

УДК 616.379-008.64-072-089

*С.Д. Шаповал, И.Л. Савон, Е.Л. Зинич, Д.А. Смирнова, М.М. Софилканич***ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОГО КРОВОТОКА У БОЛЬНЫХ С ИШЕМИЧЕСКОЙ ФОРМОЙ ОСЛОЖНЕННОГО СИНДРОМА ДИАБЕТИЧЕСКОЙ СТОПЫ***Запорожская медицинская академия последипломного образования*

В работе представлен анализ показателей микроциркуляции 52 пациентов с ишемической формой осложненного синдрома диабетической стопы. Изучение микроциркуляции проведено с использованием лазерной доплеровской флоуметрии, анализатор ЛАКК-02. Установлено, что у больных с ишемической формой осложненного синдрома диабетической стопы нарушения микроциркуляции были связаны с уменьшением объема артериального притока. Значительное увеличение показателей  $Msr$  и  $\sigma$ , при низком  $K_v$  отражают нарушение симпатической регуляции микроциркуляции и артериоловеноулярных реакций. Отмечаются явления застоя крови в артериолах и веноулярном звене, что проявляется ложновысоким средним показателем микроциркуляции. Наблюдается повышение амплитуд активных факторов контроля. Компенсаторной реакцией является попытка улучшения микроциркуляции за счет усиления дыхательных амплитуд (пассивный фактор). Совокупность этих данных указывает на наличие тяжелой декомпенсации микроциркуляции и наличие критической ишемии.

**Ключевые слова:** лазерная доплеровская флоуметрия, микроциркуляция, ишемическая форма диабетической стопы.

В настоящее время сахарный диабет (СД) признан ВООЗ эпидемией неинфекционно-го заболевания, стремительно развивающейся как в слаборазвитых, так и высокоразвитых странах [1, 2, 10].

В европейских странах, в том числе и в Украине, распространенность СД составляет от 3 до 10% в общей популяции, а среди пожилого населения до 30%. Каждый год количество пациентов с сахарным диабетом увеличивается на 4-5%, каждые 12-15 лет – удваивается [4, 5, 11].

Установлено, что именно диабетические нейро- и ангиопатия на поздних стадиях определяют прогноз жизни больного, а частота возникновения осложнений обусловлена ранним и ускоренным развитием атеросклероза сосудов большого и среднего калибра [6, 12].

Поражение периферических артерий встречается в 20 раз чаще у больных СД, чем у лиц, не страдающих этим заболеванием. Особенностями атеросклероза при СД является поражение артерий среднего и мелкого калибра [8, 13].

Клиническое течение облитерирующих заболеваний сосудов у 28,6% больных СД осложняется развитием некроза и гангрены тканей дистальных отделов конечности [7].

Длительность пребывания в стационаре по поводу гнойно-некротических осложне-

ний при диабетической стопе превышает длительность госпитализации при любых других хирургических заболеваниях. Только в США ежегодно на стационарное лечение больных с синдромом диабетической стопы (СДС) расходуется до 200 млн. долларов [9].

В связи с этим актуальной является проблема снижения количества ампутаций методом улучшения качества диагностики проявлений заболевания, путем использования современных методов комплексного обследования и дифференцированного подхода к лечению [3].

**Цель работы** – используя метод лазерной доплеровской флоуметрии исследовать кровотоки нижних конечностей у больных с ишемической формой осложненного СДС, а так же выявить характерные нарушения микроциркуляции.

**Материал и методы**

Обследовано 52 пациента с ишемической формой осложненного синдрома диабетической стопы, находящихся на стационарном лечении в гнойно-септическом центре с койками диабетической стопы городской клинической больницы №3 г. Запорожья, за период 2009-2010 гг.

Возраст пациентов колебался от 45 до 78 лет и в среднем составил  $59,4 \pm 3,3$  года. Мужчин – 33 (63%), женщин – 19 (37%).

У всех пациентов имел место СД 2 типа, его средняя продолжительность составила  $11,3 \pm 1,5$  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, гангрена.

Сопутствующая патология была представлена ишемической болезнью сердца, гипертонической болезнью, хроническими заболеваниями легких, ожирением, дисциркуляторной энцефалопатией.

Контрольную группу составили 30 здоровый 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 методом лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) с помощью анализатора ЛАКК-02 (ООО НПП «ЛАЗМА», Россия). Кровоток кожи стоп изучали в покое, датчик устанавливали на тыльной поверхности стопы в первом межплюсневом промежутке.

Регистрация показателей микрогемодинамики выполнялась в горизонтальном положении

исследуемого в течение 10 минут с последующей обработкой данных.

Оценка и расчет показателей микроциркуляторного русла проводилась нами в два этапа. На первом этапе рассчитывали средние значения перфузии:  $M_{cp}$  – величина среднего потока крови;  $\sigma$  – среднее колебание перфузии относительно среднего значения потока крови;  $K_v$  (коэффициент вариации) – отношение величин  $M_{cp}$  и  $\sigma$ . На втором этапе анализировали 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 (ПШ).

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

### Результаты и обсуждение

#### Диагностические характеристики базального кровотока.

Показатели микроциркуляции у больных с ишемической формой осложненного СДС ( $M \pm m$ ) Таблица.

Показатели микроциркуляции	Контроль (n=30)	Ишемическая форма (n=52)
$M_{cp}$ , пф.ед.	$2,7 \pm 0,24$	$34,41 \pm 4,57^*$
$\sigma$ , пф.ед.	$0,89 \pm 0,1$	$10,6 \pm 1,8^*$
$K_v$ , %	$39,96 \pm 4,1$	$27,4 \pm 3,81^*$
Ан, пф.ед.	$0,49 \pm 0,05$	$3,05 \pm 0,47^*$
Ам, пф.ед.	$0,41 \pm 0,05$	$2,08 \pm 0,33^*$
Аэ, пф.ед.	$0,51 \pm 0,07$	$4,31 \pm 0,82^*$
Ас, пф.ед.	$0,12 \pm 0,01$	$0,01 \pm 0,04^*$
Ад, пф.ед.	$0,21 \pm 0,04$	$1,6 \pm 0,29^*$
НТ, пф.ед.	$2,17 \pm 0,2$	$3,05 \pm 0,21^*$
МТ, пф.ед.	$2,79 \pm 0,31$	$3,91 \pm 0,38^*$
ПШ, пф.ед.	$1,4 \pm 0,05$	$1,28 \pm 0,09^*$

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

Данные о состоянии микроциркуляции у больных с ишемической формой осложненного СДС представлены в таблице

При ишемической форме осложненного СДС происходит значительное увеличение постоянной составляющей кровотока  $M_{cp}$  –  $34,41 \pm 4,57$  пф.ед. ( $p < 0,05$ ). Такое увеличение  $M_{cp}$  свидетельствует о явлениях застоя крови в артериолах и в веноулярном звене.

Повышение переменной составляющей микроциркуляции ( $\sigma$ ), до  $10,60 \pm 1,8$  пф. ед. свидетельствует о повышении модуляции кровотока ( $p < 0,05$ ). Данное повышение  $\sigma$  может обусловлено как более интенсивным функционированием механизмов активного контроля микроциркуляции, так и в результате повышения сердечных и дыхательных ритмов.

При ишемической форме осложненного СДС,  $K_v$  равен  $27,4 \pm 3,81\%$ , что достоверно ниже нормы ( $p < 0,05$ ). Значительное увеличение  $M_{cp}$  и  $\sigma$ , и уменьшение  $K_v$  ниже контрольных величин, отображает истинное состояния микроциркуляции, уменьшение этого коэффициента связано с нарушением активации эндотелиальной секреции, нейрогенного и миогенного механизмов контроля.

#### **Нейрогенные колебания (активный фактор).**

Возрастание амплитуд в нейрогенном диапазоне при ишемической форме осложненного СДС составляет  $3,05 \pm 0,47$  пф.ед., что достоверно выше нормы ( $p < 0,05$ ) и свидетельствует о нарушении контроля артериолярного тонуса симпатическими вазоконстрикторными нервами. Поэтому выраженная активация симпатических вазомоторных волокон приводит к возрастанию тонуса и увеличению жесткости сосудистой стенки.

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

В физиологическом управлении кровотока миогенный тонус является последним звеном контроля микрокровотока перед капиллярным руслом.

При ишемической форме осложненного СДС амплитуда миогенных колебаний в 4,5 раз выше контрольных величин и составляет  $2,08 \pm 0,33$  пф.ед. ( $p < 0,05$ ). Повышение миогенных колебаний способствует снижению периферического сопротивления в капиллярной сети и компенсаторно направлено на улучшение нутритивного кровотока.

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

При ишемической форме осложненного СДС амплитуда эндотелиальных колебаний значительно выше контрольных величин –  $4,31 \pm 0,82$  пф. ед. ( $p < 0,05$ ).

Микроваскулярный эндотелий осуществляет модуляцию мышечного тонуса сосудов секрецией в кровь периодически изменяющихся концентраций вазоактивных субстанций. Эндотелиальная регуляция сосудов затрагивает преимущественно прекапиллярное звено (артерии, артериолы, прекапилляры).

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

Уменьшение амплитуды пульсовой волны при ишемической форме осложненного СДС ( $0,01 \pm 0,04$  пф. ед.) достоверно ( $p < 0,05$ ). Это объясняется снижением эластичности сосудистой стенки (ангиосклероз) с одной стороны и снижением объема притока артериальной крови в микроциркуляторное русло с другой.

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

Амплитуда дыхательной волны при ишемической форме осложненного СДС в 8 раз выше контрольных величин ( $p < 0,05$ ), составляет –  $1,6 \pm 0,29$  пф. ед. Увеличение вызвано снижением градиента давления на уровне артериовенозных анастомозов. Уменьшение тока крови в микроциркуляторное русло сопровождается снижением артериовенозного давления, в ответ на это амплитуды дыхательных ритмов возрастают.

#### **Нейрогенный тонус (НТ).**

Нейрогенный тонус при ишемической форме осложненного СДС увеличивается за счет возрастания активности симпатических нервов-вазоконстрикторов –  $3,05 \pm 0,21$  пф. ед. ( $p < 0,05$ ).

Регистрируемые амплитуды осцилляции кровотока нейрогенного происхождения и величины просвета микрососудов связаны с мышечным тонусом.

#### **Миогенный тонус (МТ).**

Повышение миогенного тонуса при ишемической форме осложненного СДС вызвано атеросклеротическим изменением сосудистой стенки и длительным спазмом, направленным на удержание необходимого давления при сниженном объеме кровотока –  $3,91 \pm 0,38$  пф.ед. ( $p < 0,05$ ).

#### **Показатель шунтирования (ПШ).**

При ишемической форме осложненного

СДС, ПШ снижен и равен  $1,28 \pm 0,09$  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.

Следовательно, у больных с ишемической формой осложненного СДС, отмечается наличие микроциркуляторных нарушений, связанное, прежде всего, с уменьшением объема артериального притока.

Значительное увеличение показателей Мср. и  $\sigma$ , при низком  $K_v$  отражают нарушение симпатической регуляции микроциркуляции и артериоловеноулярных реакций. С этим связан ложновысокий показатель микроциркуляции.

При ишемической форме осложненного СДС наблюдается повышение амплитуд активных и пассивных факторов контроля. Активные факторы (нейрогенный, миогенный, эндотелиальный) непосредственно воздействуют на систему микроциркуляции, модулируя поток крови со стороны сосудистой стенки и реализуются через мышечный компонент. Пассивные факторы (пульсовой и дыхательный) влияют опосредовано и вызывают колебания кровотока вне системы микроциркуляции.

Компенсаторной реакцией является попытка улучшения микроциркуляции за счет усиления дыхательных амплитуд (пассивный фактор).

Совокупность этих данных указывает на наличие тяжелой декомпенсации микроциркуляции и критической ишемии.

Однако, в ряде случаев после успешно проведенного лечения, связанного с восстановлением магистрального артериального кровотока пораженной конечности, показатели микроциркуляции улучшались и даже приближались к контрольным величинам.

### **Выводы**

1. Микроциркуляция у больных с ишемической формой осложненного СДС характеризуется ложновысокими показателями Мср и  $\sigma$ , снижением коэффициента вариации ( $K_v$ ), что свидетельствует о явлениях застоя крови в артериолах и веноулярном звене.

2. Динамика амплитуд активных и пассивных факторов контроля микроциркуляции

свидетельствует об уменьшении объема артериального притока и нарушении симпатической иннервации.

3. Повышение нейрогенного и миогенного тонусов приводит к снижению показателя шунтирования и перераспределению крови в сторону нутритивного кровотока.

### **ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОЦИРКУЛЯТОРНОГО КРОВОТОКУ У ХВОРИХ З ІШЕМІЧНОЮ ФОРМОЮ УСКЛАДНЕНОГО СИНДРОМУ ДІАБЕТИЧНОЇ СТОПИ.**

*С.Д. Шаповал, І.Л. Савон, Є.Л. Зінич, Д.О. Смирнова, М.М. Софілканіч*

У роботі представлений аналіз показників мікроциркуляції 52 пацієнтів з ішемічною формою ускладненого синдрому діабетичної стопи. Вивчення мікроциркуляції проведено з використанням лазерної доплерівської флоуметрії, аналізатор Лакк-02. Встановлено, що у хворих з ішемічною формою ускладненого синдрому діабетичної стопи порушення мікроциркуляції були пов'язані зі зменшенням обсягу артеріального припливу. Значне збільшення показників Мср і  $\sigma$ , при низькому  $K_v$  відображають порушення симпатичної регуляції мікроциркуляції і артеріоловеноулярних реакцій. Відзначаються явища застою крові в артеріолах і веноулярних ланках, що проявляється хибновисоким середнім показником мікроциркуляції. Спостерігається підвищення амплітуд активних факторів контролю. Компенсаторною реакцією є спроба поліпшення мікроциркуляції за рахунок посилення дихальних амплітуд (пасивний фактор). Сукупність цих даних вказує на наявність важкої декомпенсації мікроциркуляції та наявність критичної ішемії.

**Ключові слова:** лазерна доплерівська флоуметрія, мікроциркуляція, ішемічна форма діабетичної стопи.

### **RESEARCH MICROCIRCULATION OF THE BLOOD-GROOVE AT PATIENTS WITH THE ISCHEMIC FORM OF THE COMPLICATED SYNDROME OF DIABETIC FOOT**

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

In work the analysis of indicators of microcirculation of 52 patients with the ischemic form of the complicated syndrome of diabetic foot is presented. Microcirculation studying is spent with use laser Doppler perfusion, analyzer LAKK-02. It is established that at patients with the ischemic form of the complicated syndrome of diabetic foot of infringement of microcirculation have been connected with reduction of volume of arterial inflow. Substantial growth of indicators of Mmed and  $\sigma$ , at low  $K_v$  reflect infringement of sympathetic regulation of microcirculation and arteriolenulyarnyh reactions. The phenomena of stagnation of blood in arterioles and venular link that is shown falsely high by a microcirculation average index are noticed. Increase of amplitudes of active factors of the control is observed. Scray reaction is attempt of improvement of microcirculation at the expense of strengthening of respiratory amplitudes (the

passive factor). Set of this data specifies in presence heavy decompensation microcirculation and presence of a critical ischemia.

**Key words:** laser Doppler perfusion, microcirculation, the ischemic form of diabetic foot.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Андрухова Р. В. Диабетична стопа – проблема сучасного суспільства / Р.В. Андрухова, М.В. Зайцев // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2005. – № 3. – С. 87-88.
2. Дедов И.И. Диабетическая стопа / И.И. Дедов, О.В. Удовиченко, Г.Р. Галстян // М. – 2005. – 175с.
3. 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.
4. Ефимов А.С. Синдром диабетической стопы / А.С. Ефимов, С.В. Болгарская, Е.В. Таран // Семейна медицина. – 2008. – № 1. – С.45-55.
5. Милуков В.Е. Сахарный диабет как хирургическая проблема / В.Е. Милуков // Анналы хирургии. – 2008. – № 3 – С. 10-14.
6. Покровский А. Диабетические макроангиопатии / А. Покровский, В. Дан, А. Чупин [и др.] – 2003. – Режим доступа: <http://medi.ru/doc/071109.htm>.
7. Сухарев И.И. Хирургия атеросклероза сосудов у больных сахарным диабетом. / И.И. Сухарев. – Киев, 1995. – 295 с.
8. Чур Н.Н. Лечение больных с хронической ишемией нижних конечностей при сахарном диабете / Н.Н. Чур // Новости хирургии. – 2008. – Т. 16, № 1. – С. 134-139.
9. Comprehensive Foot Examination and Risk Assessment: A report of the Task Force of the Foot Care Interest Group of the American Diabetes Association, with endorsement by the American Association of Clinical Endocrinologists Diabetes / J. M. Boulton, D. G. Armstrong, S. F. Albert [et al.] // Care. – 2008. – №31. – P. 1679-1685.
10. Hunt D.L. Diabetes: foot ulcers and amputations / D.L. Hunt // Clin. Evid. (Online). – 2009. – Jan 12; 2009. – P. 0602.
11. Edmonds M. Double trouble: infection and ischemia in the diabetic foot / M. Edmonds // Int. J. Low Extrem. Wounds. – 2009. – Vol. 8, № 2. – P. 62-63.
12. Long-term prognosis of diabetic patients with critical limb ischemia: a population-based cohort study / E. Faglia, G. Clerici, J. Clerissi [et al.] // Diabetes Care. – 2009. – Vol. 32, № 5. – P. 822-827.
13. Mortality of first-time amputees in diabetics: a 10-year observation / Y. Izumi, K. Satterfield, S. Lee [et al.] // Diabetes Res. Clin. Pract. – 2009. – Vol. 83, № 1. – P. 126-131.

---

Стаття надійшла 17.03.2011