

# ХИРУРГИЯ SURGERY

УДК: 616.379-008.64-005:617.586

DOI 10.18413/2687-0940-2020-43-2-313-321

## ОПТИМИЗАЦИЯ ХИРУРГИЧЕСКОЙ ТАКТИКИ ПРИ СИНДРОМЕ ДИАБЕТИЧЕСКОЙ СТОПЫ

### OPTIMIZATION OF SURGICAL TACTICS IN DIABETIC FOOT SYNDROME

**Н.И. Троицкая, К.Г. Шаповалов, В.А. Мудров, Ю.А. Голятин**  
**N.I. Troitskaya, K.G. Sharovalov, V.A. Mudrov, Yu.A. Golyatin**

Читинская государственная медицинская академия,  
Россия, 672000, г. Чита, ул. Горького, 39а

Chita state medical Academy,  
39a Gorky St., Chita, 672000, Russia

E-mail: troicachita@mail.ru

#### Аннотация

Рассматривается задача на основании изменений показателей микроциркуляции выявить критерии прогноза развития синдрома диабетической стопы у пациентов с сахарным диабетом 2 типа. Проведено исследование микроциркуляторного русла у 30 больных неосложненным сахарным диабетом и 30 пациентов с развитием диабетической стопы. С помощью ранговой корреляции Спирмена оценивали связь между значениями показателей микроциркуляции. На основании уравнения линейной регрессии разработана прогностическая модель, имеющую чувствительность 60 %, специфичность – 79 %.

#### Abstract

The problem is considered based on changes in microcirculation indicators to identify criteria for predicting the development of diabetic foot syndrome in patients with type 2 diabetes. A study of the microcirculatory bed in 30 patients with uncomplicated diabetes mellitus and 30 patients with the development of diabetic foot was conducted. Using Spearman's rank correlation, the relationship between the values of microcirculation indicators was evaluated. Based on the linear regression equation, a predictive model with a sensitivity of 60 % and a specificity of 79 % has been developed.

**Ключевые слова:** сахарный диабет, синдром диабетической стопы, микроциркуляторное русло, лазерная доплеровская флоуметрия.

**Keywords:** diabetes mellitus, diabetic foot syndrome, microcirculatory bed, laser Doppler flowmetry.

#### Введение

Синдром диабетической стопы относится к поздним осложнениям течения сахарного диабета. Под действием гипергликемии на фоне поражения периферических нервов, макро- и микрососудов при развитии данного осложнения развиваются гнойно-некротические изменения мягких тканей, деструктивные и дегенеративные процессы в костях и суставах стопы [Комелягина и др., 2015; Рундо, 2015; Veves et. al., 2018].

Данное осложнение сахарного диабета формируется более чем у 20–50 % больных и является одной из главных причин выполнения нетравматических ампутаций нижних конечностей [Белозерцева и др., 2016; Курлаев и др., 2016; Lavery et al., 2019]. До 30 % больных, перенесших первичную ампутацию по этой причине, подвергаются повторным ампутациям другой конечности в течение ближайших 3 лет, до 50 % пациентов переносят их в течении 5 лет [Корейба, 2016; Ang et. al., 2017]. Смертность после высоких ампутаций в первый год после операции составляет от 13 до 40 %, в последующие 5 лет – 39–80 % [Дубровщик и др., 2015; Sinwar, 2015].

В патогенезе синдрома диабетической стопы важную роль играют изменения состояния микроциркуляторного русла. Нарушения микроциркуляции отягощают проявления нейро- и макроангиопатии, способствуя формированию гнойно-некротических поражений мягких тканей стоп [Оболенский и др., 2010; Артыкова и др., 2015; Ердесова и др., 2015; Chao, Cheing, 2009]. В связи с этим изучение состояния микроциркуляторного русла при синдроме диабетической стопы является очень важным для оценки тяжести течения и прогноза заболевания.

**Цель работы:** на основе изменений состояния системы микроциркуляции разработать критерии прогнозирования развития диабетической стопы у больных сахарным диабетом 2 типа.

### Материалы и методы

В ходе работы нами исследовано состояние микроциркуляторного русла у 60 пациентов, страдающих сахарным диабетом 2 типа и обратившихся за помощью в отделения гнойной хирургии и терапии ГУЗ «Городская клиническая больница № 1» в 2017 г. Обследованные больные были разделены на 2 группы по 30 человек: с неосложненным течением сахарного диабета и страдающие нейроишемической формой диабетической стопы. Контрольную группу составили 30 практически здоровых лиц. Группы пациентов и контроля были соотносимы по половому и возрастному составу.

Признаками включения в исследование являлись: наличие сахарного диабета 2 типа, нейроишемическая форма диабетической стопы, возраст старше 18 и моложе 80 лет. Наличие сахарного диабета 2 типа, верифицированного согласно современным рекомендациям, устанавливалось на основании заключения эндокринолога. В исследование не включали пациентов с сахарным диабетом 1 типа, панкреатогенным сахарным диабетом, обострением хронических заболеваний, острыми соматическими заболеваниями, онкологической патологией, туберкулезом, алиментарным истощением, сепсисом, алкоголизмом и хронической алкогольной интоксикацией, наличием инфаркта миокарда и острого нарушения мозгового кровообращения в течение 1 года до исследования, нарушением функции сердечно-сосудистой системы – ХСН III–IV ст., нарушением функции органов дыхания – ДН 2–3 ст.

В работе с пациентами, включенными в исследование, соблюдались этические принципы, предьявляемые Хельсинской Декларацией Всемирной Медицинской Ассоциации (1964, 2000 – поправки) и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными Приказом Минздрава РФ № 266 от 19.06.

Исследование состояния микроциркуляторного русла. Состояние микроциркуляторного русла исследовали с соблюдением стандартных условий метода по средствам аппарата ЛАКК-02 (НПП «Лазма», Россия). Измерения микроциркуляции осуществляли в точке в 1 межплюсневом промежутке на тыле стопы. Оценивались: коэффициент вариации ( $K_v$ ); показатель микроциркуляции ( $M$ ); индекс эффективности микроциркуляции (ИЭМ). С помощью вейвлет-преобразования определяли значения максимальных амплитуд осцилляций эндогенного, нейрогенного, миогенного, дыхательного и сосудистого диапазонов колебаний микроциркуляции. Все исследованные показатели, кроме  $K_v$ , измеряющегося в %, измеряли в перфузионных или относительных единицах (пф. ед., отн. ед.).

Статистическую обработку полученных результатов проводили с помощью программы IBM SPSS Statistics Version 25.0. Учитывая, что количество исследуемых пациентов в группах было 30 человек, оценка нормальности распределения проводилась с помощью критерия Шапиро – Уилка. Использование этого критерия в данной ситуации является практически обоснованным, так как он обладает наибольшей силой по сравнению с другими альтернативными критериями. Имеющиеся результаты представлены в виде медианы, средней величины и 95 % доверительного интервала. Для сопоставления показателей с ненормальным распределением применялся непараметрический критерий Краскела – Уоллиса. Оценка статистической значимости различий показателей проводилась за счет сравнения рассчитанного и критического значений критерия Краскела – Уоллиса с последующим определением уровня значимости  $p$ . Для более точного описания наблюдаемых тенденций при сравнении групп попарно использован критерий Манна – Уитни с применением поправки Бонферрони при оценке значения  $p$ . Статистически значимые отличия считались при  $p < 0,05$ . Учитывая ненормальное распределение показателей, для оценки взаимосвязи между двумя показателями использован коэффициент ранговой корреляции Спирмена. По уровню значения коэффициента корреляции Спирмена определялась теснота связи по шкале Чеддока и ее направления – прямая или обратная. В последующем на основании уравнения линейной регрессии разработана прогностическая модель, эффективность которой оценивалась на основании площади под ROC-кривой.

### Результаты и их обсуждение

Исследование состояния системной микроциркуляции выполнялось в группе клинического сравнения и группах больных сахарным диабетом с синдромом диабетической стопы и без развития последней (табл. 1).

Таблица 1  
Table 1

Значение показателей микроциркуляторного русла при различных вариантах течения сахарного диабета

The value of indicators of the microcirculatory bed in various variants of the course of diabetes mellitus

Показатели	Контроль (n = 30)	Сахарный диабет без диабетической стопы (n = 30)	Сахарный диабет с диабетической стопой (n = 30)
М, пф. ед.	4,06 ± 1,51 (95 % ДИ 3,17–4,63)	3,35 ± 1,24 (95 % ДИ 2,36–4,23)	2,34 ± 1,19 (95 % ДИ 1,48–2,89) $p = 0,003$ ; $p_1 = 0,003$
σ, пф. ед	0,99 ± 0,5 (95 % ДИ 0,68–1,2)	0,87 ± 0,66 (95 % ДИ 0,45–1,07)	0,94 ± 0,98 (95 % ДИ 0,41–1,12)
Кv, %	25,27 ± 13,57 (95 % ДИ 16,71–29,88)	28,44 ± 20,77 (95 % ДИ 15,69–32,34)	67,42 ± 85,3 (95 % ДИ 23,61–62,82) $p = 0,05$
ИЭМ	1,33 ± 0,3 (95 % ДИ 1,11–1,46)	1,27 ± 0,37 (95 % ДИ 1,05–1,58)	1,32 ± 0,41 (95 % ДИ 0,99–1,6)
Аэ, пф. ед	0,46 ± 0,27 (95 % ДИ 0,28–0,52)	0,37 ± 0,26 (95 % ДИ 0,18–0,46)	0,42 ± 0,39 (95 % ДИ 0,2–0,48)
Ан, пф. ед	0,49 ± 0,29 (95 % ДИ 0,3–0,63)	0,38 ± 0,26 (95 % ДИ 0,22–0,52)	0,42 ± 0,33 (95 % ДИ 0,17–0,54)
Ам, пф. ед	0,45 ± 0,27 (95 % ДИ 0,28–0,57)	0,38 ± 0,32 (95 % ДИ 0,21–0,5)	0,34 ± 0,23 (95 % ДИ 0,15–0,45)

Окончание табл. 1

Ад, пф. ед	0,33 ± 0,24 (95 % ДИ 0,2–0,42)	0,31 ± 0,32 (95 % ДИ 0,15–0,3)	0,26 ± 0,18 (95 % ДИ 0,13–0,39)
Ас, пф. Ед	0,24 ± 0,18 (95 % ДИ 0,13–0,27)	0,21 ± 0,22 (95 % ДИ 0,11–0,22)	0,18 ± 0,13 (95 % ДИ 0,11–0,23)
МТ	2,4 ± 0,59 (95 % ДИ 1,92–2,8)	2,5 ± 0,68 (95 % ДИ 2,04–2,81)	2,45 ± 0,56 (95 % ДИ 2,05–2,82)
ПШ	1,09 ± 0,26 (95 % ДИ 0,92–1,26)	1,1 ± 0,29 (95 % ДИ 0,96–1,25)	1,15 ± 0,47 (95 % ДИ 0,91–1,15)
НТ	2,24 ± 0,45 (95 % ДИ 1,95–2,46)	2,34 ± 0,6 (95 % ДИ 1,88–2,53)	2,25 ± 0,52 (95 % ДИ 1,8–2,63)

Примечание:

n – количество обследованных;

p – уровень значимости различий по сравнению с контролем;

p<sub>1</sub> – уровень значимости различий между группами больных.

При анализе полученных данных выявлено, что значение показателя М при синдроме диабетической стопы ниже, чем в группе контроля и у больных без диабетической стопы, в 1,7 и 1,4 раза соответственно ( $p = 0,003$ ;  $p_1 = 0,003$ ). Параметр М характеризует средний приток эритроцитов в микроциркуляторное русло за определенный промежуток времени исследования [Крупаткин, Сидоров, 2005; Kouadio et. al., 2018] (рис. 1).

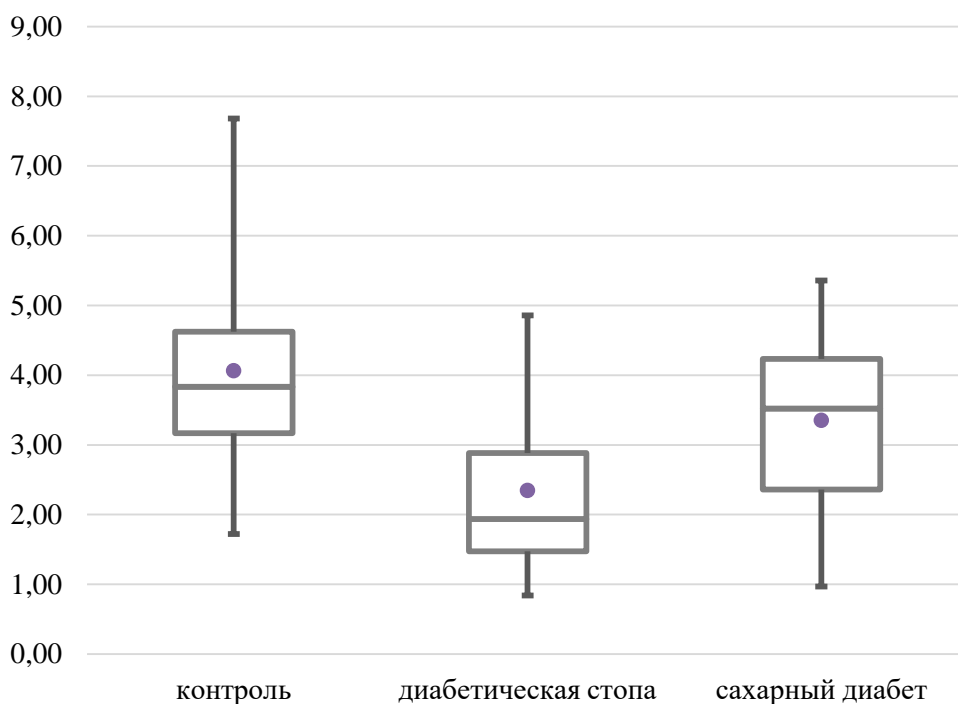


Рис. 1. Значение показателя М в сравниваемых группах  
Fig. 1. The value of the index M in the compared groups

Значение коэффициента вариации ( $K_v$ ) в группе с диабетической стопой ниже, чем в группе контроля, в 2,7 раза ( $p = 0,05$ ). Показатель  $K_v$  характеризует соотношение среднего потока крови в интервал времени к среднему колебанию перфузии [Крупаткин, Сидоров, 2014; Козлов, 2015; Чуян и др., 2017] (рис. 2).

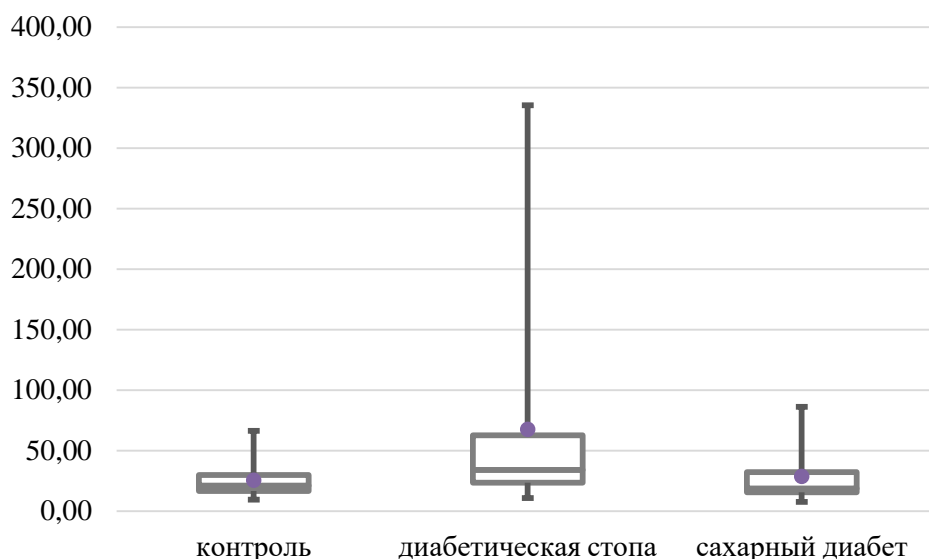


Рис. 2. Значение показателя Kv в сравниваемых группах  
Fig. 2. The value of the index Kv in the compared groups

Для определения фактической степени параллелизма между исследуемыми показателями и развитием синдрома диабетической стопы использовали коэффициент корреляции Спирмена. Полученные результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2  
Table 2

Фактическая степень параллелизма между показателями микроциркуляции и развитием синдрома диабетической стопы  
The actual degree of parallelism between the indicators of microcirculation and the development of diabetic foot syndrome

Показатели	Коэффициент корреляции Спирмена
М, пф. ед.	- 0,434**
σ, пф. ед.	0,125***
Kv, %	0,356 **
ИЭМ	0,03***
Аэ, пф. ед.	0,11***
Ан, пф. ед.	- 0,031****
Ам, пф. ед.	- 0,142****
Ад, пф. ед.	- 0,111****
Ас, пф. ед.	- 0,110****
МТ	0,003***
ПШ	0,075***
НТ	- 0,035****

Примечания:

\* – связь между исследуемыми признаками – прямая, теснота (сила) связи по шкале Чеддока – умеренная;

\*\* – связь между исследуемыми признаками – обратная, теснота (сила) связи по шкале Чеддока – умеренная;

\*\*\* – связь между исследуемыми признаками – прямая, теснота (сила) связи по шкале Чеддока – слабая;

\*\*\*\* – связь между исследуемыми признаками – обратная, теснота (сила) связи по шкале Чеддока – слабая.

По данным исследования, связь между показателем М и развитием синдрома диабетической стопы обратная, сила связи по шкале Чеддока умеренная. Связь между Kv и развитием диабетической стопой прямая, сила связи умеренная.

Учитывая полученные результаты, на основании уравнения линейной регрессии нами предложен способ прогнозирования развития диабетической стопы [Троицкая и др., 2019], основанный на определении значения показателя микроциркуляции (М) и коэффициента вариации (Kv), рассчитывается прогностический коэффициент DS по формуле:

$$DS = 1,2 - 0,38 \times M + 0,02 \times Kv - 0,125,$$

где М – показатель микроциркуляции, отражающий количество эритроцитов в заданном времени через единицу объема ткани (пф. ед.), Kv – коэффициент вариации, отражающий соотношение между прохождением крови через ткань и объемом ее изменчивости (%).

Параметры прогностического коэффициента трактуются следующим образом. При коэффициенте диабетической стопы DS более 1,0 прогнозируют развитие синдрома диабетической стопы.

Для определения статистической значимости разработанной модели определялась площадь под ROC-кривой, которая составляет 0,735 (95 % ДИ 0,621 – 0,848) (рис. 3). Чувствительность модели 60 %, специфичность 79 %.

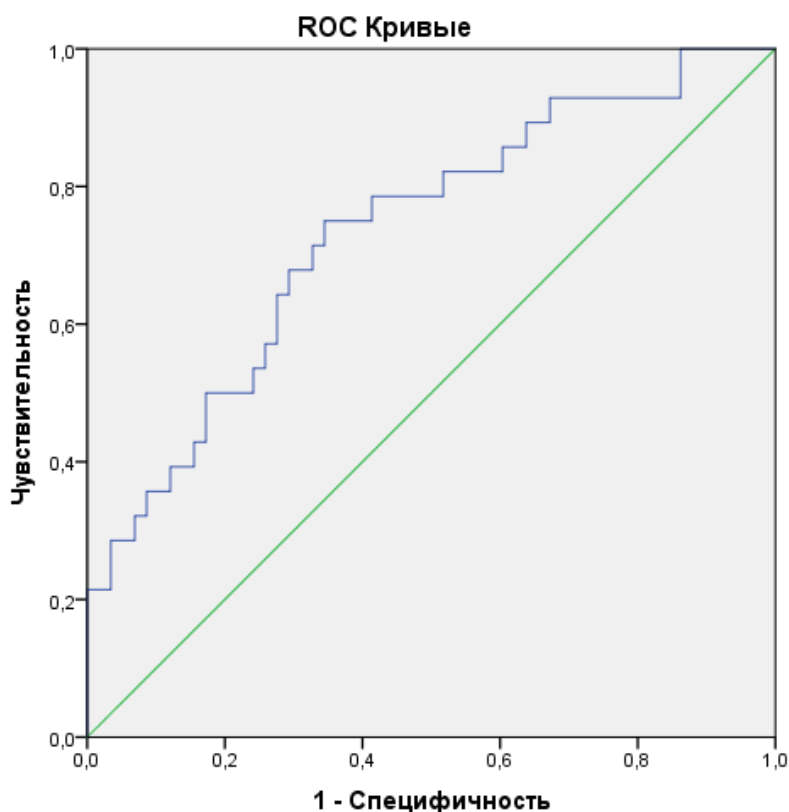


Рис. 3. Площадь под ROC-кривой для прогностической модели

Fig. 3. Area under the ROC curve for the predictive model

### Заключение

При исследовании состояния микроциркуляторного русла с помощью неинвазивного метода лазерной доплеровской флоуметрии в точке, расположенной в области I межплюсневового промежутка на тыле стопы, у пациентов с развитием синдрома диабетической стопы выявлено статистически значимое снижение общего показателя микроциркуляции М по сравнению с аналогичным показателем в группе контроля и у больных с неосложненным течением сахарного диабета. Также в этой группе больных зарегистриро-

вано достоверное снижение значения коэффициента вариации  $K_v$  относительно группы клинического сравнения. С помощью значения коэффициента корреляции Спирмена доказана взаимосвязь данных показателей с развитием синдрома диабетической стопы. С помощью метода линейного регрессионного анализа на основе этих показателей разработан способ прогноза развития синдрома диабетической стопы, позволяющий получить прогностический коэффициент, на основе которого можно судить о рисках развития данного состояния у конкретного пациента. С помощью ROC-анализа выявлено хорошее качество разработанного способа. Раннее выявление отклонений состояния микроциркуляторного русла с вычислением прогностического коэффициента позволяет выделять группу пациентов с риском развития синдрома диабетической стопы на стадии доклинических проявлений.

### Список литературы

1. Артыкова Д.М., Шагазатова Б.Х., Урунбаева Д.А., Ишанкулова Н.Ф. 2015. Синдром диабетической стопы. Вестник СМУС74, 2 (9): 70–76.
2. Белозерцева Ю.П., Курлаев П.П., Гриценко В.А. 2016. Синдром диабетической стопы: этиология, патогенез, классификации и лечение. Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье», 1: 69–78.
3. Дубровщик О.И., Гарелик П.В., Довнар И.С., Ракович Д.Ю., Сытый А.А. 2015. Реальные возможности снижения частоты ампутаций нижних конечностей у пациентов с гнойно-некротическими осложнениями синдрома диабетической стопы. Журнал ГрГМУ, 4 (52): 26–28.
4. Ердесова К.Е., Нуралин Р.Ш., Калиева А.М., Зурбаева А.Б., Акбашева Н.Ж. 2015. Проблемы ранней диагностики у пациентов с нейроишемической формой синдрома диабетической стопы. Вестник КазНМУ, 1: 104–108.
5. Козлов В.И. 2015. Капилляроскопия в клинической практике. М., Практическая медицина, 232.
6. Комелягина Е.Ю., Коган Е.А., Анциферов М.Б. 2015. Клинико-морфологические параметры и маркеры репарации нейропатических язвенных дефектов при синдроме диабетической стопы. Сахарный диабет, 18 (3): 70–76.
7. Корейба К.А. 2016. Хирургическое лечение гнойно-некротических осложнений нейропатической формы синдрома диабетической стопы. Практическая медицина, 5 (97): 34–38.
8. Крупаткин А.И., Сидоров В.В. 2014. Функциональная диагностика состояния микроциркуляторно-тканевых систем: колебания, информация, нелинейность. Руководство для врачей. М., ЛИБРОКОМ, 498.
9. Крупаткин А.И., Сидоров В.В. 2005. Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции крови: руководство для врачей. М., Медицина, 256.
10. Курлаев П.П., Гриценко В.А., Белозерцева Ю.П. 2016. Современные подходы к антибактериальной терапии гнойно-некротических осложнений синдрома диабетической стопы. БОНЦ УрО РАН, 2: 1–11.
11. Оболенский В.Н., Семенова Т.В., Леваль П.Ш., Плотников А.А. 2010. Синдром диабетической стопы в клинической практике. Российский медицинский журнал, 2 (18): 45–50.
12. Рундо А.И. 2015. Современные аспекты этиологии и патогенеза синдрома диабетической стопы. Новости хирургии, 1: 97–104.
13. Троицкая Н.И., Шаповалов К.Г., Мудров В.А., Голятин Ю.А. 2019. Способ прогнозирования развития диабетической стопы. Патент РФ № 2686951.
14. Чуян Е.Н., Трибрат Н.С., Раваева М.Ю., Ананченко М.Н. 2017. Тканевая микрогемодинамика: влияние низкоинтенсивного электромагнитного излучения миллиметрового диапазона: монография. Симферополь, АРИАЛ, 422.
15. Ang G.Y., Yap C.W., Saxena N. 2017. Effectiveness of DiabetesFoot Screening in Primary Care in Preventing Lower Extremity Amputations. Acad. Med. Singapore, 46 (11): 417–423.
16. Chao C.Y., Cheing G.L. 2009. Microvascular dysfunction in diabetic foot disease and ulceration. Diabetes, Metab. Res. Rev., 25 (7): 604–614.
17. Kouadio A.A., Jordana F., Koffi N.J., Le Bars P., Soueidan A. 2018. The use of laser Doppler flowmetry to evaluate oral soft tissue blood flow in humans: a review. Arch. Oral. Biol., 86: 58–71.

18. Lavery L.A., Oz O.K., Bhavan K., Wukich D.K. 2019. Diabetic Foot Syndrome in the Twenty-First Century. *Clin. Podiatr. Med. Surg.*, 36 (3): 355–359.
19. Sinwar P.D. 2015. The diabetic foot management – recent advance. *Int. J. Surg.*, 15: 27–30.
20. Veves A., Giurini J.M., Guzman R.J. 2018. *The Diabetic Foot. Medical and Surgical Management Fourth Edition.* Humana Press, 514.

### References

1. Artykova D.M., Shagazatova B.Kh., Urunbaeva D.A., Ishankulova N.F. 2015. Sindrom diabeticheskoy stopy [Diabetic foot syndrome]. *Vestnik Soveta molodykh uchenykh i spetsialistov Chelyabinskoy oblasti*, 2 (9): 70–76.
2. Belozertseva Yu.P., Kurlaev P.P., Gritsenko V.A. 2016. Sindrom diabeticheskoy stopy: etiologiya, patogenez, klassifikatsii i lechenie [Diabetic foot syndrome: etiology, pathogenesis, classification and treatment]. *Kurskiy nauchno-prakticheskiy vestnik «Cheloveki ego zdorov'e»*, 1: 69–78.
3. Dubrovshchik O.I., Garelik P.V., Dovnar I.S., Rakovich D.Yu., Sytyy A.A. 2015. Real'ne vozmozhnosti snizheniya chastoty amputatsi y nizhnikh konechnostey u patsientov s gnoyno-nekroticheskimi oslozhneniyami sindroma diabeticheskoy stopy [The real possibility of reducing the frequency of amputations of the lower extremities in patients with purulent-necrotic complications of diabetic foot syndrome]. *Zhurnal Grodnenskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta*, 4 (52): 26–28.
4. Erdesova K.E., Nuralin R.Sh., Kalieva A.M., Zurbaeva A.B., Akbasheva N.Zh. 2015. Problemy ranney diagnostiki u patsientov s neyroishemicheskoy formoy sindroma diabeticheskoy stopy [Problems of early diagnosis in patients with a neuroischemic form of diabetic foot syndrome]. *Vestnik Kazakhskogo natsional'nogo meditsinskogo universiteta*, 1: 104–108.
5. Kozlov V.I. 2015. Kapillyaroskopiya v klinicheskoy praktike [Clinical capillaroscopy]. *M., Prakticheskaya meditsina*, 232.
6. Komelyagina E.Yu., Kogan E.A., Antsiferov M.B. 2015. Kliniko-morfologicheskie parametry i marker reparatsii neyropaticheskikh yazvennykh defektov pri syndrome diabeticheskoy stopy [Clinical and morphological parameters and markers of the repair of neuropathic ulcerative defects in diabetic foot syndrome]. *Sakharnyy diabet*, 18 (3): 70–76.
7. Koreyba K.A. 2016. Khirurgicheskoe lechenie gnoyno-nekroticheskikh oslozhneniy neyropaticheskoy formy sindroma diabeticheskoy stopy [Surgical treatment of purulent-necrotic complications of the neuropathic form of diabetic foot syndrome]. *Prakticheskaya meditsina*, 5 (97): 34–38.
8. Krupatkin A.I., Sidorov V.V. 2014. Funktsional'naya diagnostika sostoyaniya mikrotsirkulyatorno-tkanevykh sistem: kolebaniya, informatsiya, nelineynost' [Functional diagnostics of the state of microcirculatory-tissue systems: oscillations, information, nonlinearity]. *Rukovodstvo dlya vrachey. M., LIBROKOM*, 498.
9. Krupatkin A.I., Sidorov V.V. 2005. Lazernaya doplerovskaya floumetriya mikrotsirkulyatsii krovi: rukovodstvo dlya vrachey [Laser Doppler blood flow micrometry: a guide for doctors]. *M., Meditsina*, 256.
10. Kurlaev P.P., Gritsenko V.A., Belozertseva Yu.P. 2016. Sovremennye podkhody k antibakterial'noy terapii gnoyno-nekroticheskikh oslozhneniy sindroma diabeticheskoy stopy [Modern approaches to antibiotic therapy of purulent-necrotic complications of diabetic foot syndrome]. *Byulleten' Orenburgskogo nauchnogo tsentra UrO RAN*, 2: 1–11.
11. Obolenskiy V.N., Semenova T.V., Leval' P.Sh., Plotnikov A.A. 2010. Sindrom diabeticheskoy stopy v klinicheskoy praktike [Diabetic foot syndrome in clinical practice]. *Rossiyskiy meditsinskiy zhurnal*, 2 (18): 45–50.
12. Rundo A.I. 2015. Sovremennye aspekty etiologii i patogeneza sindroma diabeticheskoy stopy [Modern aspects of the etiology and pathogenesis of diabetic foot syndrome]. *Novosti khirurgii*, 1: 97–104.
13. Troitskaya N.I., Shapovalov K.G., Mudrov V.A., Golyatin Yu.A. 2019. Sposob prognozirovaniya razvitiya diabeticheskoy stopy [A method for predicting the development of diabetic foot]. *Patent RF № 2686951*.
14. Chuyan E.N., Tribat N.S., Ravaeva M.Yu., Ananchenko M.N. 2017. Tkaneyaya mikrogeodinamika: vliyanie nizkointensivnogo elektromagnitnogo izlucheniya millimetrovogo diapazona [Tissue microhemodynamics: the effect of low-intensity millimeter-wave electromagnetic radiation] : monografiya. *Simferopol', ARIAL*, 422.



15. Ang G.Y., Yap C.W., Saxena N. 2017. Effectiveness of Diabetes Foot Screening in Primary Care in Preventing Lower Extremity Amputations. *Acad. Med. Singapore*, 46 (11): 417–423.
16. Chao C.Y., Cheing G.L. 2009. Microvascular dysfunction in diabetic foot disease and ulceration. *Diabetes. Metab. Res. Rev.*, 25 (7): 604–614.
17. Kouadio A.A., Jordana F., Koffi N.J., Le Bars P., Soueidan A. 2018. The use of laser Doppler flowmetry to evaluate oral soft tissue blood flow in humans: a review. *Arch. Oral. Biol.*, 86: 58–71.
18. Lavery L.A., Oz O.K., Bhavan K., Wukich D.K. 2019. Diabetic Foot Syndrome in the Twenty-First Century. *Clin. Podiatr. Med. Surg.*, 36 (3): 355–359.
19. Sinwar P.D. 2015. The diabetic foot management – recent advance. *Int. J. Surg.*, 15: 27–30.
20. Veves A., Giurini J.M., Guzman R.J. 2018. *The Diabetic Foot. Medical and Surgical Management Fourth Edition.* Humana Press, 514.

### **Ссылка для цитирования статьи**

#### **Link for article citation**

Троицкая Н.И., Шаповалов К.Г., Мудров В.А., Голятин Ю.А. 2020. Оптимизация хирургической тактики при синдроме диабетической стопы. *Актуальные проблемы медицины*, 43 (2): 313–321. DOI 10.18413/2687-0940-2020-43-2-313-321.

Troitskaya N.I., Shapovalov K.G., Mudrov V.A., Golyatin Yu.A. 2020. Optimization of surgical tactics in diabetic foot syndrome. *Challenges in Modern Medicine*, 43 (2): 313–321 (in Russian). DOI 10.18413/2687-0940-2020-43-2-313-321.