

Карандашов В.И.<sup>1</sup>, Александрова Н.П.<sup>2</sup>, Островский Е.И.<sup>3</sup>**Влияние оптического излучения синего диапазона на гемодинамику у больных хронической артериальной недостаточностью**

Karandashov V.I., Alexandrova N.P., Ostrovsky E.I.

**Effects of optic irradiation of the blue range at the hemocirculation in patients with chronic arterial insufficiency**<sup>1</sup> ФГБУ «ГНЦ ЛМ им. О.К. Скобелкина ФМБА России», г. Москва<sup>2</sup> ГАУЗ «МНПЦ медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины ДЗМ», г. Москва<sup>3</sup> ГБУЗ МО «МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского», г. Москва

В статье приводятся результаты применения фототерапии в комплексном лечебно-восстановительном процессе у больных с хроническими облитерирующими заболеваниями артерий нижних конечностей (в дальнейшем – с хронической артериальной недостаточностью нижних конечностей – ХАННК). Оценка эффективности воздействия оптического излучения синим светом производилась на основе изменения показателей реологии крови и периферической гемодинамики как основных звеньев патогенеза данного заболевания. Установлено, что степень выявленных у 48 больных ХАННК изменений показателей реологии крови и параметров системной гемодинамики находится в прямой зависимости от степени ишемии. Применение в комплексе восстановительно-лечебных мероприятий у больных ХАННК фототерапии синим светом сопровождалось статистически достоверным улучшением реологии крови и кровотока как в магистральных сосудах, так и в системе микроциркуляции. *Ключевые слова:* фототерапия, реология крови, микроциркуляция, оптическое излучение, синий свет, хроническая артериальная недостаточность нижних конечностей.

The article discusses effectiveness of photochemotherapy in a comprehensive rehabilitation process in patients with chronic obliterating diseases of arteries in the lower extremities, namely, with chronic arterial insufficiency (CAI). The effectiveness of blue light optical radiation was assessed while analyzing changes in blood rheology and peripheral hemodynamics as basic parameters in the pathogenesis of this disease. 48 patients were taken into the experiment. As it has been found out, the degree of changes in blood rheology and systemic hemodynamics are in the direct proportion to the degree of ischemia. The blue light photochemotherapy applied in the comprehensive restoration therapy led to the statistically significant improvement in blood rheology and blood flow both in large vessels and in the microcirculation system. *Keywords:* photochemotherapy, blood rheology, microcirculation, optic radiation, blue light, chronic arterial insufficiency of lower extremities.

**Введение**

Болезни сердечно-сосудистой системы в большинстве развитых стран занимают первое место среди причин заболеваемости, инвалидизации и смертности. И в этом плане весьма пессимистично выглядит состояние проблемы сосудистой патологии на примере хронических облитерирующих заболеваний артерий нижних конечностей.

Как в России, так и в экономически развитых странах, где пациенты имеют возможность получать самую современную медицинскую помощь, число ампутаций у больных с хронической артериальной недостаточностью составляет от 6 до 15% в год.

В основе таких сосудистых заболеваний, как ишемическая болезнь сердца, диабетическая ангиопатия, болезнь Рейно, болезнь Бюргера, цереброваскулярная болезнь, васкулиты различного генеза, артериальная эмболия и венозные тромбозы, лежит нарушение кровотока в системе макро- и микрогемодинамики.

Причиной нарушения кровообращения при этих заболеваниях, как правило, является комплекс патологических изменений, включающих нарушение анатомической структуры или целостности сосудистой стенки, деформацию вязко-эластических свойств крови (гемореологии) и изменение ее тромботического потенциала [8, 9].

Поэтому поиск эффективных методов улучшения состояния кровотока при любой артериальной недостаточности представляет собой весьма актуальную проблему,

требующую, во-первых, всестороннего исследования патогенных факторов, обуславливающих нарушение кровообращения и, во-вторых, изучение, наряду с традиционными медикаментозными способами их коррекции, возможностей использования нетрадиционных методов лечения, таких как, например, фототерапия [4–7].

**Целью** настоящего исследования является изучение эффективности применения фототерапии синим светом для улучшения гемореологии и циркуляции крови в системе микро- и макрогемодинамики у больных ХАННК.

**Материал и методы исследования**

Обследовано 48 пациентов мужского пола в возрасте от 43 до 57 лет больных ХАННК.

По степени ишемии больные были распределены на две группы: со II степенью – 36 больных и с III степенью – 12 пациентов.

Для фототерапии синим светом применялся светодиодный аппарат «АФС Соларис» (регистрационное удостоверение № ФСР 2010/08725 от 30 августа 2010 года). Излучающая головка-модуль, снабженная волоконно-оптической насадкой, излучающая синий свет с длиной волны  $450 \pm 10$  нм, вводилась в локтевую вену больного ХАННК. Мощность на конце световода составляла 1,0–1,5 мВт. Воздействие синим светом продолжалась 40 минут, производилось через день и в целом составляло 6–8 процедур.

В процессе выполнения настоящего исследования был использован комплекс общепринятых методов оценки реологических свойств крови: вискозиметрия производилась на вискозиметре Lowshear (Швейцария), агрегация эритроцитов – на нефелометре-калориметре ФЭК-56М, гематокрит измеряли на центрифуге фирмы «Аутокрит» (США), деформируемость эритроцитов определяли с помощью фильтрационной установки фирмы «Sartorius».

Первичная оценка эффективности лечения синим светом производилась по клиническим признакам улучшения течения болезни методикой подсчета количества безболевых шагов.

Наряду с этим осуществлялась объективная инструментальная оценка изменения кровотока в больных конечностях с использованием метода ультразвуковой флоуметрии. Параметры кровообращения регистрировались УЗ-флоуметром МЭВИС-200 фирмы ПИККЕР на фиксированном участке бедренной артерии вне зоны окклюзии.

### Результаты и их обсуждение

В настоящее время значительно пересмотрены взгляды и дополнены представления на патогенез хронической артериальной недостаточности. В частности, выявлено, что ХАННК сопровождается выраженными гемореологическими расстройствами в виде повышения вязкости крови, нарушения текучести ее форменных элементов и последующего изменения кровотока в системе микро- и макрогемодинамики [1, 3].

Значение гемореологических нарушений в патогенезе ХАННК весьма существенно, так как именно эти изменения влияют на транспортную систему крови и жизнеобеспечение функциональных систем организма больных. В этой связи, оценивая причины зачастую малой эффективности базисного медикаментозного лечения больных ХАННК, можно предположить, что в условиях недостаточности системы кровообращения и нарушения структуры самой крови, препараты, назначаемые больным, не всегда достигают своей цели.

Для удобства анализа фактического материала, полученного на первом этапе настоящего исследования, нами было выделено три условных уровня гемореологических нарушений.

**Первый уровень** соответствует нормальным значениям вязкости крови при том, что остальные гемореологические параметры могут быть в той или иной степени изменены. Реологический статус таких больных рассматривается нами как «средний или сбалансированный уровень», при котором диапазон колебаний вязкостных параметров составляет от 12 до 24 сантипуаз (сП).

**Второй уровень** соответствует среднему, наиболее часто встречаемому у больных отклонению вязкостных показателей крови от нормы и определяется нами как «средний уровень» гемореологических нарушений (диапазон колебаний вязкостных параметров составляет от 25 до 100 (сП).

**Третий уровень** соответствует максимальным отклонениям вязкости крови от нормы и рассматривается как уровень «крайних значений» или «критический уровень» гемореологических расстройств (диапазон колебаний вязкостных показателей составляет от 101 до 150 сП).

Проведенные нами исследования продемонстрировали, что при поступлении в стационар у 75% больных с хронической артериальной недостаточностью (II степень ишемии) отмечается средний уровень гемореологических нарушений и у 25% (III степень ишемии) – критический уровень. При этом выявлена прямая зависимость между выраженностью гемореологических расстройств и степенью ишемии: чем тяжелее степень ишемии, тем грубее гемореологические расстройства (табл. 1).

Выявленным нарушениям реологических свойств крови в обследуемых группах больных соответствовали показатели периферической гемодинамики (табл. 2).

У больных с III степенью ишемии они статистически достоверно были хуже, чем аналогичные параметры у больных ХАННК со II степенью ишемии. Исключение составляет показатель, характеризующий просвет сосу-

Таблица 1

Показатели реологии крови у больных ХАННК с различной степенью ишемии до лечения и после фототерапии синим светом

| Показатели                                                    | Практически здоровые люди (n = 14) | Гемореологические параметры у больных ХАННК со II степенью ишемии до лечения (n = 36) | Гемореологические параметры у больных ХАННК со II степенью ишемии после фототерапии (n = 36) | Гемореологические параметры у больных ХАННК с III степенью ишемии до лечения (n = 12) | Гемореологические параметры у больных ХАННК с III степенью ишемии после фототерапии (n = 12) |
|---------------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Структурная вязкость крови $\gamma = 1\text{с}^{-1}$ (сПз)    | 18,9 ± 0,94                        | 61,9 ± 4,04*                                                                          | 48,3 ± 3,1**                                                                                 | 148,9 ± 12,4*                                                                         | 127,0 ± 2,74**                                                                               |
| Динамическая вязкость крови $\gamma = 128\text{с}^{-1}$ (сПз) | 3,65 ± 0,06                        | 5,65 ± 0,16*                                                                          | 4,49 ± 0,12**                                                                                | 6,39 ± 0,013*                                                                         | 5,41 ± 0,11**                                                                                |
| Гематокрит (л/л)                                              | 0,44 ± 0,01                        | 0,48 ± 0,01*                                                                          | 0,470 ± 0,06**                                                                               | 0,49 ± 0,01*                                                                          | 0,47 ± 0,01**                                                                                |
| Агрегация эритроцитов (%)                                     | 34,91 ± 2,5                        | 66,3 ± 4,8*                                                                           | 49,1 ± 5,1**                                                                                 | 76,3 ± 6,8*                                                                           | 60,07 ± 2,91**                                                                               |
| Фильтруемость эритроцитов (мл/мин) – (деформируемость)        | 5,7 ± 0,2                          | 4,1 ± 0,2*                                                                            | 4,9 ± 0,1**                                                                                  | 3,7 ± 0,1*                                                                            | 4,2 ± 0,1**                                                                                  |

Примечание. \* P < 0,05 – различия достоверны при сравнении гемореологических показателей у практически здоровых людей и у больных с ХАННК до лечения; \*\* P < 0,05 – различия достоверны при сравнении гемореологических показателей в группах больных с различной степенью ишемии.

Таблица 2

**Показатели периферической гемодинамики у больных ХАННК с различной степенью ишемии до лечения и после фототерапии синим светом**

| Показатели периферической гемодинамики | Показатели периферической гемодинамики у больных ХАННК со II степенью ишемии до лечения (n = 36) | Показатели периферической гемодинамики у больных ХАННК со II степенью ишемии после фототерапии синим светом (n = 36) | Показатели периферической гемодинамики у больных ХАННК с III степенью ишемии до лечения (n = 12) | Показатели периферической гемодинамики у больных ХАННК с III степенью ишемии после фототерапии синим светом (n = 12) |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Линейная скорость кровотока (см/сек)   | 9,8 ± 0,02*                                                                                      | 12,4 ± 0,12                                                                                                          | 7,6 ± 0,04                                                                                       | 9,6 ± 0,03                                                                                                           |
| Объемная скорость кровотока (мл/мин)   | 93,7 ± 2,1*                                                                                      | 140,0 ± 2,2                                                                                                          | 86,1 ± 1,73                                                                                      | 136,7 ± 3,2                                                                                                          |
| Диаметр просвета сосуда (мм)           | 4,6 ± 0,1                                                                                        | 6,4 ± 0,3                                                                                                            | 4,4 ± 0,2                                                                                        | 5,9 ± 0,1                                                                                                            |

*Примечание.* \* P < 0,05 – различия достоверны при сравнении показателей периферической гемодинамики в группах больных ХАННК с различной степенью ишемии.

дов, который был практически одинаковый у больных в обеих группах.

Данный факт, по-видимому, обусловлен тем, что процесс облитерации сосудов в организме происходит медленнее, чем реакция крови на изменение физических параметров гемодинамики. Поэтому при одинаково измененном просвете сосудов у больных с различной степенью ишемии влияние гемореологических расстройств на показатели линейной и объемной скорости кровотока существенно различается.

Возникает порочный круг: чем больше степень ишемии, тем более изменены реологические параметры крови, тем больше они влияют на дальнейшую ишемизацию тканей и ухудшение параметров периферической гемодинамики.

На втором этапе настоящего исследования мы определяли реологический статус больных ХАННК и состояние у них микрогемодинамики после восстановительно-лечебных мероприятий, в состав которых была включена фототерапия синим светом (ФГТ).

Как видно из представленных в табл. 1, 2 данных, у больных ХАННК после воздействия на кровь синего света отмечаются улучшения показателей реологии крови и параметров периферической гемодинамики. При этом эти улучшения статистически достоверно выше в группе ХАННК со II степенью ишемии.

Так, положительные изменения структурной и динамической вязкости крови, усиление дезагрегационных свойств эритроцитов и увеличение их деформируемости, в группе больных со II степенью ишемии были на 5–8% больше по сравнению с больными с III степенью ишемии.

Следует отметить, что данные изменения гемореологических параметров в сторону их улучшения, необходимо считать весьма эффективным результатом воздействия синего света на кровь ввиду того, что эти нарушения имеют очень стойкий, инертный характер и достаточно трудно поддаются коррекции [1, 2].

Последнее обстоятельство обусловлено тем, что больные ХАННК имеют отягощенный терапевтический статус в виде недостаточности кровообращения различной степени, воспалительных процессов и нарушения обмена веществ – заболеваний, которые сами по себе уже сопровождаются нарушением реологии крови и изменением ее тромботического потенциала.

Поэтому начальный уровень гемореологических расстройств, наряду с нейрогуморальными факторами, регулирующими кровообращение в системе микроциркуляции, в значительной мере определяют степень ишемического поражения тканей у больных ХАННК.

Согласно данным, полученным с помощью метода ультразвуковой флоуметрии, улучшение кровотока произошло у 43 больных из 48 обследованных, у 5 больных он остался без изменения.

Анализ показателей периферической гемодинамики у больных ХАННК показал, что у пациентов с ишемией II степени, изначально имеющих более высокую линейную скорость кровотока, после проведения фототерапии синим светом статистически достоверных изменений этого показателя не произошло, в то время как возрос объемный кровоток. Причиной этого может быть как улучшение текучести крови, так и увеличение диаметра просвета артерий (табл. 2).

Как известно, объемная скорость кровотока (Q) прямо пропорциональна четвертой степени радиуса сосуда ( $r^4$ ). Поэтому при увеличении радиуса сосуда на 16% объемная скорость тока жидкости возрастает на 100%. Из этого следует, что даже незначительные изменения ширины просвета кровеносных сосудов сильно отражаются на характеристиках кровотока.

У больных ХАННК с ишемией III степени показатели линейной и объемной скорости кровотока, а также просвет сосудов после воздействия синим светом также статистически достоверно возросли.

В настоящее время мы не имеем ответа на вопрос о том, как влияет синий свет на морфологическое строение склерозированно-измененной стенки сосуда. Мы можем лишь предположить, что увеличение просвета сосуда у больных после фототерапии обусловлено специфическим, релаксирующим влиянием синего света на гладкую мускулатуру сосудов, которое сопровождается устранением имеющейся у данной категории больных вазоконстрикции.

### Заключение

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать вывод: воздействие на организм человека оптическим излучением  $\lambda = 450 \pm 10$  нм (синий свет) приводит к улучшению кровотока как в

магистральных сосудах, так и в системе микроциркуляции.

Подтверждением сказанному являются проведенные ранее клинические испытания, на основании которых был получен патент РФ на «Способ лечения заболеваний сосудов» № 2119361 [4]. Полученные результаты статистически достоверно подтвердили, что оптическое излучение синим светом сопровождается увеличением у больных ХАННК количества безболевых шагов с 40–250 при поступлении в стационар до 450–2000 шагов и возрастанием магистральной скорости кровотока с  $1,31 \pm 0,12$  до  $2,51 \pm 0,32$  мл/мин ( $P < 0,05$ ).

### Литература

1. Александрова Н.П., Фирсов Н.Н. Особенности реологии крови у больных острым артериальным и венозным тромбозом // Тромбоз, гемостаз и реология. – 2014. – № 3 (59). – С. 67–71.
2. Андожская Ю.С. Возможности эффективного применения трентала в сочетании с внутрисосудистым лазерным облучением крови у больных с облитерирующим атеросклерозом артерий нижних конечностей // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2014. – Т. 13. – № 1 (49). – С. 64–67.
3. Генкель В.В., Салашенко А.О., Алексеева О.А., Шапошник И.И. Эндотелиальная скорость сдвига и сосудистая жесткость на локальном и региональном уровнях у пациентов на разных стадиях атерогенеза // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2016. – Т. 15. – № 3 (59). – С. 50–56.
4. Карандашов В.И. «Способ лечения заболеваний сосудов» патент РФ № 2119361. Бюл. № 22. – 1998.
5. Карандашов В.И., Петухов Е.Б., Зродников В.С. Квантовая терапия. – М.: Медицина, 2004. – 390 с.
6. Карандашов В.И. Особенности оптического излучения в синем диапазоне спектра и перспективы использования его в практической медицине // Лазерная медицина. – 2013. – Т. 17. – № 2. – С. 49–55.
7. Карандашов В.И. Ультрафиолетовое облучение крови в лечении заболеваний сосудов нижних конечностей // Лазерная медицина. – 2017. – Т. 21. – № 1. – С. 4–11.
8. Муравьев А.В., Ройтман Е.В., Тихомирова И.А. Деформируемость эритроцитов: механизмы срочной адаптации // Тромбоз, гемостаз и реология. – 2013. – № 3 (55). – С. 4–17.
9. Соколова А.И., Кошелев В.Б. Синдром повышенной вязкости крови // Технологии живых систем. – 2011. – Т. 8. – № 6. – С. 17–21.

Поступила в редакцию 17.12.17 г.

Для контактов: Карандашов Владимир Иванович  
E-mail: kvi42@list.ru

УДК 615.5-002.44-009.85-031.38-89

Мараев В.В.<sup>1</sup>, Елисеенко В.И.<sup>2</sup>, Мусаев М.М.<sup>1</sup>

## Лазерные технологии в лечении длительно не заживающих язв различного генеза

Maraev V.V., Eliseenko V.I., Musaev M.M.

### Laser technologies in treatment of long-term non-healing ulcers of various Genesis

<sup>1</sup> Сеть клиник «Ви Терра», г. Москва

<sup>2</sup> «ФГБУ ГНЦ ИМ им. О.К. Скобелкина ФМБА России», г. Москва

**Цель исследования.** Оценить эффективность лечения длительно не заживающих ран и трофических язв различного генеза путем применения низкоинтенсивного инфракрасного лазерного излучения. **Материалы и методы.** Проведен анализ результатов амбулаторного обследования и лечения 102 больных с синдромом диабетической стопы и 104 больных с венозными язвами. Лазерное воздействие осуществляли с помощью инфракрасного лазера «Мустанг», длина волны – 0,89 мкм, частота – 80 Гц, мощность – 10 Вт, экспозиция – 2 мин на одну зону. Терапевтическое воздействие осуществляли паравертебрально по зонам сегментарной иннервации (ганглии пояснично-крестцовой области), на область проекции крупных сосудов (бедренной и подколенной артерий, артерии тыла стопы) с обеих сторон, и на заднюю группу мышц голени с обеих сторон. Курс лазерной терапии включал 10 сеансов. **Результаты.** Применение низкоинтенсивного инфракрасного лазерного излучения для лечения длительно не заживающих ран и трофических язв у больных с синдромом диабетической стопы способствовало сокращению сроков очищения раневых дефектов в 1,7 раза, появлению грануляций в 1,3 раза и заживления (эпителизация на 50%) в 1,3 раза. У больных с венозными язвами средние сроки очищения язв от девитализированных тканей составили  $5,2 \pm 0,7$  сут, появление грануляционной ткани отмечено на  $6,4 \pm 0,5$  сут, а заживление (эпителизация на 50%) – на  $12,1 \pm 1,2$  сут. **Заключение.** У больных с диабетическими язвами низкоинтенсивное инфракрасное лазерное излучение способствует быстрому очищению раневой поверхности от гнойно-некротического детрита, усилению фагоцитоза, нормализации микроциркуляции, ослаблению воспалительной инфильтрации, усилению макрофагальной реакции и пролиферации фибробластов и стимуляции ангиогенеза. Анализ исследований микроциркуляции у больных с венозными язвами лазерное излучение активизирует транскapиллярный обмен, способствует восстановлению структуры и функции микроциркуляторного русла за счет повышения миогенной активности гладкомышечных клеток артериол и прекапилляров. **Ключевые слова:** трофические язвы, диабетические язвы, лазер.

**Purpose.** To assess effectiveness of low-level infrared laser light in the treatment of non-healing wounds and trophic ulcers of various genesis. **Materials and methods.** 102 patients with diabetic foot syndrome and 104 patients with venous ulcers – who had outpatient examination and treatment – were taken into the study. Infrared laser «Mustang» (wavelength 0.89 μm, frequency 80 Hz, power 10W, exposure 2 min per zone) was used. Irradiation was made paravertebrally at segmental innervation zones (ganglia of lumbosacral region), at the projection of large vessels (femoral and popliteal arteries, arteries of foot backside) bilaterally and at the back group of calf muscles on both sides. Laser therapy course consisted of 10 sessions. **Results.** Low-level infrared laser irradiation in patients with diabetic foot syndrome having non-healing wounds and trophic ulcers reduced wound defect clearance by 1.7 times; granulation process was improved by 1.3 times and healing (epithelization by 50%) process was accelerated by 1.3 times. In patients with venous ulcers, lesions cleared of devitalized tissues in  $5.2 \pm 0.7$  days; granulation tissue appeared in