

# СОСТОЯНИЕ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ У БОЛЬНЫХ СО СМЕШАННОЙ ФОРМОЙ ОСЛОЖНЕННОГО СИНДРОМА ДИАБЕТИЧЕСКОЙ СТОПЫ

Шаповал С. Д., Савон И. Л., Зинич Е. Л., Смирнова Д. А., Софилканич М. М.  
ГУ «Запорожская медицинская академия последипломного образования МЗ Украины»

В работе представлен анализ показателей микроциркуляции 103 пациентов со смешанной формой осложненного синдрома диабетической стопы. Изучение микроциркуляции проведено с использованием лазерной доплеровской флоуметрии, анализатор ЛАКК-02. Установлено, что у больных со смешанной формой осложненного синдрома диабетической стопы изменения микроциркуляции связаны с частичным уменьшением объема артериального притока, нарушением симпатической и артериоловеноулярной регуляции. Отмечаются явления застоя крови в артериолах и веноулярном звене. Наблюдается умеренное повышение амплитуд активных факторов контроля. Снижение амплитуды пульсовой волны относительно контрольной группы недостоверно, что вызвано частичным сохранением эластичности сосудистой стенки артериол. Выявленное снижение показателя шунтирования при смешанной форме осложненного СДС вызвано повышением нейрогенного тонуса.

**Ключевые слова:** лазерная доплеровская флоуметрия, микроциркуляция, смешанная форма осложненного синдрома диабетической стопы.

Проблема сахарного диабета (СД) является одной из актуальнейших на современном этапе развития общества. По оценкам ВООЗ неуклонно растет количество пациентов с СД и его осложнениями [7, 10, 12].

Одним из грозных осложнений, являющийся сложной хирургической проблемой, является синдром диабетической стопы (СДС) [8, 3].

В развитии осложнений при СДС большое внимание уделяется ангиопатии нижних конечностей, одной из причиной которой являются нарушения проходимости сосудов различного диаметра и ухудшение реологических свойств крови. В конечном итоге значительно страдает периферическое кровообращение и микроциркуляция [2, 9, 11].

Микроциркуляция выполняет важную роль – обеспечивает поддержание необходимого уровня метаболизма в тканях. Благодаря микроциркуляторному руслу, состоящему из артериол, капилляр, артериовеноулярных анастомозов и венул происходит поступление в ткани кислорода, энергетических субстратов, биологически активных и лекарственных веществ [6, 13].

Несмотря на большое количество публикаций по данной теме, многие вопросы диагностики и патогенеза не изучены [1, 4, 5].

Эффективность лечения осложненного СДС, может быть существенно повышена при осознании роли микроциркуляции в развитии патологических процессов, возможности ранней диагностики и своевременной коррекции.

**Цель работы** – исследовать кровотоки нижних конечностей у больных со смешанной формой

осложненного СДС используя метод лазерной доплеровской флоуметрии и выявить характерные нарушения микроциркуляции.

## Материалы и методы исследования

Обследовано 103 пациента со смешанной формой осложненного СДС, находящихся на стационарном лечении в гнойно-септическом центре с койками диабетической стопы городской клинической больницы № 3 г. Запорожье, за период 2009–2010 гг.

Средний возраст больных составил  $63,4 \pm 4,3$  года. Мужчин – 50 (49%), женщин – 53 (51%).

У всех пациентов имел место СД 2 типа, его средняя продолжительность составила  $12,5 \pm 2,5$  лет. В зависимости от тяжести сахарного диабета распределение по группам больных происходило на среднее и тяжелое течение.

Понятие «осложненный СДС» включал гнойно-некротическое поражение стопы – абсцесс, флегмона, гнойный тендовагинит, гнойный артрит, остеомиелит, гангрена.

Сопутствующая патология была представлена ишемической болезнью сердца, гипертонической болезнью, хроническими заболеваниями легких, церебросклерозом, системными заболеваниями.

Контрольную группу составили 30 здоровых жителей нашего региона, без СД, средний возраст которых был равен  $28,2 \pm 3,2$  годам, из них мужчин 14 (49%), женщин 16 (51%).

Изучение микроциркуляции проводилось с помощью анализатора ЛАКК-02 (ООО НПФ «ЛАЗМА», Россия), методом лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ). Кровотоки кожи стоп

Таблиця 1

Показатели микроциркуляции у больных со смешанной формой осложненного СДС ( $M \pm m$ )

Показатели микроциркуляции	Контроль n=30	Смешанная форма n=103
$M_{cp}$ , пф.ед.	2,7±0,24	9,28±0,58*
$\sigma$ , пф.ед.	0,89±0,1	1,4±0,19*
$K_v$ , %	39,96±4,1	17,66±1,72*
Ан, пф.ед.	0,49±0,05	0,62±0,07*
Ам, пф.ед.	0,41±0,05	0,51±0,05*
Аэ, пф.ед.	0,51±0,07	0,65±0,14*
Ас, пф.ед.	0,12±0,01	0,11±0,01
Ад, пф.ед.	0,21±0,04	0,25±0,29*
НТ, пф.ед.	2,17±0,2	2,6±0,17*
МТ, пф.ед.	2,79±0,31	3,2±0,21*
ППШ, пф.ед.	1,4±0,05	1,34±0,06*

Примечание: \* – различия между контрольной группой и исследуемой статистически достоверны ( $p < 0,05$ )

изучали в покое, датчик устанавливали на тыльной поверхности стопы в первом межплюсневом промежутке.

Регистрация показателей микрогемодинамики выполнялась в горизонтальном положении обследуемого в течение 10 минут с последующей обработкой данных.

Рассчитывали средние значения перфузии:  $M_{cp}$  – величину среднего потока крови;  $\sigma$  – среднее колебание перфузии;  $K_v$  – коэффициент вариации, соотношение величин  $M_{cp}$  и  $\sigma$ . А так же амплитудно-частотный спектр (АЧС) перфузии, с помощью алгоритма Вейвлет-преобразования. Регистрировали колебательный процесс, обусловленный активными факторами – эндотелиальным (Аэ), нейрогенным (Ан), миогенным (Ам) и пассивными – дыхательным (Ад), сердечным (Ас).

Вычисляли нейрогенный (НТ) и миогенный тонусы (МТ), показатель шунтирования (ППШ).

Статистические расчёты выполнялись с использованием программного пакета для статистического анализа данных «STATGRAPHICS Plus for Windows 7.0».

#### Результаты исследования и их обсуждение

К тяжелой ишемии нижних конечностей у больных со смешанной формой осложненного СДС приводит нарушение гемодинамики в сочетании с угнетением тканевого метаболизма. Данные о состоянии микроциркуляции у данной группы больных представлены в таблице 1.

#### Диагностические характеристики базального кровотока

Расчет параметров базального кровотока у больных со смешанной формой осложненного СДС проводился в два этапа. На первом этапе рассчитывали средние значения изменения перфузии:  $M$ ,  $\sigma$  и  $K_v$ .

При смешанной форме осложненного СДС постоянная составляющая кровотока ( $M_{cp}$ ) соответствовала  $9,28 \pm 0,58$  пф. ед., что достоверно выше контрольных величин в 3 раза ( $p < 0,05$ ).

$M_{cp}$  характеризует среднюю перфузию и ее повышение свидетельствует о увеличении объема крови в артериолах и венулах.

Переменная составляющая кровотока ( $\sigma$ ) равна  $1,4 \pm 0,19$  пф.ед., выше контрольных показателей в 2 раза ( $p < 0,05$ ). Данное увеличение свидетельствует о повышении модуляции кровотока и вызвано более интенсивным функционированием механизмов активного контроля микроциркуляции.

$K_v$  при смешанной форме осложненного СДС равен  $17,66 \pm 1,72\%$ . Уменьшение показателя  $K_v$  ниже контрольных величин в 2 раза достоверно ( $p < 0,05$ ) и отражает ухудшение микроциркуляции.

#### Нейрогенные колебания (активный фактор)

Нейрогенные колебания при смешанной форме осложненного СДС незначительно, но все же достоверно выше контрольных величин ( $p < 0,05$ )

и составляют  $0,62 \pm 0,07$  пф. ед. Повышение амплитуды нейрогенных колебаний свидетельствует о активации симпатических вазомоторных волокон и приводит к возрастанию артериолярного тонуса.

#### **Миогенные колебания (активный фактор)**

Уровень миогенных колебаний при смешанной форме осложненного СДС несколько выше контрольных величин –  $0,51 \pm 0,05$  пф. ед. ( $p < 0,05$ ). Диагностическое значение миогенных колебаний заключается в оценке состояния мышечного тонуса прекапилляров, регулирующего приток крови в нутритивное русло.

Повышение миогенных колебаний способствует снижению периферического сопротивления в капиллярной сети и направлено на улучшение нутритивного кровотока.

#### **Эндотелиальные колебания (активный фактор)**

При смешанной форме осложненного СДС амплитуда эндотелиальных колебаний незначительно выше контрольных величин –  $0,65 \pm 0,14$  пф. ед. ( $p < 0,05$ ). Эндотелиальная регуляция сосудов затрагивает преимущественно прекапиллярное звено, а колебания обусловлены функционированием эндотелия – выбросом вазодилататора NO. Выявленные нарушения функции эндотелия, по всей видимости, обусловлены снижением ответа на NO или ускорением его инактивации свободными радикалами.

#### **Пульсовая волна (пассивный фактор)**

Изменение амплитуды пульсовой волны при смешанной форме осложненного СДС относительно контрольных величин недостоверно ( $p > 0,05$ ). Это объясняется сохранением эластичности сосудистой стенки и сохранением сниженного, но все же достаточного, объема артериальной крови до уровня микроциркуляторного русла.

#### **Дыхательная волна (пассивный фактор)**

Амплитуда дыхательной волны при смешанной форме осложненного СДС незначительно –  $0,25 \pm 0,29$  пф. ед., но достоверно выше контрольных величин ( $p < 0,05$ ).

Повышение амплитуд дыхательной волны свидетельствует о ухудшении оттока крови из микроциркуляторного русла и сопровождается увеличением объема крови в веноулярном звене. Поэтому возрастание амплитуды дыхательной волны одновременно с увеличением показателя микроциркуляции ( $M_{cp}$ ) указывает на проявление застойных явлений в микроциркуляторном русле.

#### **Нейрогенный тонус (НТ)**

Используя расчетные данные амплитуд кровотока, возможно изолированно оценить влияние миогенных и нейрогенных компонентов тонуса микрососудов.

Нейрогенный тонус при смешанной форме осложненного СДС повышен –  $2,6 \pm 0,17$  пф. ед. ( $p < 0,05$ ), за счет активности симпатической составляющей.

#### **Миогенный тонус (МТ)**

Повышение миогенного тонуса прекапилляров при смешанной форме осложненного СДС достоверно –  $3,2 \pm 0,21$  пф. ед. ( $p < 0,05$ ).

Выявленное повышение нейрогенного и миогенного тонусов приводит к уменьшению диаметра артериол.

#### **Показатель шунтирования (ПШ)**

При смешанной форме осложненного СДС отмечается снижение ПШ –  $1,34 \pm 0,06$  пф. ед. ( $p < 0,05$ ). Это вызвано изменением регуляции артериол и артериоловеноулярных анастомозов. Повышение нейрогенного и миогенного тонусов способствует перераспределению крови в сторону нутритивного кровотока.

#### **Выводы**

1. При смешанной форме осложненного СДС отмечается повышение показателей перфузии  $M_{cp}$  и  $c$  относительно контрольных величин, однако это увеличение обусловлено наличием застойных явлений в артериолах и венах. Снижение  $K_v$  свидетельствует о нарушении механизмов контроля микроциркуляции, которые возникают за счет снижения эндотелиальной секреции и активации нейрогенного и миогенного механизмов контроля.

2. Повышение амплитуды нейрогенных колебаний свидетельствует о возрастании мышечного тонуса прекапилляров, регулирующего приток крови в нутритивное русло.

3. Снижение амплитуды пульсовой волны относительно контрольной группы недостоверно, что объясняется частичным сохранением эластичности сосудистой стенки артериол.

4. Повышение амплитуды дыхательной волны свидетельствует о ухудшении оттока крови из микроциркуляторного русла и характеризуется увеличением объема крови в веноулярном звене.

5. Нейрогенный и миогенный тонус повышены, что происходит за счет активности симпатической составляющей и в свою очередь, приводит к уменьшению диаметра артериол.

6. Снижение ПШ при смешанной форме осложненного СДС вызвано повышением НТ и

сопровождается уменьшением шунтирования по артериовенулярным анастомозам.

### Заклучение

Исследование микроциркуляции с помощью ЛДФ, позволило выявить наиболее характерные и достоверные нарушения кровотока для каждой формы осложненного СДС, определить их числовой и пограничный уровни (Патент на копию модель № 43969. Спосіб діагностики форми синдрому діабетичної стопи. Зареєстровано 10.09.2009.).

Это позволяет распределять пациентов согласно форме СДС не по наличию или отсутствию макроангиопатии, а по состоянию микроциркуляции.

На ряду с другими неинвазивными методами, метод ЛДФ выделяет техническая простота и высокая информативность, возможность выявления отклонений на ранних стадиях.

Использование комплекса диагностических методов, включающих дуплексное сканирование сосудов, лазерную доплеровскую флоуметрию и исследование парциального давления кислорода в тканях, позволяет дать полную характеристику кровотока сосудов нижних конечностей.

### Литература

1. Аникин А. И. Значение оценки микроциркуляторных нарушений в хирургическом лечении гнойно-некротических поражений при синдроме диабетической стопы: дис. ...канд. мед. наук. Москва, 2009. – 146 с.
2. Балаболкин М. И. Патогенез и механизм развития ангиопатий при сахарном диабете / М. И. Балаболкин, Е. М. Клебанова, В. М. Креминская // Кардиология. – 2000. – № 10. – С. 74–87.
3. Гурьева И. В. Факторы риска развития синдрома диабетической стопы / И. В. Гурьева // Русский медицинский журнал. – 2003. – Т. 11. – № 6. – С. 338–341.
4. Диагностика синдрома диабетической стопы с помощью лазерного доплеровского компьютерного анализа / С. Д. Шаповал, И. Л. Савон, Е. Л. Зинич [и др.] // Клінічна хірургія. – 2010. – № 11–12. – с. 60.
5. Особенности нарушений системы микроциркуляции и их коррекция у больных с гнойно-некротическими формами синдрома диабетической стопы / А. М. Светухин, Ю. А. Амирманов, А. Б. Земляной и [др.] // Хирургия. – 2006. – № 10. – С. 30–40.
6. Салтыков Б. Б. Диабетическая микроангиопатия / Б. Б. Салтыков, В. С. Пауков – М.: Медицина, 2000. – 240 с.
7. Синдром диабетической стопы - актуальность проблемы сохраняется / С. И. Леонович, Г. Г. Кондратенко, А. А. Безведницкая [и др.] // Белорусский медицинский журнал. – 2003. – № 1. – С. 8–11.
8. Синдром диабетической стопы / М. Б. Анциферов, Г. Р. Галстян А. Ю. Токмакова [и др.] // Сахарный диабет. – 2001. – № 2 (11). – С. 2–8.
9. Chow I. Management and prevention of diabetic foot ulcers and infections: a health economic review / I. Chow, E. V. Lemos, T. R. Einarson // Pharmacoeconomics. – 2008. – Vol. 26, № 12. – P. 1019–1035
10. Concomitant macro and microvascular complications in diabetic nephropathy / J. S. Alwakeel, A. Al-Sttwaida, A. C. Isnani [et al.] // Saudi J. Kidney Dis. Transpl. – 2009. – Vol. 20, № 3. – P. 402–409.
11. Hunt D. L. Diabetes: foot ulcers and amputations / D. L. Hunt // Clin. Evid. – 2009. – № 12. – P. – 0602.
12. Micro- and macro-vascular reactivity is impaired in subjects at risk for type 2 diabetes / A.E. Caballero, S. Arora, R. Saouaf [et al.] // Diabetes. – 1999. – № 48. – P. 1863–1867.
13. Pulse pressure and prediction of incident foot ulcers in type 2 diabetes / M. Monami, M. Vivarelli, C. M. Desideri [et al.] // Diabetes Care. – 2009. – Vol. 32, № 5. – P. 897–899.

## СТАН МІКРОЦИРКУЛЯЦІЇ У ХВОРИХ ЗІ ЗМІШАНОЮ ФОРМОЮ УСКЛАДНЕНОГО СИНДРОМУ ДІАБЕТИЧНОЇ СТОПИ

Шаповал С. Д., Савон І. Л., Зінич Є. Л., Смирнова Д. О., Софілканіч М. М.  
ДЗ «Запорізька медична академія післядипломної освіти МОЗ України»

В роботі представлений аналіз показників мікроциркуляції 103 пацієнтів зі змішаною формою ускладненого синдрому діабетичної стопи. Вивчення мікроциркуляції проведено з використанням лазерної доплерівської флоуметрії, аналізатор ЛАКК-02. Встановлено, що у хворих зі змішаною формою ускладненого синдрому діабетичної стопи зміни мікроциркуляції пов'язані з частковим зменшенням об'єму артеріального припливу, порушенням симпатичної і артеріоловенулярної ре-

гуляції. Відзначається застій крові в артеріолах та венулярних ланках. Спостерігається помірне підвищення амплітуд активних чинників контролю. Зниження амплітуди пульсової хвилі відносно контрольної групи недостовірно, що викликано частковим збереженням еластичності судинної стінки артеріол. Виявлене зниження показника шунтування при змішаній формі ускладненого СДС викликано підвищенням нейрогенного тону.

**Ключові слова:** лазерна доплерівська флоуметрія, мікроциркуляція, змішана форма ускладненого синдрому діабетичної стопи.

## STATE OF MICROCIRCULATION FOR PATIENTS WITH THE MIXED FORM OF THE COMPLICATED SYNDROME OF DIABETIC FOOT

*Shapoval S. D., Savon I. L., Zinich E. L., Smirnova D. A., Sofilkanich M. M.*

*State Institute «Zaporozhzhia Medical Academy of Postgraduate Education of Ministry of Health of Ukraine»*

The analysis of indexes of microcirculation 103 patients is in-process presented with the mixed form of the complicated syndrome of diabetic foot. The study of microcirculation is conducted with the use of laser Doppler perfusion, analyzer of LAKK-02. It is set, that for patients with the mixed form of the complicated syndrome of diabetic foot of change of microcirculation related to the partial diminishing of volume of arterial inflow, by violation sympathetic and arteriole venular adjusting. The phenomena of bradyhemarrhea are marked in arterioles and venular link. There is a moderate increase of amplitudes of active factors of control. Decline of amplitude of pulse wave of relatively control group unreliably, that is caused by partial maintenance of elasticity of vascular wall arterioles. The educed decline of index of by-passing at the mixed form of complicated syndrome of diabetic foot is caused by the increase of neurogenic tone.

**Keywords:** laser Doppler perfusion, the microcirculation, the mixed form of the complicated syndrome of diabetic foot.