

УДК 616.14-008.64-06:616.5-002.44-073:772.962

DOI: 10.24884/1682-6655-2020-19-2-38-42

Г. В. ЯРОВЕНКО

Диагностические возможности тепловизионного исследования трофических язв

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Самара, Россия
443079, Россия, г. Самара, пр. Карла Маркса, д. 165Б
e-mail: yarovenko_galina@mail.ru

Статья поступила в редакцию 23.12.19; принята к печати 22.04.20

Резюме

Хроническая венозная недостаточность (ХВН) зачастую сопровождается трофическими изменениями мягких тканей. Лечение таких пациентов длительное и, достаточно часто, малоэффективное. Рецидив трофической язвы достигает 30 % и приводит к снижению качества жизни и неудовлетворенностью консервативным и даже оперативным лечением. Цель – объективизация изменений микроциркуляторного русла и компенсаторных возможностей коллатерального кровообращения на нижних конечностях при осложненных формах ХВН. *Материалы и методы.* Исследования проводили на установке «Линсор», которая давала характеристику биоткани по изменению интенсивности рассеянного света и на тепловизоре, позволяющем определять температуру в точке с точностью до 0,001° с последующей программной обработкой изображения. Обследование выполняли 3–4 раза в динамике лечебного процесса и перед выпиской пациента со стандартного расстояния – 1,5 м. Изучено состояние мягких тканей у 23 пациентов с ХВН нижних конечностей и наличием открытых трофических язв. Женщин было 21, мужчин – 2, средний возраст составил 45,2±3,6 года. Площадь язвенного дефекта варьировала от 5,7 до 15,3 см². Из обследования были исключены пациенты с обширными или циркулярными трофическими язвами, так как за срок госпитализации не наступала эпителизация язвенного дефекта и его визуализация термографическим методом была невозможна. *Результаты.* В результате исследования нами получена пониженная интенсивность инфракрасного излучения язвенной поверхности у всех пациентов. Для четкого выделения язвенного дефекта из окружающих тканей нами устанавливался диапазон температур 35–37,5 °С и производился перерасчет полученной площади в см² (коэффициент пересчета – 22,73). Изучали микроциркуляторные изменения, происходящие в области трофической язвы и окружающих ее тканях, подтверждающие необходимость продолжения консервативного лечения после полной эпителизации язвенного дефекта не менее 7 дней, и только после такого временного периода в тканях у всех обследованных пациентов регистрировалась нормализация уровня инфракрасного излучения, и в дальнейшем рецидива трофической язвы длительно не возникало. *Заключение.* На основании полученных данных нами подтверждена чувствительность тепловизионного метода для оценки микроциркуляции в области трофической язвы с возможностью его использования в динамике консервативного лечения у пациентов с осложненными формами ХВН.

Ключевые слова: хроническая венозная недостаточность, диагностика, термография, регистрация сосудистых реакций, трофическая язва

Для цитирования: Яровенко Г. В. Диагностические возможности тепловизионного исследования трофических язв. Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2020; 19(2): 38–42. Doi: 10.24884/1682-6655-2020-19-2-38-42.

UDC 616.14-008.64-06:616.5-002.44-073:772.962

DOI: 10.24884/1682-6655-2020-19-2-38-42

G. V. YAROVENKO

Diagnostic possibilities of thermal vision study of trophic ulcers

Samara State Medical University, Samara, Russia
165B, Karl Marx str., Samara, Russia, 443079
e-mail: yarovenko_galina@mail.ru

Received 23.12.19; accepted 22.04.20

Summary

Chronic venous insufficiency is often accompanied by trophic changes in soft tissues. The treatment of such patients is long and often, ineffective. Relapse of a trophic ulcer is about 30% and leads to deterioration of life quality and dissatisfaction with conservative and even surgical treatment. *Goal.* Objectification of changes in the microvasculature and compensatory possibilities of collateral circulation in the lower extremities with complicated forms of chronic venous insufficiency. *Materials and methods.* The studies were carried out on the Linsor installation characterizing the biological tissue by the change of scattered light intensity and on the thermal imager making possible to determine the temperature of a point with an accuracy of 0,001 degrees, followed by software image processing. The examination was performed 3–4 times in the dynamics of the treatment process and before the patient discharge, from a standard distance of 1,5 meters. The soft tissues in 23 patients

with chronic venous insufficiency of the lower extremities and the presence of open trophic ulcers was studied. There were 21 women, 2 men, the average age was $45,2 \pm 3,6$ years. The area of the ulcer defect varied from $5,7 \text{ cm}^2$ to $15,3 \text{ cm}^2$. Patients with extensive trophic ulcers (circular) were excluded from the examination, because of absence of ulcer defect epithelization during the period of hospitalization and its visualization by the thermographic method. *Results.* As a result of the study, we obtained a reduced intensity of infrared radiation of the ulcer surface in all patients. To clearly isolate ulcerative defect from the surrounding tissues, we set the temperature range $35,0\text{--}37,5 \text{ }^\circ\text{C}$ and recalculated the resulting area in cm^2 (conversion factor 22,73). We studied the microcirculatory changes occurring in the trophic ulcer and surrounding tissues, confirming the need to continue conservative treatment after complete ulcer defect epithelization for at least 7 days, and only after that period the normalized level of infrared radiation was detected and subsequently relapsed trophic ulcers did not occur for a long time. *Conclusion.* Based on the obtained data, we confirmed the thermal imaging method sensitivity is suitable for assess of microcirculation in the trophic ulcer area; the method provides the possibility to apply it for the dynamics of conservative treatment in patients with complicated forms of chronic venous insufficiency.

Keywords: *chronic venous insufficiency, diagnosis, thermography, registration of vascular reactions, trophic ulcer*

For citation: Yarovenko G. V. Diagnostic possibilities of thermal vision study of trophic ulcers. Regional hemodynamics and microcirculation. 2020;19(2):38–42. Doi: 10.24884/1682-6655-2020-19-2-38-42.

Введение

В качестве подтверждения чувствительности термографического метода для оценки микроциркуляторного русла проведена регистрация сосудистых реакций. Оптические методы диагностики широко распространены в биомедицинских исследованиях и успешно применяются в клинической практике. Термография отличается от других методов исследования доступностью и простотой исполнения, неинвазивностью и высокой информативностью, возможностью получения качественных и количественных характеристик [1, 2].

В настоящее время, по данным ВОЗ, около 14 % от всех хирургических нозологических форм составляют заболевания сосудов. Значительный удельный вес имеют болезни вен, в последнее время все чаще встречающиеся у лиц молодого и среднего возраста. У пациентов, перенесших острый тромбоз, в 80 % развивается посттромбофлебитическая болезнь, а 40 % данных пациентов становятся инвалидами II–III групп [3, 4]. У длительно болеющих возможны разные формы посттромбофлебитической болезни, с наличием отека и нарушениями трофики до формирования трофических язв. Лечение таких пациентов длительное, и после эпителизации язвенного дефекта последний, при минимальных провоцирующих факторах, появляется вновь [5]. Частота рецидивов трофических язв определяется характером лечения. Так, при консервативной терапии эффект не стойкий, и в 38–100 % случаев возникает рецидив [4, 5]. При комплексном лечении, включая хирургическую коррекцию, частота рецидивов колеблется от 4,8–31,6 % [5, 6]. Однако, для осложненных форм посттромбофлебитической болезни нижних конечностей с наличием трофических язв и сопутствующими заболеваниями в стадии декомпенсации, консервативный метод лечения является единственным, данная группа пациентов значительна и доходит до 30 % [7, 8]. Для операбельных пациентов консервативная терапия является предоперационной подготовкой, применение которой позволяет в 3 раза снизить гнойные осложнения [9, 10].

Цель – объективизация изменений микроциркуляторного русла и компенсаторных возможностей коллатерального кровообращения. Повышение эффективности диагностики и контроля за лечением трофических осложнений при ХВН.

Материалы и методы исследования

Изучено состояние мягких тканей у 23 пациентов с ХВН нижних конечностей и наличием открытых трофических язв. Женщин было 21, мужчин – 2, средний возраст составил $45,2 \pm 3,6$ года. Площадь язвенного дефекта варьировала от $5,7$ до $15,3 \text{ cm}^2$. Из обследования были исключены пациенты с обширными трофическими язвами (циркулярными), так как за срок госпитализации не наступала эпителизация язвенного дефекта или его визуализация термографическим методом была невозможна.

Исследования проводили на установке, которая реализует метод диагностики характеристик биоткани по изменению интенсивности рассеянного назад света «Линсор» (НПО «Автоматические системы»). Аппарат состоит из источника терапевтического воздействия и оптического датчика, содержащего диагностическое излучение. Фотоприемный модуль и преобразователь сигнала устанавливали на высоте 200 мм над исследуемым участком. Излучение от диагностических источников, расположенных вокруг фотоприемника, равномерно засвечивало область диаметром 50–60 мм. Дистанционное положение фотоприемного модуля обеспечивало регистрацию рассеяния с эффективной области диаметром 20–30 мм, находящейся непосредственно под датчиком.

Также использовали отечественный модифицированный спутниковый тепловизор производственного объединения «Прогресс», отличающийся прицельной фокусировкой, соединенный с вычислительной техникой, позволяющей определять температуру в точке с точностью до $0,001^\circ$, производить обработку полученного изображения путем его увеличения, выделения фрагмента, графического отображения выделенного участка, создания диаграмм и гистограмм, контрастирования в диапазоне установленных температур, текстовой обработки. Полученные термограммы сохранялись и накапливались в специально разработанной базе данных [2].

Тепловизионное исследование проводили в утренние часы в специально оборудованном помещении при температуре воздуха $23,0 \pm 1,0 \text{ }^\circ\text{C}$, минимальной скорости движения воздуха (не более $0,25 \text{ м/с}$), относительной влажности 50–75 %. Обследование выполняли в положении пациента стоя или сидя,

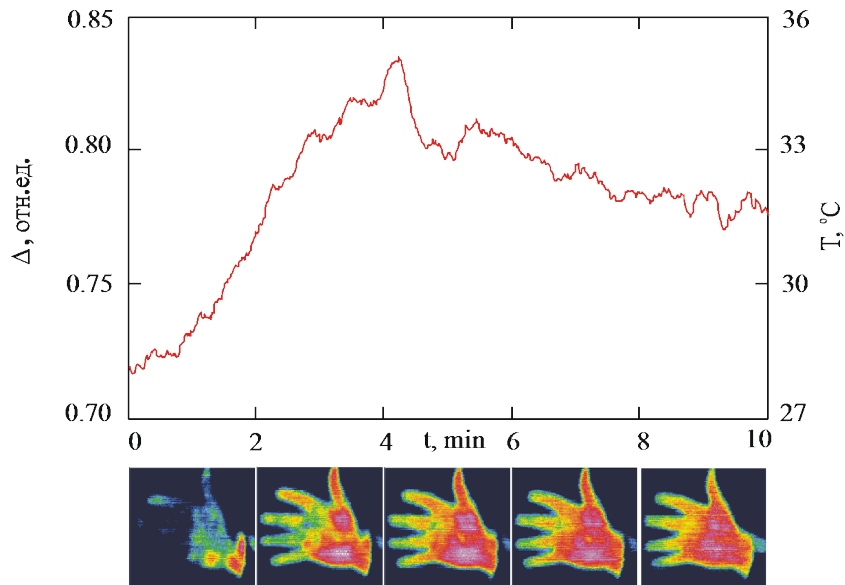


Рис. 1. Реакция на термический тест (тепловизионные карты снимались через 2 мин)
 Fig. 1. Reaction to thermal test (thermal imaging maps were taken after 2 min)

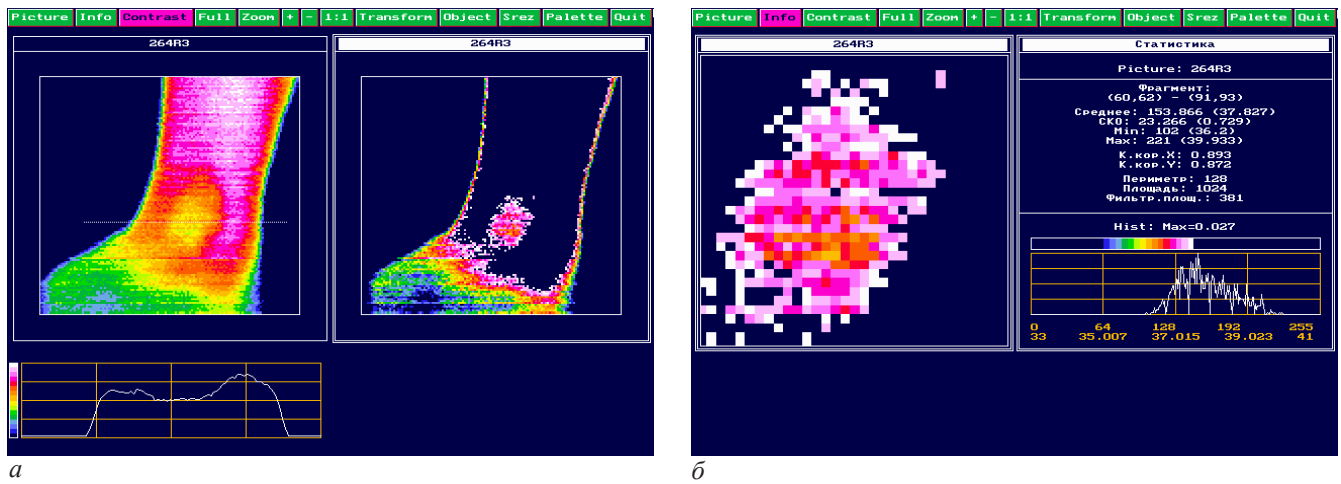


Рис. 2. Термограммы пациентки с посттромбофлебитической болезнью правой нижней конечности, смешанная форма:
 а – термограмма голени с трофической язвой у внутренней лодыжки, с термопрофилем, проведенным через язвенный дефект;
 б – тепловизионный рисунок язвенной поверхности путем контрастирования окружающих тканей

Fig. 2. Patient thermograms with postthrombophlebitic disease of the right lower limb, mixed form: *a* – thermogram of the leg with trophic ulcer at the inner ankle, with a thermoprofile, conducted through an ulcer defect; *b* – thermal image of the ulcerative surface by contrasting the surrounding tissues

после минимальной адаптации больного в течение 20 мин, заранее удаленных любых повязок с конечностей и исключения любой физической нагрузки. Качество получаемых изображений достигалось изменением уровня чувствительности. Термограммы записывались со стандартного расстояния до пациента, 1,5 м, 3–4 раза за время лечения и перед выпиской [12, 13]. Для обработки полученных термограмм, учитывая пониженную интенсивность инфракрасного излучения в области язвенного дефекта, нами выделялся диапазон температуры 35,0–37,5 °С для визуализации области язвы, при этом окружающие ткани, имеющие более высокий уровень инфракрасного излучения, контрастировались. Используя компьютерную программу обработки термограмм, получали площадь язвенного дефекта в пикселах. Производили перерасчет полученной площади в см², используя установленный нами исследовательским путем с последующей статистической обработкой коэффициент, равный 22,73 [2].

Результаты исследования и их обсуждение

Нами представлены результаты исследований реакции организма человека на холодовое воздействие. Общий характер наблюдаемых реакции одинаков. Для объективизации сосудистые реакции одновременно фиксировали аппаратами «Линсор» и тепловизором (рис. 1).

Измерение динамики обратного рассеяния в двух спектральных областях позволяло зарегистрировать реакцию организма человека на воздействие оптического излучения. В зависимости от индивидуальной восприимчивости человека к воздействию оптического излучения, регистрируются всплеск или спад относительного коэффициента рассеяния, либо реакция отсутствует и коэффициент рассеяния осциллирует без насыщения.

Наиболее точным, референтным методом для оценки дистанционного тепловизионного исследования можно считать контактную термографию,

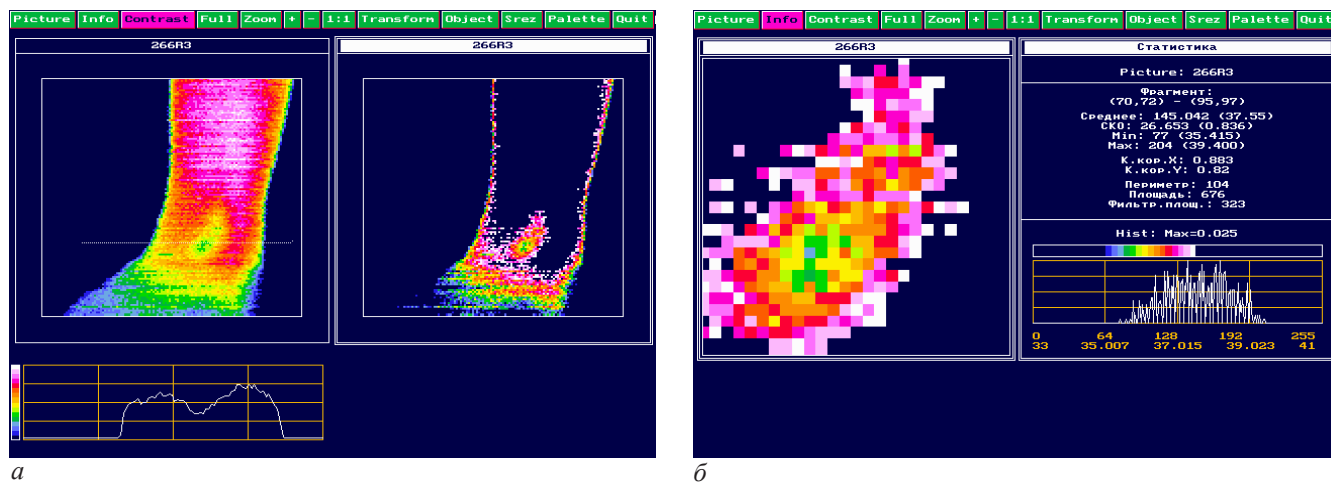


Рис. 3. Термограммы той же больной в динамике лечения: *a* – термограмма правой голени с эпителизированным язвенным дефектом и термопрофилем, характеризующим снижение инфракрасного излучения в области язвы наличием кратера; *б* – окружающие эпителизированную язву ткани контрастированы, ее область гипотермична

Fig. 3. Thermograms of the same patient in the dynamics of treatment: *a* – is a thermogram of the right tibia with an epithelized ulcer defect and a thermoprofile characterizing the reduction of infrared radiation in the ulcer area by the presence of a crater; *b* – tissues surrounding epithelialized ulcer are contrasted, its area is hypothermic

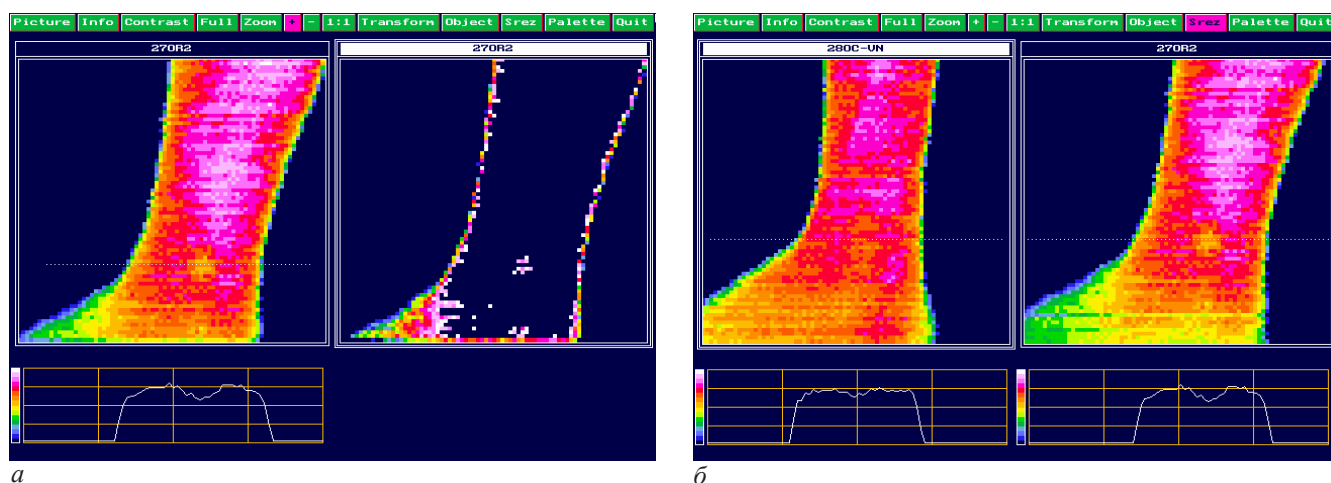


Рис. 4. Тепловизионное исследование той же больной в конце курса лечения: *a* – термограмма правой голени с термопрофилем, соответствующим варианту нормы; *б* – для визуального сравнения приведен вариант предыдущего исследования с эпителизированной язвенной поверхностью

Fig. 4. Thermal imaging study of the same patient at the end of the course of treatment: *a* – the thermogram of the right tibia with a thermoprofile corresponding to the variant of the norm; *b* – for visual comparison, a variant of the previous study with an epithelialized ulcerative surface

которая проводится путем соприкосновения пленки или пласта с исследуемой поверхностью с дальнейшей передачей на экран монитора или записью на цифровой носитель для последующего изучения. Но в связи с наличием открытого язвенного дефекта с присутствующей на нем микрофлорой у всех пациентов этот метод не использовался, даже в сравнительном аспекте. Многократное изучение динамики картины тепловизионных полей нами выполнялось с помощью бесконтактной термографии.

В результате исследования у всех пациентов нами получена пониженная интенсивность инфракрасного излучения язвенной поверхности. Для оценки возможностей изучения микроциркуляции методом термографии приводим пример динамики заживления трофической язвы у больной Р., 63 лет. Диагноз: «Посттромбофлебитическая болезнь правой нижней конечности, смешанная форма». У внутренней лодыжки правой нижней конечности имелся язвенный дефект размером около 14,8 см². Проводимое тепловизионное исследование позволило определить площадь

трофической язвы в динамике заживления. Получены следующие результаты: в начале курса лечения площадь язвенного дефекта составляла 337 пикселей, в середине курса – 267, а в конце – 18 пикселей, что используя коэффициент перерасчета, было равно 14,82, 11,74 и 0,91 см² соответственно (рис. 2; 3).

Нами также отмечено, что при полной эпителизации трофической язвы не происходит восстановления теплового рисунка в проекции внешне эпителизированной язвенной поверхности. Данное несоответствие характеризуется недостаточным уровнем кровоснабжения пораженного участка, который на термограмме определялся в виде зоны с пониженным термопрофилем в проекции эпителизированного язвенного дефекта. Соответствие тепловизионных и визуальных данных развивалось позже, в интервале 7–9 дней, при обязательном условии продолжения лечебных манипуляций (рис. 4).

Наблюдаемая динамика характеризует структурные, биохимические и биофизические процессы, инициированные действием электромагнитного излучения,

и может служить для контроля эффективности, а в случае отсутствия выраженной реакции организма – признаком их противопоказания. Предлагаемая нами методика тепловизионного контроля за заживлением трофических язв с определением их площади, скорости заживления и уровня кровоснабжения в их проекции, может быть рекомендована для динамического наблюдения и оценки стойкости заживления язв в комплексном лечении больных с осложненными формами хронической венозной недостаточности.

Заключение

Метод термографии неинвазивен, прост и достоверен. Пользуясь предложенным нами коэффициентом перерасчета, легко установить площадь язвенного дефекта в см², скорость и истинность процесса заживления язвенной поверхности. Рекомендуется широкое внедрение данного метода в клиническую практику в качестве контроля за эффективностью проводимого лечения и целесообразностью его дальнейшего использования.

Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.

Литература / References

1. Вайнер Б. Г. Матричное тепловидение в физиологии: исследование сосудистых реакций, перспирации и терморегуляции у человека. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. – 96 с. [Vayner BG. Matrichnoye teplovideniye v fiziologii: Issledovaniye sosudistykh reaktsiy, perspiratsii i termoregulyatsii u cheloveka. Novosibirsk, Izd-vo SO RAN, 2004:96. (In Russ.)].
2. Яровенко Г. В., Макаров А. В., Боклин А. А. Термография как метод оценки состояния сосудов шеи, верхних и нижних конечностей. – Самара: Типография ИП Никифоров, 2018. – 86 с. [Yarovenko GV, Makarov AV, Boklin AA. Termografiya kak metod otsenki sostoyaniya sosudov shei, verkhnikh i nizhnikh konechnostey. Samara, Tipografiya IP Nikiforov, 2018:86. (In Russ.)].
3. Каторкин С. Е., Жуков А. А., Кушнарчук М. Ю. Комбинированное лечение вазотрофических язв при хронической венозной недостаточности нижних конечностей // Новости хир. – 2014. – Т. 22, № 6. – С. 701–706. [Katorkin SE, Zhukov AA, Kushnarchuk MYu. Kombinirovannoye lecheniye vazotroficheskikh yazv pri khronicheskoy venoznoy nedostatochnosti nizhnikh konechnostey. Novosti khirurgii. 2014; 22(6):701–706. (In Russ.)]. Doi: 10.18484/2305-0047. 2014.6.701.

4. Шевченко Ю. Л., Стойко Ю. М. Основы клинической флебологии. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Шико, 2013. – 336 с. [Shevchenko YuL, Stoyko YuM. Osnovy klinicheskoy flebologii. 2-ye izd., ispr. i dop. Moscow, Shiko, 2013:336. (In Russ.)].

5. Kruglova LS, Korchazhkina NB, Tamrazova OB, Filatova EV. Recovery treatment of lower limbs trophic ulcers in patients with chronic venous insufficiency (review of literature). Med Tr Prom Ekol. 2016;(11):7–13.

6. Комбинированное лечение трофических язв при хронических заболеваниях вен нижних конечностей / С. Е. Каторкин, А. А. Жуков, М. А. Мельников, М. Ю. Кушнарчук // Лазер. медицина. – 2015. – Т. 19, № 3. – С. 23–28. [Katorkin SE, Zhukov AA, Mel'nikov MA, Kushnarchuk MYu. Kombinirovannoye lecheniye troficheskikh yazv pri khronicheskikh zabolevaniyakh ven nizhnikh konechnostey. Lazernaya meditsina. 2015;19(3):23–28. (In Russ.)].

7. Кудыкин М. Н. и др. Комплексное лечение трофических язв // Флебология. – 2008. – Т. 2, № 3. – С. 16–20. [Kudykin MN et al. Kompleksnoye lecheniye troficheskikh yazv. Flebologiya. 2008;2(3):16–20. (In Russ.)].

8. Coleridge-Smith PD. Leg ulcer treatment. J Vasc Surg. 2006 Mar; 49(3):804–808.

9. Partsch H. Varicose veins and chronic venous insufficiency. Vasa. 2009 Nov; 38(4):293–301.

10. Ignat'ev IM. Open prospective randomized study of the results of using Venarus in postthrombotic disease. Angiol Sosud Khir. 2018;24(1):97–101. (In Russ.)].

11. Moskvina SV, Geynitz AV, Askhadulin EV. Efficiency of a New Combined Laser Therapy in Patients With Trophic Ulcers of Lower Extremities and Chronic Venous Insufficiency. J Lasers Med Sci. 2017;8(3):132–135. Doi: 10.15171/jlms.2017.24.

12. Pafili K, Papanas N. Thermography in the follow up of the diabetic foot: best to weigh the enemy more mighty than he seems. Expert Rev Med Devices. 2015 Mar; 12(2):131–133. Doi: 10.1586/17434440.2015.990378

13. Mikulska D, Maleszka R, Parafiniuk M. The usefulness of thermography as a diagnostic method in dermatology on the basis of clinical trials in 2001–2005. Ann Acad Med Stetin. 2006;52(3):91–97.

Информация об авторе

Яровенко Галина Викторовна – д-р мед. наук, доцент кафедры госпитальной хирургии, ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Самара, Россия, e-mail: yarovenko_galina@mail.ru.

Author information

Yarovenko Galina V. – MD, Associate Professor, Department of Hospital Surgery, Samara State Medical University, Samara, Russia, e-mail: yarovenko_galina@mail.ru.