессе локомоций. По мере увеличения глубины диабетической язвы возрастает опасность развития остеомиелитического процесса. Количество новых случаев СДС у взрослых пациентов в РФ при СД первого типа остается на одном уровне, а при СД второго типа имеет тенденцию к росту [1]. Опыт показывает, что около 50% ампутаций сегментов нижней конечности выполняется у пациентов с СД, осложненным хроническим остеомиелитом стопы. Исследования текущего состояния ее тканей предоставляют важную информацию для понимания рисков ампутации нижних конечностей и их снижения. В этом аспекте с целью выявления патологических отклонений на раннем этапе развития диабетической стопы на передний план выдвигаются методы прижизненной оценки состояния различных структур сегмента, приближенные к скринингу и экспресс-диагностике [7]. Поэтому всестороннее понимание механизмов их развития, совершенствование диагностического алгоритма и протоколов лечения указанной патологии стопы имеет важное значение для снижения риска ампутаций нижних конечностей [7].

Цель работы – клинический анализ состояния нижних конечностей и прижизненная оценка патофизиологических изменений тканей стопы у больных сахарным диабетом с нейроостеоартропатией сегмента, осложненной хроническим остеомиелитом, для обоснования дифференцированного подхода в лечении.

Материалы и методы исследования. Проведен клинический анализ обратившихся в клинику гнойной остеологии 17 больных, в возрасте от 39 до 77 лет (средний возраст $53,7 \pm 2,56$ лет), страдающих СД, осложненным синдромом диабетической стопы, диабетической нейроостеоартропатией, хроническим остеомиелитом костей стопы и голеностопного сустава, дистальной сенсорной невропатией. Среди всех больных СД второго типа страдали 15 человек, СД первого типа – два пациента. Длительность заболевания сахарным диабетом, с момента выявления, у всех больных составляла от 3-х до 24-х лет (в среднем $12,81 \pm 7,58$ лет). Целевой показатель уровня гликированного гемоглобина (*HbA1c*) на момент обращения в клинику варьировал от 5,7% до 8,8% (в среднем $7,34 \pm 0,91\%$). Проведено поперечное исследование ряда патофизиологических параметров дистальных сегментов нижних конечностей. Эхоморфометрию мягких тканей стопы осуществляли с помощью ультразвукового сканера *Logiq S6 (General Electric, USA)* с датчиком 7-12 МГц [2]. Сканировали ткани подошвенной поверхности сегмента. Выполняли инфракрасную термометрию с помощью устройства *DT8250* [3]. Сатурацию кислорода крови измеряли посредством оксиметрии на стопе пульсоксиметром *MD300C318 CHOICEMMED (China)*. Все обследования проводили в дооперационном периоде. Этическим комитетом при ФГБУ «НМИЦТО им. академика Г.А. Илизарова» проведение настоящего исследования было разрешено, а больными было подписано информированное согласие на представление результатов без указания персональных данных. Для статистического анализа использовали программу *AtteStat*, встроенную в *Microsoft Office Excel*. Результаты отражали в табличной форме в виде среднего значения, стандартной ошибки и медианы выборочной совокупности данных. Статистическая значимость различий оценивалась по *U*-критерию Манна-Уитни. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез в данном исследовании принимали равным 0,05.

Результаты и их обсуждение. При поступлении в клинику больные предъявляли жалобы на функционирующие раны (13 пациентов) и/или свищевые ходы (6 пациентов), как правило, в области опорной поверхности стопы и/или голеностопного сустава. Одновременно с этим четырнадцать больных беспокоили деформации стопы и/или голеностопного сустава. Локальный осмотр больных проводили с использованием оценочной классификации *Pedis* [13]. Так, при мануальном исследовании параметров кровоснабжения (*Perfusion*), нами выявлены симптомы некротической ишемии нижних конечностей в четырех случаях, при этом у 13-и больных признаки заболеваний периферических артерий отсутствовали.

Обнаруженные нами у тринадцати больных раневые дефекты покровных тканей характеризовались обильной экссудацией, наличием на дне грануляций, нередко с оголенными участками прилежащих костей. У четырех больных была обнаружена поверхностная язва стопы; у десяти пациентов наблюдалась глубокая язва с вовлечением дермы, фасций, мышц или сухожилий сегмента. У трех больных имело место поражение кости и/или сустава (с обнажением или зондированием кости). Размеры раневых дефектов (*Extent size*) варьировали от 200 до 3000 мм² (в среднем параметры составили 685±76,52 мм²).

У всех пациентов отмечалось локальное воспаление пораженного сегмента (*Infection*), а при анализе микробного пейзажа в раневом отделяемом нами обнаружена преимущественно грамположительная флора (88,2%) как в виде моноинфекции, так и в составе микробных ассоциаций (5,88%). В целом, лечение хронического остеомиелита является междисциплинарной проблемой и ее решение остается актуальным [4].

Рецидивы развившихся инфекционных осложнений отмечены у 4-х больных. В связи с этим они были вновь прооперированы и достигнута стойкая ремиссия проявлений артропатии. У одной больной выполнили ампутацию 4-го и 5-го пальцев стопы по причине развившегося ишемического некроза. У всех обследованных нами больных высоких ампутаций с описываемой патологией не выполняли, нижние конечности были сохранены. Хотя ранее в других медучреждениях обратившимся к нам за медицинской помощью больным предлагалась высокая ампутация конечности.

Следует отметить, что большинство больных имело либо избыточный индекс массы тела, либо ожирение первой – третьей степени. В среднем, индекс массы тела составил 32,22±1,5 (табл. 1).

Таблица 1

Индекс массы тела больных с синдромом нейроостеоартропатии стопы, осложненной хроническим остеомиелитом

Число больных	Средний возраст ±стандартная ошибка	Средний ИМТ ±стандартная ошибка	Норма ИМТ	Избыточный ИМТ	Ожирение		
					Первая степень	Вторая степень	Третья степень
			1	4			
n=17	53,7±2,56	32,22±1,5	5,9 %	23,5 %	7(41,2%)	2(11,8%)	3(17,6%)

Примечание: прятые обозначения: ИМТ – индекс массы тела

Локализацию очага гнойного воспаления определяли по клинико-рентгенологическим признакам и интерпретировали согласно анатомической классификации [11]. Поражение I типа (плюснефаланговые суставы) нами выявлено у 3-х больных, II типа (предплюсне-плюсневые суставы) – у одного больного, III типа (суставы предплюсны) – семи больных, IV типа (голеностопный и подтаранный суставы) – у четырех больных, V типа (пяточная кость) – у двух больных. Следует отметить, что в большинстве случаев (у 14 больных) очаг поражения соответствовал вершине деформации стопы. Так, варусная деформация на уровне голеностопного сустава нами выявлена у восьми больных; вальгусная деформация на уровне голеностопного сустава – у одного больного; деформация «стопа качалка» – у пяти пациентов.

Одновременно с этим у больных с признаками диабетической нейроостеоартропатии (n=14 больных) на основе интерпретации клинико-рентгенологической картины и классификации *E.A. Chantelau, G. Grützner* (2014) определяли активность деструктивного процесса костно-суставного аппарата стопы [8]. Согласно вышеуказанной классификации, в состоянии активной стадии деструктивного процесса – *активная стадия нулевая* (АФ0) – нами выявлено у двух больных, в состоянии *активной стадии первой фазы* (АФ1) обнаружено у одиннадцати пациентов, состояние *хронической стадии фазы* (ХФ1) обнаружено в двух случаях. Наблюдаемые нами у больных деструктивные изменения костно-суставного аппарата стопы с поражением прилежащих мягких тканей, в том числе, кожного покрова и подкожно-жировой клетчатки, соответствовавшие АФ0-АФ1 и ХФ1, требовали обязательного хирургического вмешательства. Закрытие ран дистальных сегментов конечности – сложная задача и в ряде случаев воз-

можно применение микрохирургической реконструкции конечности с использованием внешнего фиксатора TRUELOK TL [16]. Опороспособность стопы у таких больных существенно нарушается и они вынуждены пользоваться протезно-ортопедическими изделиями [5].

Хирургическое лечение у всех больных заключалось в обязательной санации гнойного очага (секвестрекратомии) со стабилизацией пораженного сегмента в аппарате внешней фиксации.

В настоящее время на основе прижизненных ультразвуковых исследований выявлены особенности структуры тканей стопы у лиц с СД, которые являются предрасполагающими факторами в развитии язв на стопах и плохому их заживлению у людей, страдающих СД. При атрофии мягких тканей локально развивается повышенное подошвенное давление, что, в свою очередь, в сочетании с метаболическими нарушениями может вызывать дисциркулярные расстройства с последующим развитием изъязвлений.

Развившиеся изъязвления потенциально могут привести к инфицированию мягких тканей и развитию остеомиелита, и в конечном счете – к ампутации нижних конечностей [6]. Около 65% случаев инфицирования при синдроме диабетической стопы составляет хронический остеомиелит. Подчеркивается широко распространенное пренебрежение к первичной медико-санитарной помощи таким больным. Описаны дерматологические проявления СД, получившие название «диабетическая дермопатия» (зуд, некроз и др.). Кожные отклонения, по мнению A.L. Lima et al. (2017), отмечаются практически у трети больных СД и нередко возникают до диагностирования СД [15]. Так, доказано снижение толщины кожного покрова и гиподермы у больных СД по сравнению с группой здоровых людей [10]. Следовательно, выявление таких признаков важно для своевременной первичной диагностики СДС. Рядом авторов предложен протокол для исследования гидратации и эритемы соседних с диабетической язвой участков кожи.

На основе проведенных нами прижизненных исследований мягких тканей стопы с помощью ультрасонографии в указанной выше группе больных было установлено следующее (табл. 2, 3).

Таблица 2

Эхоморфологические показатели передней области подошвенной поверхности стопы в группе больных с диабетической стопой, осложненной гнойной инфекцией, $M \pm m$ (мм), $n=17$

Параметр	Больная стопа, $M \pm m$				Интактная стопа, $M \pm m$			
	То кожи	То гиподермы	Эхо кожи	Эхо гиподермы	То кожи	То гиподермы	Эхо кожи	Эхо гиподермы
$M \pm m$	1,47±0,07*	4,53±0,67	65,5±1,48	73,14±3,02	1,43±0,07*	4,13±0,72	65,48±1,02	71,83±1,7
Медиана	1,4 (1,2:1,9)	4,0 (2,5:7,9)	66,4 (56,4:72)	76,3 (65,6:81)	1,4 (1:1,8)	4,19 (1,6:7,4)	66,3 (61:70,4)	72 (63,6:78,3)
Норма, $M \pm m$	1,92±0,05	4,9±0,4	69,1±2,3	81,5±3,0				
Норма, медиана	1,85 (1,7:2,5)	3,15 (1,8:4)	68,3 (64:75)	79,2 (75,2:92)				

Примечание: приняты обозначения: $M \pm m$, где M – выборочное значение среднего, m – стандартная ошибка, То – толщина, мм; * $p=0,04$, где p – статистическая значимость различий; эхо – уровень эхогенности, dB

Таблица 3

Показатели эзометрии кожи пяточной области стопы при эхографии у больных с нейроостеоартропатией, осложненной остеомиелитом, $M \pm m$ (мм)

Число больных, $n=17$	Больная стопа, $M \pm m$				Интактная стопа, $M \pm m$			
	То кожи	То гиподермы	Эхо кожи	Эхо гиподермы	То кожи	То гиподермы	Эхо кожи	Эхо гиподермы
Толщина, $M \pm m$	1,60±0,05*	4,08±0,83	64,0±1,91	78,8±2,44	1,53±0,03*	3,34±0,45	64,5±1,56	78,9±1,38
Медиана	1,5 (1,1:2,9)	3,5 (1,3:6,8)	64,15 (55,4:76)	78,95 (65,9:92)	1,5 (1:3,1)	2,6 (1,5:7,5)	64,45 (53,9:79,4)	78,95 (70:84,6)

Примечание: принятые обозначения: $M \pm m$, где M – выборочное значение среднего, m – стандартная ошибка, То – толщина, мм; * – статистическая значимость различий $p=0,04$

По результатам статистического анализа, в группе с диабетической стопой и развившейся хроническим остеомиелитом, толщина кожного покрова первой плюсневой области пораженной стопы была меньше относительно параметра в пяточной области. Такое различие изучаемых показателей на пораженной составило 8,84% ($p=0,04$ по критерию Манна - Уитни). На контралатеральной стопе наблюдалась тенденция к снижению изучаемого показателя кожи плюсневой области. Сравнительный анализ изучаемого параметра в плюсневой области стопы в группе с СД (без хронической инфекции костей стопы) относительно данных у здоровых людей, также полученным при эхографии *C.G.S.Kumar et al.* (2015), показали статистически значимое снижение показателя толщины кожи подошвенной поверхности стопы [14]. По данным этих авторов, толщина кожи стопы у здоровых людей составляла $2,4\pm 0,5$ мм, а у больных СД – $1,7\pm 0,3$ мм.

При эхографии гиподермы также установлено статистически значимое снижение в группе с диабетической стопой в области первой плюсны и пяточной области относительно значений в сравниваемой группе здоровых людей, полученными *CGS. Kumar et al.* (2015) [14]. Это наблюдалось на обеих стопах – как на пораженной инфекционным процессом, так и контралатеральном сегменте. Полученные при эхографии мягких тканей результаты у больных с диабетической стопой согласуются с данными других исследователей [10].

Таблица 4

Показатели инфракрасной термометрии тыльной и подошвенной поверхности стопы и сатурации кислорода в крови в группе больных с нейроостеоартропатией, осложненной остеомиелитом, $M\pm m$

Параметр	Больная стопа	Интактная стопа	Кисть	Пульс
t тыльной пов., $M\pm m$, град. С	$31,6\pm 0,4^*$	$34,2\pm 0,2$	$35,7\pm 0,2$	-
t подошвенной пов., $M\pm m$, град. С	$30,7\pm 0,2^{**}$	$32,7\pm 0,1$	$35,7\pm 0,3$	-
Сатурация кислорода (%), $M\pm m$	$95,9\pm 2,4$	$96,8\pm 1,1$	$97\pm 1,2$	$80,2\pm 3$

Примечание: t – температура, градусы по С (шкале Цельсия), $M\pm m$ – среднее значение \pm стандартная ошибка, * – статистическая значимость $p=0,03$; ** – $p=0,04$

Как вытекает из табл. 4, параметры инфракрасной термометрии на тыльной поверхности стопы статистически значимо были ниже показателей на контралатеральном сегменте на 7,6 %. Сатурация кислорода в крови на пораженной голени имела тенденцию к снижению (табл. 4). Пациенты с нейроостеоартропатией имели самый тонкий слой гиподермы на стопе [10]. По данным магнитно-резонансной томографии с использованием двухстороннего дисперсионного анализа, мягкие ткани под головками с первой по четвертую плюсны у больных сахарным диабетом были тоньше, чем у пациентов без СД. Таким образом, исследование тканей стопы у больных с СДС, в том числе, нейро-остеоартропатией, свидетельствуют о сочетанном влиянии патологических (сахарный диабет и хроническая инфекция) и инволютивных процессов на их структуру. Развитие хронического остеомиелита у пациентов с диабетической стопой повышает риск ампутации. Важную роль в образовании язв диабетической стопы играют деформации стопы, наличие периферической нейропатии и нарушение микроциркуляции, а также структурные изменения тканей опорной поверхности стопы. В литературе освещаются различные патофизиологические механизмы развития изъязвлений тканей стопы. Одной из точек зрения является следующая: в результате гликирования нарушается пространственное расположение коллагеновых фибрилл в стенках перегородок гиподермы и уменьшаются размеры адипоцитов, а стенки перегородок утолщаются. Другая точка зрения предполагает пространственную миграцию дистальных жировых подушечек из-под плюсневых головок. В результате перераспределения подошвенного давления появляется предрасположенность к изъязвлению стопы [9]. На индукцию тканей и повышение пикового подошвенного давления в области головок плюсневых костей диабетических стоп указывают и другие авторы. Интенсивное развитие новых цифровых технологий позволяет дистанционно (телеметрически) оценивать распределение паттернов нагрузки стопы при измерении подошвенного давления, причем, одновременно с замерами температуры стопы, уровня глюкозы, липидов и артериального давления. Указанная удобная в использовании технология является дистанционным мониторингом оценки ключевых факторов развития диабетических язв и выявления их доклинического развития [12]. Это снижает частоту посещения больными лечебное учреждение, локомоторная активность у них значительно затруднена и отягощена ортопедической патологией и избыточной массой тела.

Заключение. Проблема организации помощи больным с различными формами диабетической стопы, в том числе, с нейроостеоартропатией, осложненной хроническим остеомиелитом, остается чрезвычайно актуальной. Лечение нередко начинается на поздних стадиях, вследствие чего для спасения жизни больных необходимо прибегать к ампутации конечности. Риск развития инфекционных процессов

на стопе при сахарном диабете возрастает в связи патофизиологическими изменениями сегмента. У большинства обследованных нами больных наблюдались раневые дефекты покровных тканей, у десяти больных имелись глубокие язвы, с вовлечением в гнойно-некротический процесс фасций, мышц или сухожилий. У трех пациентов имелось поражение всех тканей стоп с обнажением или зондированием кости сегмента. Выявленные в группе больных деструктивные изменения костно-суставного аппарата стопы с поражением прилежащих мягких тканей соответствовали АФ0-1 и ХФ1 по классификации *E. A. Chantelau, G. Grützner* (2014) и требовали обязательного хирургического вмешательства. Хирургическое лечение у всех больных заключалось в обязательной санации гнойного очага (секвестрнекрэктомии) со стабилизацией пораженного сегмента в аппарате внешней фиксации.

Впервые обнаруженное в настоящем исследовании при эхографии статистически значимое снижение толщины кожного покрова стопы у больных с СД, осложненным хроническим остеомиелитом, могут являться одним из предикторов доклинической фазы развития нарушений структуры тканей, играющей важную роль в сохранении опороспособности конечности. Выявленные особенности связаны не только с сочетанными патологическими отклонениями на стопе, но и с возрастными изменениями в них. Обнаруженные изменения структуры тканей стопы в группе больных являются предрасполагающими факторами к развитию язв на стопах и плохому их заживлению у людей, страдающих СД. При атрофии тканей локально, в различных областях стопы, развивается повышенное подошвенное давление, что, в свою очередь, вызывает дисциркулярные расстройства и приводит к повышению риска развития изъязвлений, а в конечном счете – к развитию хронического остеомиелита.

В настоящее время активно разрабатываются новые дорогостоящие методики дистанционного мониторинга состояния тканей стопы у больных с СД – измерение в режиме *on line* распределения давления стопы при локомоциях и телеметрическое локальное измерение температуры тканей стопы. Такой телеметрический комплекс позволяет также оценивать *on-line* уровень глюкозы и липидов в крови, что облегчает удаленно осуществлять медицинский контроль таких пациентов. Однако этот вид мониторинга не позволяет дистанционно прижизненно оценивать структуру мягких тканей различных участков стопы ввиду сложной методической основы ультразвуковой визуализации структур.

Настоящее исследование выполнено в рамках государственного задания научно-исследовательских работ «Национального медицинского исследовательского центра травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова» Минздрава России

Литература

1. Галстян Г.Р., Викулова О.К., Исаков М.А., Железнякова А.В., Серков А.А., Егорова Д.Н., Артемова Е.В., Шестакова М.В., Дедов И.И. Эпидемиология синдрома диабетической стопы и ампутаций нижних конечностей в Российской Федерации по данным Федерального регистра больных сахарным диабетом (2013-2016 г.г.) // Сахарный диабет. 2018. Т. 21, №3. С. 170–177. DOI: 10.14341/DM9688.
2. Гребенюк Л.А., Сайфутдинов М.С., Гребенюк Е.Б. Возможности комплексного использования эхографии и электромиографии в оценке состояния нервно-мышечного аппарата при оперативном удлинении конечностей // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 1. С. 33.
3. Гребенюк Л.А., Мухтяев С.В. Алгоритм комплексного обследования мягких тканей при лечении спинальных больных с пролежневными ранами и хроническим остеомиелитом // Успехи современного естествознания. 2015. № 9-2. С. 198–203.
4. Миронов С.П., Цискарашвили А.В., Горбатюк Д.С. Хронический посттравматический остеомиелит как проблема современной травматологии и ортопедии (обзор литературы) // Гений ортопедии. 2019. №4. С. 610–621. DOI: 10.18019/1028-4427-2019-25-4-610-621.
5. Трофимов А.А., Смирнова Л.М., Шведовченко И.В., Гаевская О.Э. Особенности нарушения статодинамической функции у пациентов с ампутационными дефектами стопы и их компенсация протезно-ортопедическими изделиями // Гений ортопедии. 2018. №2. С. 204–208. DOI: 10.18019/1028-4427-2018-24-2-204-208.
6. Arsanjani Shirazi A., Nasiri M., Yazdanpanah L. Dermatological and musculoskeletal assessment of diabetic foot: A narrative review // Diabetes Metab Syndr. 2016. № 10(1). P. 158–164. DOI: 10.1016/j.dsx.2016.03.004.
7. Boulton A.J.M., Armstrong D.G., Kirsner R.S., Attinger C.E., Lavery L.A., Lipsky B.A., Mills J.L.Sr., Steinberg J.S. Diagnosis and Management of Diabetic Foot Complications. Arlington (VA): American Diabetes Association, 2018. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538977>. DOI: 10.2337/db20182-1.
8. Chantelau E.A., Grützner G. Is the Eichenholtz classification still valid for the diabetic Charcot foot? // Swiss Med Wkly. 2014. №144. P. w13948. DOI: 10.4414/smw.2014.13948.

9. Dalal S., Widgerow A.D., Evans G.R. The plantar fat pad and the diabetic foot-a review // *Int Wound J.* 2015. Vol. 12, №6. P. 636–640. DOI: 10.1111/iwj.12173.
10. Derraik J.G., Rademaker M., Cutfield W.S., Pinto T.E., Tregurtha S., Faherty A., Peart J.M., Drury P.L., Hofman P.L. Effects of age, gender, BMI, and anatomical site on skin thickness in children and adults with diabetes // *PLoS One.* 2014. Vol. 9, №1. P. e86637. DOI: 10.1371/journal.pone.0086637.
11. Frykberg R.G., Zgonis T., Armstrong D.G., Driver V.R., Giurini J.M., Kravitz S.R., Landsman A.S., Lavery L.A., Moore J.C., Schuberth J.M., Wukich D.K., Andersen C., Vanore J.V. Diabetic foot disorders. A clinical practice guideline (2006 revision) // *J Foot Ankle Surg.* 2006. Vol. 45. P. S1–S66 DOI: 10.1016/S1067-2516(07)60001-5.
12. Golledge J., Fernando M., Lazzarini P., Najafi B., Armstrong D. G. The Potential Role of Sensors, Wearables and Telehealth in the Remote Management of Diabetes-Related Foot Disease // *Sensors (Basel).* 2020. Vol. 20, №16. P. 4527. DOI: 10.3390/s20164527.
13. International Diabetes Federation, diabetes atlas. Seventh edition, 2015. URL: <http://iwdgf.org/consensus/pedis>.
14. Kumar C.G.S., Rajagopal K.V., Hande H.M., Maiya A.G., Mayya S.S. Intrinsic foot muscle and plantar tissue changes in type 2 diabetes mellitus // *J Diabetes.* 2015. Vol. 7, №6. P. 850–857.
15. Lima A.L., Illing T., Schliemann S., Elsner P. Cutaneous Manifestations of Diabetes Mellitus: A Review // *Am J Clin Dermatol.* 2017 Vol.18, №4. P. 541–553. DOI: 10.1007/s40257-017-0275-z.
16. Rodriguez-Collazo E., Huey J. Microsurgical limb reconstruction utilizing Truelok TL external fixator: a case report // *Genij Ortopedii.* 2018. №1. P. 86–91. DOI: 10.18019/1028-4427-2018-24-1-86-91.

References

1. Galstyan GR, Vikulova OK, Isakov MA, Zheleznyakova AV, Serkov AA, Egorova DN, Artemova EV, Shestakova MV, Dedov II. Epidemiologia sindroma diabeticheskoj stopy i amputacij nizhnih konechnostej v Rossijskoj Federacii po dannim Federal'nogo registra bol'nyh saharnym diabetom (2013-2016 g.g.) [Epidemiology of diabetic foot syndrome and lower limb amputations in the Russian Federation according to the Federal register of patients with diabetes mellitus (2013-2016)]. *Saharnij diabet.* 2018;21(3):170-7. DOI: 10.14341/DM9688. Russian.
2. Grebenyuk LA, Sayfutdinov MS, Grebenyuk EB. Vozmozhnosti kompleksnogo ispol'zovania ekhografii i elektromiografii v ocenke sostoyaniya nervno-myshechnogo apparata pri operativnom udlinenii konechnostej [The possibilities of complex use of echography and electromyography in the assessment of the state of the neuromuscular apparatus during operative limb lengthening]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya.* 2016;1:33. Russian.
3. Grebenyuk LA, Mukhtyaev SV. Algoritm kompleksnogo obsledovaniya myagkih tkanej pri lechenii spinal'nyh bol'nyh s prolezhnevymi i hronicheskim osteomielitom [Algorithm of complex examination of soft tissues in the treatment of spinal patients with bedsore wounds and chronic osteomyelitis]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya.* 2015;9(2): 198-203. Russian.
4. Mironov SP, Tsiskarashvili AV, Gorbatyuk DS. Hronicheskiy posttravmaticheskiy osteomielit kak problema sovremennoj travmatologii i ortopedii (obzor literatury) [Chronic post-traumatic osteomyelitis as a problem of modern traumatology and orthopedics (literature review)]. *Genij Ortopedii.* 2019; 4:610-21. DOI: 10.18019/1028-4427-2019-25-4-610-621. Russian.
5. Trofimov AA, Smirnova LM, Shvedovchenko IV, Gaevskaya OE. Osobennosti narusheniya statodinamicheskoy funkicii u pacientov s amputacionnymi defektami stopy i ih kompensaciya protezno-ortopedicheskimi izdeliyami [Features of violation of statodynamic function in patients with amputational foot defects and their compensation with prosthetic and orthopedic products]. *Genij Ortopedii.* 2018; 2:204-8. DOI: 10.18019/1028-4427-2018-24-2-204-208. Russian.
6. Arsanjani Shirazi A, Nasiri M, Yazdanpanah L. Dermatological and musculoskeletal assessment of diabetic foot: A narrative review. *Diabetes Metab Syndr.* 2016;10(1):S158-64. DOI: 10.1016/j.dsx.2016.03.004.
7. Boulton AJM, Armstrong DG, Kirsner RS, Attinger CE, Lavery LA, Lipsky BA, Mills JL Sr, Steinberg JS. *Diagnosis and Management of Diabetic Foot Complications.* Arlington (VA): American Diabetes Association; 2018. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538977/> DOI: 10.2337/db20182-1.
8. 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.
9. Dalal S, Widgerow AD, Evans GR. The plantar fat pad and the diabetic foot-a review. *Int Wound J.* 2015;12(6):636-40. DOI: 10.1111/iwj.12173.
10. Derraik JG, Rademaker M, Cutfield WS, Pinto TE, Tregurtha S, Faherty A, Peart JM, Drury PL, Hofman PL. Effects of age, gender, BMI, and anatomical site on skin thickness in children and adults with diabetes. *PLoS One.* 2014;9(1):e86637. DOI: 10.1371/journal.pone.0086637.

11. Frykberg RG, Zgonis T, Armstrong DG, Driver VR, Giurini JM, Kravitz SR, Landsman AS, Lavery LA, Moore JC, Schuberth JM, Wukich DK, Andersen C, Vanore JV. Diabetic foot disorders. A clinical practice guideline (2006 revision). *J Foot Ankle Surg* 2006;45:S1-66 DOI: 10.1016/S1067-2516(07)60001-5.

12. Golledge J, Fernando M, Lazzarini P, Najafi B, Armstrong DG The Potential Role of Sensors, Wearables and Telehealth in the Remote Management of Diabetes- Related Foot Disease. *Sensors (Basel)*. 2020;20(16):4527. DOI: 10.3390/s20164527.

13. International Diabetes Federation, diabetes atlas. Seventh edition; 2015. Available from: <http://iwdgf.org/consensus/pedis/>.

14. Kumar CGS, Rajagopal KV, Hande HM, Maiya AG, Mayya SS. Intrinsic foot muscle and plantar tissue changes in type 2 diabetes mellitus. *J Diabetes*. 2015;7(6):850-7.

15. Lima AL, Illing T, Schliemann S, Elsner P. Cutaneous Manifestations of Diabetes Mellitus: A Review. *Am J Clin Dermatol*. 2017;18(4):541-53. DOI: 10.1007/s40257-017-0275-z.

16. Rodriguez-Collazo E, Huey J. Microsurgical limb reconstruction utilizing Truelok TL external fixator: a case report. *Geniy Orthopedii*. 2018;1:86-91. DOI: 10.18019/1028-4427-2018-24-1-86-91.

Библиографическая ссылка:

Судницын А.С., Гребенюк Л.А. Клиническая и патофизиологическая оценка тканей при оперативном лечении больных с нейроостеоартропатией стопы, осложненной хроническим остеомиелитом // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2021. №2. Публикация 1-8. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2021-2/1-8.pdf> (дата обращения: 06.04.2021). DOI: 10.24412/2075-4094-2021-2-1-8*

Bibliographic reference:

Sudnitsyn AS, Grebenyuk LA. Klinicheskaja i patofiziologicheskaja ocenka tkanej pri operativnom lechenii bol'nyh s nejroosteartropatiej stopy, oslozhennoj hronicheskim osteomielitom [Clinical and pathophysiological evaluation of the tissues in the surgical treatment of patients with neuroosteoarthropathy foot complicated by chronic osteomyelitis]. *Journal of New Medical Technologies, e-edition*. 2021 [cited 2021 Apr 06];2 [about 8 p.]. Russian. Available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2021-2/1-8.pdf>. 10.24412/2075-4094-2021-2-1-8

* номера страниц смотреть после выхода полной версии журнала: URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2021-2/e2021-2.pdf>