

УДК 616.5-005-085.849.19

Динамика состояния сосудистого русла кожи при лазерном воздействии различной мощности

Е. С. Головнева^{1, 2}, М. Г. Кудрина¹, Ж. А. Ревель-Муроз^{1, 2}

¹ Государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Многопрофильный центр лазерной медицины», Челябинск, Россия

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Челябинск, Россия

Dynamics of the state of the vascular bed of the skin exposure to different power of laser influence

E. S. Golovneva^{1, 2}, M. G. Kudrina¹, J. A. Rewel-Muroz^{1, 2}

¹ Multidisciplinary Center of Laser Medicine, Chelyabinsk, Russia

² South-Urals State Medical University, Chelyabinsk, Russia

Аннотация. В работе изучалась динамика относительной плотности сосудистого русла кожи после лазерного инфракрасного воздействия (970 нм) в непрерывном режиме мощностью 1, 3 и 5 Вт на переднюю брюшную стенку крыс линии Вистар. Через 1 час после лазерного облучения происходило увеличение удельной плотности сосудов кожи живота во всех экспериментальных группах, при этом в коже спины наблюдалось достоверное снижение изучаемого показателя. На сроках исследования 1 и 5 суток относительная плотность сосудов кожи живота в группах 3 Вт и 5 Вт оставалась выше уровня контроля. Максимальные значения относительной плотности сосудов на всех сроках исследования отмечались в группе 5 Вт. Таким образом, мощность 5 Вт является предпочтительной для проведения дальнейших экспериментов по изучению влияния высокоинтенсивной лазерной терапии на состояние микроциркуляции, так как вызывает наиболее выраженную длительную сосудистую реакцию.

Ключевые слова: сосуды; кожа; лазер; мощность излучения.

Abstract. We studied the dynamics of relative skin vascular density after laser infrared exposure (970 nm), continuous wave, 1, 3 and 5 W on the anterior abdominal wall of Wistar rats. 1 hour after laser irradiation, the relative density of abdominal skin vessels increased in all experimental groups, while a significant decrease was observed in the back skin. At the observation period of 1 and 5 days, the relative abdominal skin vascular density in the 3 W and 5 W groups remained above the control level. The maximum values of the relative vascular density were observed in 5 W group at all periods. Thus, the power of 5 W is preferred for further experiments to study the effect of high-intensity laser therapy on the state of microcirculation, since it causes the most pronounced long-term vascular reaction.

Keywords: blood vessels; skin; laser; power.

В последние годы в медицинской практике активно применяются различные виды лазерных воздействий на ишемизированные ткани для восстановления кровотока. Атеросклероз, диабетическая ангиопатия, облитерирующий эндартериит затрагивают не только крупные артерии, но и сосуды микроциркуляторного русла. В лечении микроангиопатий остается множество нерешенных задач, что требует разработки новых медицинских технологий, в том числе и лазерных [3, 4, 6]. Показаны возможности хирургического высокоинтенсивного лазерного воздействия активировать микроциркуляцию и неоваскуляризацию в ответ на развитие воспалительной реакции после дозированного повреждения тканей [4]. Низкоинтенсивная лазерная терапия не вызывает термической травмы тканей, но может стимулировать микроциркуляцию, устраняя сосудистый спазм и нормализуя нервно-рефлекторную и миогенную регуляцию кровотока [2, 7]. Мы полагаем, что применение высокоинтенсивной лазерной терапии, сочетающей мощность излучения, характерную для хирургических лазеров, и неин-

вазивный режим воздействия на ткани, может быть максимально эффективным способом активации кровотока. Несмотря на имеющиеся отдельные примеры успешного применения высокоинтенсивной лазерной терапии для лечения заболеваний суставов и мягких тканей [8, 9], этот новый вид лазерного воздействия остается малоизученным. В частности, отсутствуют сведения о дозозависимых реакциях сосудистого русла тканей, подвергавшихся высокоинтенсивной лазерной терапии.

Цель работы: изучить влияние мощности лазерного инфракрасного воздействия на динамику относительной плотности сосудистого русла кожи живота и спины крысы.

Материалы и методы. *Животные.* Эксперимент проводили на белых беспородных крысах-самцах в возрасте 3–4 месяца, массой 200–220 г, содержащихся в клетках по три особи при открытом доступе к пище и воде в условиях вивария при температуре 24–26 °С и естественной освещенности. Экспериментальный этап проведен с соблюдением требований

биоэтики и гуманного обращения с животными. Формировали следующие экспериментальные группы:

1) контроль — крысы без лазерного воздействия (n = 6);

2) лазерное воздействие мощностью 1 Вт (n = 18);

3) лазерное воздействие мощностью 3 Вт (n = 18);

4) лазерное воздействие мощностью 5 Вт (n = 18).

Лазерное воздействие. Использовался лазер на инфракрасных диодах с длиной волны 970 нм с непрерывным режимом генерации («ИРЭ-Полнос», Россия), время воздействия 60 с, дистанционно, кварцевый световод располагали на расстоянии 0,5 см от поверхности кожи в области передней брюшной стенки и перемещали сканирующими движениями над всей облучаемой поверхностью площадью 2 см². Животные находились в положении на спине, фиксированные на хирургическом столике за конечности, под в/м анестезией препаратом «Золетил 100» (Virbac, Франция) в дозе 10 мг/кг.

Забор биологического материала. Выведение животных из эксперимента и взятие гистологического материала проводили через 1 час, 1 сутки и 5 суток после лазерного воздействия путем передозировки ингаляционного анестетика.

Морфометрический анализ. Образцы кожи передней брюшной стенки, подвергавшиеся лазерному воздействию, и кожи спины, расположенные напротив зоны облучения, фиксировали в нейтральном формалине, после стандартной гистологической проводки

получали парафиновые срезы, которые окрашивали гематоксилином и эозином. Для микроскопических исследований использовался микроскоп LEICA DMRXA (Германия) с помощью цифровой видеокамеры LEICA DFC 290 (Германия). Формирование библиотеки файлов и анализ изображений обеспечивались программой ImageScore M (2008 г., Германия). Морфометрический анализ гистологических срезов заключался в определении абсолютной площади сосудов и стромы в поле зрения при оценке 10 полей в каждом срезе (при увеличении 400) с последующим вычислением относительной плотности сосудистого русла (сосудисто-стромальное соотношение) и выражением ее в процентах.

Статистическая обработка результатов. Полученные данные анализировались при помощи пакета прикладных программ IBM SPSS Statistics 20 (2014) непараметрическими методами с вычислением медианы, верхнего и нижнего квартилей (Me [Q₁; Q₃]). Значимость различий для трех и более групп оценивали по H-критерию Крускала — Уоллеса, затем проводили попарное сравнение независимых групп (U-критерий Манна — Уитни). При вероятности ошибки p < 0,05 различия в группах считались статистически значимыми.

Результаты исследования. Лазерное воздействие мощностью 1, 3 и 5 Вт на область передней брюшной стенки крысы приводило к статистически значимому увеличению относительной площади сосудов кожи живота по сравнению с контролем (таблица 1).

Таблица 1

Относительная площадь сосудистого русла в коже живота и спины после лазерного воздействия различной мощности (Me [Q₁; Q₃])

Мощность	Срок	Относительная площадь сосудистого русла в коже живота, vessel area, %	p	Относительная площадь сосудистого русла в коже спины, %	p
Контроль (1)		4,12 [3,25; 4,72]	—	3,18 [3,68; 4,77]	—
1 Вт (2)	1 час	8,55 [7,83; 9,45]	p ₁₋₂ = 0,002	2,45 [2,28; 2,58]	p ₁₋₂ = 0,002
	1 сут.	4,73 [4,18; 4,93]	p ₁₋₂ = N/s	3,58 [2,93; 4,35]	p ₁₋₂ = N/s
	5 сут.	3,99 [2,60; 4,86]	p ₁₋₂ = N/s	4,25 [3,59; 4,86]	p ₁₋₂ = N/s
3 Вт (3)	1 час	9,55 [9,42; 9,81]	p ₁₋₃ = 0,002	2,72 [2,13; 2,98]	p ₁₋₃ = 0,002
	1 сут.	5,44 [5,17; 6,00]	p ₁₋₃ = 0,007	3,45 [2,62; 4,07]	p ₁₋₃ = N/s
	5 сут.	5,07 [4,74; 5,92]	p ₁₋₃ = 0,028	3,72 [2,35; 4,39]	p ₁₋₃ = N/s
5 Вт (4)	1 час	13,09 [9,50; 18,16]	p ₁₋₄ = 0,004 p ₂₋₄ = 0,001 p ₃₋₄ = 0,002	2,62 [1,69; 3,20]	p ₁₋₄ = 0,016 p ₂₋₄ = N/s p ₃₋₄ = N/s
	1 сут.	8,48 [8,13; 8,91]	p ₁₋₄ = 0,002 p ₂₋₄ = 0,001 p ₃₋₄ = 0,002	4,10 [3,14; 4,47]	p ₁₋₄ = N/s p ₂₋₄ = N/s p ₃₋₄ = N/s
	5 сут.	7,36 [6,88; 8,12]	p ₁₋₄ = 0,004 p ₂₋₄ = 0,002 p ₃₋₄ = 0,004	3,22 [2,99; 4,98]	p ₁₋₄ = N/s p ₂₋₄ = N/s p ₃₋₄ = N/s

Примечание: p — уровень статистической значимости при сравнении результатов эксперимента; N/s — результат статистически незначимый.

Максимальное значение показателей во всех группах отмечалось через 1 час после воздействия, при этом использование мощности 5 Вт приводило к наибольшему увеличению площади сосудистого русла.

На сроках 1 и 5 суток в группе воздействия с мощностью 1 Вт площадь сосудистого русла кожи живота не отличалась от уровня контроля. При применении лазерного воздействия мощностью 3 Вт и 5 Вт показатели относительной площади сосудов кожи живота сохранялись на уровне выше контрольных образцов на всех сроках исследования и в группе 5 Вт достоверно превышали показатели группы 3 Вт.

В коже спины отмечалось достоверное снижение относительной площади сосудистого русла на сроке 1 час после воздействия всех изучаемых мощностей лазерного воздействия. На сроке 1 и 5 суток отличий между опытом и контролем не выявлялось.

Показатель относительной плотности сосудистого русла после высокоинтенсивного лазерного терапевтического воздействия может характеризовать не только состояние микрососудов, но механизмы регуляции тканевого кровотока [4, 5] в ответ на локальный нагрев. После лазерного облучения кожи реализуются терморефлексы с участием симпатической системы и снижением миогенного тонуса сосудистой стенки [1], что приводит к увеличению относительной плотности сосудистого русла в коже живота и происходит одновременно с рефлекторным повышением сосудистого тонуса в коже спины на сроке 1 час после воздействия.

Длительная активация микроциркуляции и увеличение относительной площади сосудов в ответ на лазерное воздействие объясняются развитием каскада фотохимических реакций, связанных с кальцийзави-

мыми процессами в клетках, повышением локального уровня оксида азота и вазоактивных медиаторов тучных клеток, факторов роста и ферментов [2, 4, 7]. Однако известно, что увеличение мощности лазерного воздействия не всегда приводит к ожидаемому усилению терапевтического эффекта, а может вызвать и обратное действие. При этом имеются особенности органных и тканевых реакций на лазер, в частности ранее было показано, что костный мозг, тимус и щитовидная железа чувствительны к превышению определенной оптимальной дозы лазерной энергии [2, 5].

Все изученные в представленной работе варианты лазерного воздействия были одинаковы по времени облучения, но использовалась различная мощность, то есть удельная доза (энергия) лазерного воздействия увеличивалась параллельно с увеличением мощности: 1 Вт — 30 Дж/см², 3 Вт — 90 Дж/см², 5 Вт — 150 Дж/см². Исходя из полученных нами данных, ответная реакция сосудов кожи на лазер характеризовалась прямой зависимостью от энергии воздействия, усиливаясь по мере повышения мощности. Ограничением этой адаптивной реакции должно являться получение кожей лазерной энергии, которая вызовет термическое повреждение ткани, то есть нагрев до температуры коагуляции белковых структур (выше 41 °С).

Заключение. Повышение мощности лазерного воздействия от 1 до 5 Вт вызывало дозозависимое увеличение относительной плотности сосудистого русла кожи, причем воздействие мощностью 3 Вт и 5 Вт приводило к длительной перестройке микроциркуляции. Мощность 5 Вт является предпочтительной для проведения дальнейших экспериментов по изучению влияния высокоинтенсивной лазерной терапии на состояние микроциркуляции.

Литература

1. Астахова, М. И. Особенности микроциркуляции в кожных рубцах после воздействия высокоинтенсивным лазерным излучением красного и ближнего инфракрасного диапазона / М. И. Астахова, Л. В. Астахова // Актуальные проблемы лазерной медицины : сборник научных трудов / под ред. Н. Н. Петрищева. – Санкт-Петербург, 2016. – С. 259–261.
2. Булякова, Н. В. Состояние тимуса и костного мозга у крыс после лазерного облучения скелетных мышц и физической нагрузки на облученных животных / Н. В. Булякова, В. С. Азарова // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. – 2016. – Т. 15, № 1. – С. 37–42.
3. Васильев, А. П. Состояние микроциркуляции у больных атеросклерозом и сахарным диабетом после реваскуляризации конечности / А. П. Васильев, Н. Н. Стрельцова, И. С. Бессонов, А. В. Коротких // Ангиология и сосудистая хирургия. – 2020. – Т. 26, № 1. – С. 22–28.
4. Головнева, Е. С. Динамика уровня основного фактора роста фибробластов в процессе неоангиогенеза, стимулированного воздействием высокоинтенсивного лазерного излучения / Е. С. Головнева // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2002. – Т. 134, № 7. – С. 109–111.
5. Головнева, Е. С. Влияние многократного инфракрасного лазерного облучения зон локализации красного костного мозга на показатели эритроцитарного звена периферической крови / Е. С. Головнева, Н. Н. Шакиров, Т. Г. Кравченко, А. Г. Омеляненко, И. А. Попова // Лазерная медицина. – 2013. – Т. 17, № 4. – С. 33–35.
6. Епифанова, Е. А. Хроническая критическая ишемия конечностей / Е. А. Епифанова, А. Г. Епифанов // Российский научный журнал. – 2007. – № 1. – С. 49–58.
7. Москвин, С. В. Эффективность лазерной терапии / С. В. Москвин. – Т. 2. – Москва ; Тверь : Триада, 2014. – 896 с.
8. Ezzati, K. The Beneficial Effects of High-Intensity Laser Therapy and Co-Interventions on Musculoskeletal Pain Management: A Systematic Review / K. Ezzati, E. L. Laakso, A. Salari, A. Hasannejad, R. Fekrazad, A. Aris // J. Lasers Med. Sci. – 2020. – Т. 11, № 1. – С. 81–90.
9. Song, H. J. Effectiveness of high-intensity laser therapy in the management of patients with knee osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials / H. J. Song, H. J. Seo, D. Kim // J. Back Musculoskelet. Rehabil. – 2020. – Т. 33, № 6. – С. 875–884.

Сведения об авторах

Головнева Елена Станиславовна, д-р мед. наук, профессор кафедры нормальной физиологии имени академика Ю. М. Захарова ФГБОУ ВО ЮУГМУ Минздрава России, зам. директора по научно-исследовательской работе ГБУЗ «Многопрофильный центр лазерной медицины»

Адрес: 454092, г. Челябинск, ул. Воровского, 64; телефон 8 351 232-74-67; электронная почта micron30@mail.ru

Кудрина Марианна Геннадьевна, научный сотрудник ГБУЗ «Многопрофильный центр лазерной медицины»
Электронная почта mariashaw@yandex.ru

Ревель-Муроз Жан Александрович, д-р мед. наук, директор ГБУЗ «Многопрофильный центр лазерной медицины», доцент кафедры хирургии ИДПО ФГБОУ ВО ЮУГМУ Минздрава России
Электронная почта jearetm@mail.ru

УДК 616.142

Особенности клинической картины у пациентов с остеоартрозом коленных суставов и сочетанным поражением вен нижних конечностей

Э. А. Щеглов

Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия

Features of the clinical picture in patients with osteoarthritis of the knee joints and combined lesions of the veins of the lower limb

E. A. Shcheglov

Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia

Аннотация. Цель исследования: выявить особенности клинических проявлений сочетания варикозной болезни нижних конечностей и остеоартроза коленных суставов. **Материалы и методы.** В исследовании приняли участие 125 пациентов, страдающих варикозной болезнью в сочетании с остеоартрозом коленных суставов, в возрасте старше 40 лет. Средняя длительность заболевания варикозной болезнью — $(12,7 \pm 6,8)$ года, остеоартрозом коленных суставов — $(7,9 \pm 5,4)$ года. Оценивали выраженность болевого синдрома по визуально-аналоговой шкале, индекс Лекена, наличие проявлений синовита по данным ультразвукового исследования. **Результаты исследования.** Болевой синдром у пациентов с флебогонартрозом характеризуется усилением болей в коленном суставе в вечерние часы как в покое, так и при движении. Кроме того, у этих пациентов достоверно чаще встречаются ультразвуковые признаки реактивного синовита коленного сустава. **Выводы.** Наличие сочетанной патологии усугубляет клиническую картину, приводит к усилению болевого синдрома в вечернее и ночное время, повышает частоту встречаемости синовита коленного сустава.

Ключевые слова: варикозная болезнь нижних конечностей; артроз коленных суставов; гонартроз; хронические заболевания вен; хроническая венозная недостаточность.

Abstract. The aim of the study: to identify the features of clinical manifestations of the combination of varicose veins of the lower extremities and osteoarthritis of the knee joints. **Materials and methods.** The study involved 125 patients suffering from varicose veins in combination with osteoarthritis of the knee joints over the age of 40 years. The average duration of varicosity was (12.7 ± 6.8) years, and for osteoarthritis of the knee joints (7.9 ± 5.4) years. The severity of pain syndrome was assessed using a visual analogue scale, the Lequesne index, and the presence of manifestations of synovitis according to ultrasound data. **Results of the study.** Pain syndrome in patients with phlebogonarthrosis is characterized by increased pain in the knee joint in the evening hours, both at rest and with movement. In addition, ultrasound signs of reactive synovitis of the knee joint are significantly more common in these patients. **Conclusions.** The presence of concomitant pathology aggravates the clinical picture, leads to increased pain in the evening and at night, and increases the incidence of synovitis of the knee joint.

Keywords: lower limbs varicose veins; knee osteoarthritis; chronic vein insufficiency.

Остеоартроз представляет собой одну из наиболее актуальных проблем современной ревматологии и клинической медицины в целом. По данным Института ревматологии, заболевание поражает до 12% трудоспособного населения [4]. За последние годы XX в.

нетрудоспособность, вызванная развитием артроза, выросла в 3–5 раз [5]. Остеоартроз составляет до 50% всех поражений суставов, часто поражая лиц трудоспособного возраста и вызывая длительную утрату трудоспособности [1].