



БИОФИЗИКА И МЕДИЦИНСКАЯ ФИЗИКА

УДК 532.233+617-7

Применение тепловизионной диагностики в оценке воспалительной реакции после склеротерапии у пациентов с варикозной болезнью нижних конечностей

Р. Г. Чаббаров, Н. В. Островский, Ан. В. Скрипаль,
А. К. Санбаев, А. Д. Усанов, Д. И. Майсков

Чаббаров Рустям Гинятуллаевич, кандидат медицинских наук, врач хирург, ООО Омега клиник, г. Саратов, chabbarov@mail.ru

Островский Николай Владимирович, доктор медицинских наук, профессор кафедры медицинской физики, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского; главный врач, ГУЗ «Областной клинический центр комбустиологии», nvostrovsky@mail.ru

Скрипаль Анатолий Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой медицинской физики, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, skripalav@info.sgu.ru

Санбаев Асхат Койшыбаевич, врач хирург, ООО Омега клиник, г. Саратов, askhatks@mail.ru

Усанов Андрей Дмитриевич, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры медицинской физики, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, aka_norton@mail.ru

Майсков Дмитрий Игоревич, аспирант кафедры медицинской физики, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, dmayskov@gmail.com

Проведено исследование возможностей тепловизионной диагностики для дифференциации воспалительной реакции после склеротерапии у пациентов с варикозной болезнью нижних конечностей. Установлено, что у пациентов, у которых не наблюдалось патологической реакции после склерозирующей терапии, разница температур с окружающими тканями составляла $1.4 \pm 0.7^\circ\text{C}$, а размеры области гипертермии уменьшались на $63 \pm 3\%$. У пациентов, у которых диагностировался постинъекционный тромбофлебит, разница температур с окружающими тканями составляла $2.4 \pm 0.8^\circ\text{C}$, а размеры области гипертермии уменьшались только на $25 \pm 6\%$.

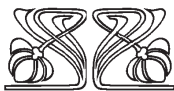
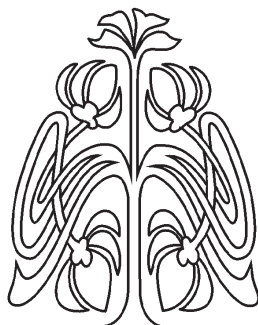
Ключевые слова: тепловизионная диагностика, инфракрасная термометрия, склеротерапия, варикозное расширение вен.

Поступила в редакцию: 17.09.2019 / Принята: 28.10.2019 / Опубликовано: 02.12.2019
Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution License (CC-BY 4.0)

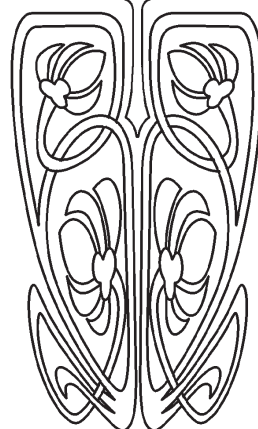
DOI: <https://doi.org/10.18500/1817-3020-2019-19-4-304-311>

Введение

Склеротерапия вен нижних конечностей относится к одному из перспективных методов лечения больных с варикозной болезнью [1, 2]. Однако в настоящее время при проведении склерозирующей те-



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ





рапии отсутствуют эффективные методы оценки состояния склерозированной вены [3–5].

Известные инструментальные методы диагностики варикозных вен, основанные на ультразвуковом сканировании (УЗИ) [6–8], не могут быть применены для такой оценки, поскольку отсутствие кровотока и наличие внутрисосудистых включений в склерозированной вене больше напоминает картину тромбоза и не позволяет судить о степени успешности проведенной инъекционной терапии [9–12].

Более распространено применение клинических методов оценки развития постинъекционного тромбоза, проявляющееся покраснением, инфильтрацией и отеком мягких тканей над пораженной веной. Определяются местное повышение температуры, гиперестезия кожного покрова, что относят к воспалительной реакции участка нижней конечности, подвергнутого инъекционному лечению [13–16].

Несмотря на яркую клиническую картину воспалительного процесса, необходимо использование инструментальных методов исследования для подтверждения диагноза и проведения дифференциальной диагностики. В настоящее время «золотым стандартом» в обследовании пациентов с тромбозами является ультразвуковое ангиосканирование (УЗАС) [17]. Однако эффективность применения данного метода для оценки развития постинъекционного тромбоза не нашла своего подтверждения.

Поскольку важным признаком постинъекционного тромбоза является местное повышение температуры, представляет интерес исследование возможности применения тепловизионной диагностики [18, 19] для оценки состояния склерозированной вены.

Тепловизионная диагностика – метод обследования, который относится к бесконтактной диагностике и основан на получении данных температуры с поверхности тела пациента. Собственное излучение пациента в инфракрасном диапазоне улавливается с помощью тепловизора, создается тепловая картина, на которой диагностируются участки с различной температурой, отличающиеся цветовой гаммой [20, 21]. Исследование поверхностных вен нижних конечностей методом тепловизионной диагностики может свидетельствовать о наличии и степени выраженности осложнений после проведения склеротерапии вен и служить диагностическим методом оценки необходимости коррекции лечения.

Целью работы явилось исследование возможностей тепловизионной диагностики для дифференциации воспалительной реакции после склеротерапии у пациентов с варикозной болезнью нижних конечностей.

Материалы и методы

В исследование было включено 75 пациентов (66 женщин и 9 мужчин, возраст от 27 до 58 лет) с варикозной болезнью нижних конечностей, С2 класса по СЕАР, у которых отсутствует обратный кровоток по магистральным подкожным венам. Объективное обследование включало: осмотр, пальпацию, специальные пробы. Всем пациентам было выполнено ультразвуковое ангиосканирование.

Этим пациентам была выполнена склеротерапия притоков магистральных вен на голенях и бедрах. Сразу после склеротерапии на ногу надевали компрессионный чулок 2-го класса компрессии на 1-е сутки непрерывно, затем на 5 дней дневного ношения. Применяли 1%-ный раствор этоксисклерола в жидкой форме. За один сеанс вводили 1–3 мл склерозанта. Осмотр пациентов проводился на 7-е сутки после склеротерапии.

Всем 75 пациентам была выполнена бесконтактная тепловизионная диагностика до и на 7-е сутки после склеротерапии. Тепловизионная диагностика проводилась в кабинете врача, при температуре 21–23°C, влажности 50–70%, в положении стоя, в 2–2.5 метрах от тепловизора. За 4–5 дней до операции пациентам исключались активные физические нагрузки, прием венотоников. В день обследования перед тепловизионной диагностикой компрессионный трикотаж не применялся. С целью адаптации к условиям помещения пациенты находились 15 минут с обнаженными нижними конечностями.

Для получения температурных данных использовалась камера ThermoCamSC 3000 (FlirSystems, Швеция) с чувствительностью 0.02°C и разрешением ИК-матрицы 320×240 пикселей. Анализ термограмм проводился с помощью программы ThermoCamResearcher и пакета Mathcad. Размеры области гипертермии оценивались по отношению количества пикселей, значение которых превышало среднее между максимальным и минимальным значением температуры в анализируемой области к общему числу пикселей в области анализа [22].



До проведения склеротерапии проводился качественный и количественный анализ тепловизионной картины нижних конечностей. Качественный анализ – визуализация распределение температуры в области варикозного расширения вен, симметричность распределения температурных полей, участки гипо- и гипертермии. Количественный анализ – расчет абсолютных значений температур и перепадов температур, построение температурной кривой, отражающей распределение температуры вдоль линии, выбранной для анализа.

Письменное информированное согласие было получено от всех участников. Исследование одобрено этическим комитетом Саратовского государственного медицинского университета имени В. И. Разумовского.

Результаты

До проведения склеротерапии по результатам тепловизионной диагностики у больных отмечалась гипертермия в проекции варикозных вен. На рис. 1 показано распределение температуры пациента А. Термограммы представлены в двух цветовых палитрах. Красные (в RGB-палитре) и светлые участки (в серой палитре) являются областями с повышенной температурой. Для построения графика распределения температуры на термограмме выбиралась область гипертермии (с повышенными значениями температуры). Линия измерений проводилась через область с максимальной температурой. График пространственного распределения температуры на рис. 1 имеет выраженные максимумы и резкие перепады от минимального

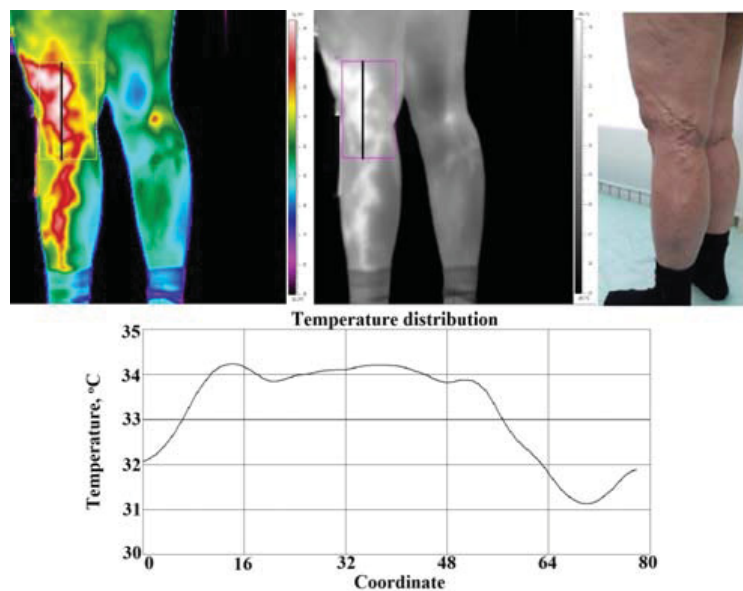


Рис. 1. Распределение температуры до проведения склеротерапии. Пациент А

Fig. 1. Temperature distribution before sclerotherapy. Patient A

до максимального значения температуры на выбранном отрезке. Эти наблюдения в соответствии с данными термограммы позволяют оценить размеры области гипертермии.

У 75 обследованных пациентов с варикозной болезнью максимальная температура на участках гипертермии в среднем составляла $34.3 \pm 0.5^\circ\text{C}$, разница по сравнению с окружающими тканями составляла $3.4 \pm 0.8^\circ\text{C}$.

После склеротерапии через 7 дней у всех 75 пациентов в проекции склерозированных вен отмечались участки уплотнений шнуровидной формы, различной степени болезненности. При

УЗАС в просвете вены определялись внутрисосудистые образования, кровоток в вене отсутствовал.

На 7-е сутки после проведения склерозирующей терапии у 68 пациентов по результатам тепловизионной диагностики на голени и на бедре отмечалось уменьшение температуры в проекции склерозированной вены по сравнению с началом лечения. Кроме того, у этих пациентов отмечалось уменьшение размеров области гипертермии на $63 \pm 3\%$, разница температур с окружающими тканями составила $1.4 \pm 0.7^\circ\text{C}$. Максимальная температура в среднем составила $31.5 \pm 0.4^\circ\text{C}$.



На рис. 2 у пациента А визуально отсутствуют участки с гипо- и гипертермией в области склерозированной вены. График пространствен-

ного распределения температуры на рис. 2 не имеет выраженных максимумов и свидетельствует об отсутствии воспаления.

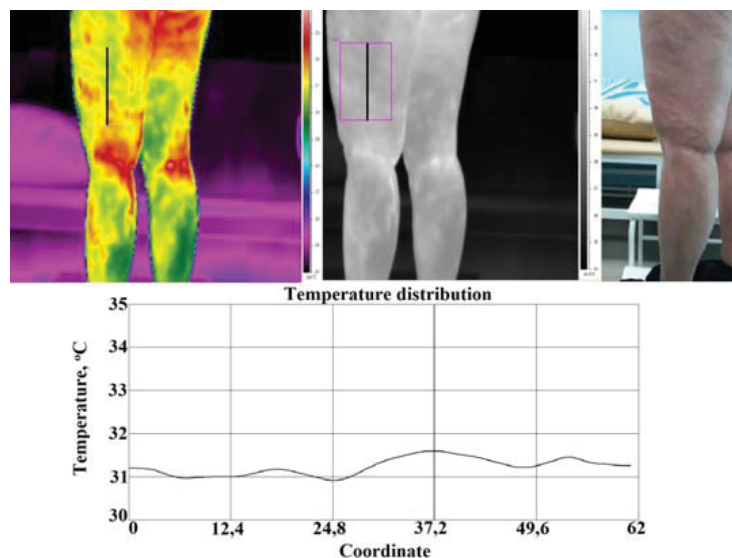


Рис. 2. Распределение температуры на 7-е сутки после проведения склеротерапии. Пациент А

Fig. 2. Temperature distribution on the 7th day after sclerotherapy. Patient A

У 7 пациентов по результатам тепловизионной диагностики на голени и на бедре уменьшение размеров области гипертермии отмечалось только на $25 \pm 6\%$, при этом разница температур с окружающими тканями составила $2.4 \pm 0.8^\circ\text{C}$. У этих пациентов наблюдались повышенные значения

кожной температуры $32.2 \pm 0.4^\circ\text{C}$. Клинически у этой группы пациентов пальпация выявляла шнуровидный, плотный, болезненный участок, что расценивалось как постинъекционный тромбофлебит.

На рис. 3 визуально присутствуют участки с гипертермией в области склерозированной вены.

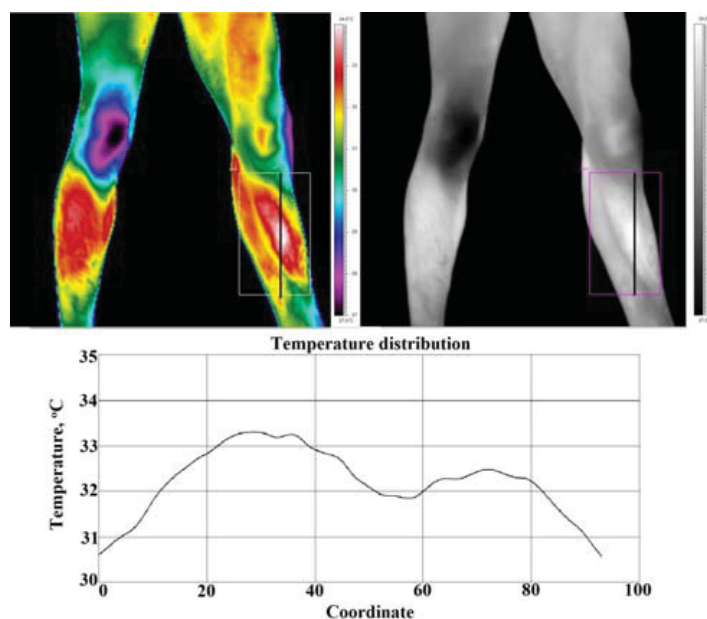


Рис. 3. Распределение температуры на 7-е сутки после проведения склеротерапии для левой ноги. Пациент С

Fig. 3. Temperature distribution on the 7th day after sclerotherapy for the left leg. Patient C



График пространственного распределения температуры имеет выраженную область высокой температуры, что свидетельствует о наличии воспалительного процесса.

Этой группе пациентов назначили консервативное лечение: местная противовоспалительная терапия и продленная эластическая компрессия на 7 дней. При контрольном осмотре еще через 7 дней после терапии участки гипертермии не определялись.

Обсуждение

Склеротерапия – метод лечения варикозных вен, при котором происходит химическая деструкция эндотелия и субэндотелиальных структур, что приводит к перерождению вены в соединительнотканый тяж. Процесс перерождения вены в соединительную ткань небыстрый и может длиться от 2 до 8 месяцев. После склеротерапии вначале на месте обработанной склеропрепаратом варикозно-расширенной вены появляется плотный участок, который может быть при пальпации болезненным. Склеротерапия имеет самый короткий период реабилитации по сравнению с другими методами лечения [1, 2]. Однако вероятность развития постинъекционного тромбофлебита снижают ее привлекательность в глазах врачей-флебологов [23]. Трудности в определении эффективности проведения склеротерапии обусловили проведение качественного и количественного анализа тепловизионной картины нижних конечностей.

В нашем исследовании до выполнения склеротерапии у всех 75 пациентов на термограммах отмечались сегментарные и линейные участки гипертермии, которые располагались над варикозными венами медиальной или латеральной поверхности бедра и чаще всего на верхней трети голени.

При выполнении тепловизионной диагностики после склеротерапии в проекции склерозированных вен у 68 человек отмечалось снижение температуры кожи, хотя имелись болезненные уплотнения по ходу вен. Данная ситуация расценивалась как нормальное течение процесса склерозирования, которое не требует дополнительных манипуляций. У 7 пациентов через 7 дней после склеротерапии сохранялись зоны гипертермии на коже в проекции склерозированных вен, но разница температур по сравнению с окружающими тканями уменьшилась. Это состояние расценивалось как постинъекционный тромбофлебит, связанный с индивидуальной реакцией на склеротерапию варикозных вен. Этим пациентам назначались

дополнительные консервативные мероприятия (продленная эластическая компрессия и применение топических средств).

При контрольном осмотре еще через 7 дней после консервативной терапии участки гипертермии у этой группы пациентов также не определялись, что свидетельствовало о разрешении постинъекционной воспалительной реакции.

Заключение

Таким образом, с помощью тепловизионной диагностики установлено, что у пациентов, у которых не наблюдалось воспалительной реакции после склерозирующей терапии, разница температур с окружающими тканями составляла $1.4 \pm 0.7^\circ\text{C}$, а размеры области гипертермии уменьшались на $63 \pm 3\%$. У пациентов, у которых диагностировался постинъекционный тромбофлебит, разница температур с окружающими тканями составляла $2.4 \pm 0.8^\circ\text{C}$, а размеры области гипертермии уменьшались только на $25 \pm 6\%$.

Следовательно, проведение тепловизионной диагностики после склеротерапии может служить диагностическим методом оценки необходимости проведения консервативного лечения области химической деструкции эндотелия варикозных вен.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 19-32-90072).

Список литературы

1. Wright D., Gobin J. P., Bradbury A., Coleridge-Smith P., Spoelstra H., Berridge D., Wittens C. H. A., Sommer A., Nelzen O., Chanter D. Varisolve polydocalan microfoam compared with surgery or sclerotherapy in the management of varicose veins in the presence of trunk vein incompetence : European randomised controlled trial // *Phlebology*. 2006. Vol. 21, iss. 4. P. 180–190. DOI:10.1258/026835506779115807
2. Bauersachs R. Diagnosis and treatment of superficial vein thrombosis // *Hamostaseologie*. 2013. Vol. 33, iss. 3. P. 232–240. DOI: 10.5482/HAMO-13-04-0027
3. Jia X., Mowatt G., Burr J. M., Cassar K., Cooke J., Fraser C. Systematic review of foam sclerotherapy for varicose veins // *British Journal of Surgery*. 2007. Vol. 94, iss. 8. P. 925–936. DOI: 10.1002/bjs.5891
4. Rasmussen L. H., Lawaetz M., Bjoern L., Vennits B., Blemings A., Eklof B. Randomised clinical trial comparing endovenous laser ablation, radiofrequency ablation, foam sclerotherapy and surgical stripping for great saphenous varicose vein // *British Journal of Surgery*. 2011. Vol. 98, iss. 8. P. 1079–1087. DOI: <https://doi.org/10.1002/bjs.7555>



5. Lopez L., Dilley R. B., Henriquez J. A. Cutaneous hyperpigmentation following venous sclerotherapy treated with deferoxamine mesylate // *Dermatologic Surgery*. 2001. Vol. 27, iss. 9. P. 795–798.
6. Потапов М. П., Александров Ю. К. Ультразвуковая диагностика флебодинамических нарушений в бассейне большой подкожной вены при варикозной болезни // *Здоровье и образование в XXI веке*. 2017. Т. 19, № 4. С. 43–48.
7. Noppenev T., Noppenev J., Scheidt A., Kurth I. Indications and technique for sclerotherapy of varicose veins // *Zentralblatt für Chirurgie*. 2001. Vol. 126, iss. 7. P. 546–550. DOI: 10.1055/s-2001-16275
8. Blumenberg R. M., Barton E., Gelfand M. L., Skudder P., Brennan J. Occult deep venous thrombosis complicating superficial thrombophlebitis // *Journal of Vascular Surgery*. 1998. Vol. 27, iss. 2. P. 338–343. DOI: 10.1016/S0741-5214(98)70364-7
9. Guex J. J., Allaert F. A., Gillet J. L. Immediate and midterm complications of sclerotherapy : report of a prospective multicenter registry of 12,173 sclerotherapy sessions // *Dermatologic Surgery*. 2005. Vol. 31, iss. 2. P. 123–128. DOI: 10.1111/j.1524-4725.2005.31030
10. Куликова А. Н., Гафурова Д. Р. Эволюция хирургических и эндовасальных методов коррекции стволового венозного рефлюкса у больных с варикозной болезнью нижних конечностей // *Клиническая медицина*. 2013. № 7. С. 13–18.
11. Nasr H., Scriven J. Superficial thrombophlebitis (superficial venous thrombosis) // *British Journal of Surgery*. 2015. 350:h2039. DOI: 10.1136/bmj.h2039
12. Петухов В. И. Осложнения и неудачи склерозирующей терапии вен нижних конечностей // *Вестник Российской военно-медицинской академии*. 2007. Т. 1, № 17. С. 45–48.
13. Scultetus A. H., Villavicencio J. L., Kao T. C., Gillespie D. L., Ketron G. D., Iafrati M. D., Pikoulis E., Eifert S. Microthrombectomy reduces postsclerotherapy pigmentation : multicenter randomized trial // *Journal of Vascular Surgery*. 2003. Vol. 38, iss. 5. P. 896–903.
14. Bihari I. Injection sclerotherapy for varicosities of the lower limb : 25 years of experience with 115000 injections // *Orvosi Hetilap*. 2007. Vol. 148, iss. 2. P. 51–58. DOI: 10.1556/ОН.2007.27846
15. Cavezzi A., Parsi K. Complications of foam sclerotherapy // *Phlebology*. 2012. Vol. 27, iss. 1. P. 46–51.
16. Кириенко А. И., Матюшенко А. А., Андрияшкин В. В. Острый тромбофлебит. М. : Литтерра, 2006. 108 с.
17. Гафурова Д. Р., Куликова А. Н., Чаббаров Р. Г., Пятницкий А. Г. Склерохирургическое и хирургическое лечение больных варикозной болезнью нижних конечностей : анализ результатов в отдаленном периоде наблюдения // *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2017. Т. 13, № 4. С. 839–845.
18. Яровенко Г. В. Термография как метод обследования пациентов с венозной патологией нижних конечностей // *Российский медицинский журнал*. 2018. № 6(II). С. 50–53.
19. Розенфельд Л. Г., Богдан Т. В., Тимофеев В. И., Венгер Е. Ф., Дунаевский В. И., Котовский В. И., Назарчук С. С. Ранняя диагностика заболеваний сосудов нижних конечностей с применением инфракрасной термографии // *Украинский медицинский часопис*. 2011. № 2. С. 28–30.
20. Зеновко Г. И. Термография в хирургии. М. : Медицина, 1998. 168 с.
21. Мекишина Л. А., Усынин В. А., Столяров В. В., Усынин А. Ф. Применение тепловидения в диагностике облитерирующих заболеваний артерий нижних конечностей // *Сибирский медицинский журнал*. 2012. Т. 27, № 2. С. 15–22.
22. Усанов Д. А., Скрипаль А. В., Потахин С. Н., Сагайдачный А. А., Фомин А. В., Самсонова А. А. Тепловизионный анализ характера реакции нижних конечностей на тепловую пробу при наличии сахарного диабета // *Регионарное кровообращение и микроциркуляция*. 2016. Т. 15, № 1. С. 42–49.
23. Букина О. В., Золотухин И. А., Трубина М. Б., Панкова Е. В. Развивается ли после введения склерозирующего препарата тромбоз вены // *Флебология*. 2010. Т. 4, вып. 1. С. 28–33.

Образец для цитирования:

Чаббаров Р. Г., Островский Н. В., Скрипаль А. В., Санбаев А. К., Усанов Д. А., Майсков Д. И. Применение тепловизионной диагностики в оценке воспалительной реакции после склеротерапии у пациентов с варикозной болезнью нижних конечностей // *Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Физика*. 2019. Т. 19, вып. 4. С. 304–311. DOI: <https://doi.org/10.18500/1817-3020-2019-19-4-304-311>

Application of Thermal Imaging Diagnostics in Assessment of Inflammatory Response after Sclerotherapy in Patients with Lower Limb Varicose Disease

R. G. Chabbarov, N. V. Ostrovsky, An. V. Skripal, A. K. Sanbaev, A. D. Usanov, D. I. Mayskov

Rustyam G. Chabbarov, <https://orcid.org/0000-0002-4818-1256>, Omega clinic LLC, 46 Komsomolskaya St., Saratov 410031, Russia, chabbarov@mail.ru

Nikolay V. Ostrovsky, <https://orcid.org/0000-0002-8370-2299>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, nvostrovsky@mail.ru

Anatoly V. Skripal, <https://orcid.org/0000-0002-9080-0057>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, skripalav@info.sgu.ru

Askhat K. Sanbaev, <https://orcid.org/0000-0003-1116-437X>, Omega clinic LLC, 46 Komsomolskaya St., Saratov 410031, Russia, askhatks@mail.ru



Andrey D. Usanov, <https://orcid.org/0000-0002-4004-875X>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, aka_norton@mail.ru

Dmitriy I. Mayskov, <https://orcid.org/0000-0002-3487-2590>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, dmayskov@gmail.com

Background and Objectives: Sclerotherapy of the lower extremities veins refers to one of the promising methods of treating patients with varicose veins. However, at present, there are no effective methods for assessing the condition of sclerotic veins during sclerotherapy. Known instrumental methods for diagnosing varicose veins cannot be used for such an assessment, since the absence of blood flow and the presence of intravascular inclusions in a sclerotic vein more closely resembles the picture of thrombophlebitis and does not allow us to judge the degree of success of the surgery. Since an important sign of postinjection thrombophlebitis is a local increase in temperature, it is of interest to study the possibility of using thermal imaging diagnostics to assess the condition of a sclerosed vein. **Materials and Methods:** To obtain temperature data, the ThermoCamSC 3000 camera from FlirSystems company was used, with a sensitivity of 0.02°C and a resolution of the IR matrix of 320×240 pixels. The thermogram analysis was performed using ThemaCamResearcher software and Mathcad software. The dimensions of the hyperthermia area were estimated by the ratio of the number of pixels, the value of which exceeded the average between the maximum and minimum temperature in the analyzed area to the total number of pixels in the analysis area. **Results:** Using thermal imaging diagnostics, it was found that for the patients who did not suffer an inflammatory reaction after sclerotherapy, the temperature difference with the surrounding tissues was $1.4 \pm 0.7^\circ\text{C}$, and the size of the hyperthermia area decreased by $63 \pm 3\%$. For the patients who were diagnosed with post-injection thrombophlebitis, the temperature difference with the surrounding tissues was $2.4 \pm 0.8^\circ\text{C}$, and the size of the hyperthermia area decreased only by $25 \pm 6\%$. **Conclusion:** Thermal imaging diagnostics after sclerotherapy can serve as a diagnostic method for assessing the need for conservative treatment of the area of chemical destruction of varicose vein endothelium.

Keywords: thermal imaging diagnostics, infrared thermometry, sclerotherapy, varicose vein.

Received: 17.09.2019 / Accepted: 28.10.2019 / Published: 02.12.2019

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution License (CC-BY 4.0).

Acknowledgements: This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research (project No. 16-07-00642 A).

Reference

1. Wright D., Gobin J. P., Bradbury A., Coleridge-Smith P., Spoelstra H., Berridge D., Wittens C. H. A., Sommer A., Nelzen O., Chanter D. Varisolve polidocanol microfoam compared with surgery or sclerotherapy in the management of varicose veins in the presence of trunk vein incompetence: European randomised controlled trial. *Phlebology*, 2006, vol. 21, iss. 4, pp. 180–190. DOI: 10.1258/026835506779115807
2. Bauersachs R. Diagnosis and treatment of superficial vein thrombosis. *Hamostaseologie*, 2013, vol. 33, iss. 3, pp. 232–240. DOI: 10.5482/HAMO-13-04-0027
3. Jia X., Mowatt G., Burr J. M., Cassar K., Cooke J., Fraser C. Systematic review of foam sclerotherapy for varicose veins. *British Journal of Surgery*, 2007, vol. 94, iss. 8, pp. 925–936. DOI: 10.1002/bjs.5891
4. Rasmussen L. H., Lawaetz M., Bjoern L., Vennits B., Blemings A., Eklof B. Randomised clinical trial comparing endovenous laser ablation, radiofrequency ablation, foam sclerotherapy and surgical stripping for great saphenous varicose vein. *British Journal of Surgery*, 2011, vol. 98, iss. 8, pp. 1079–1087. DOI: 10.1002/bjs.7555
5. Lopez L., Dilley R. B., Henriquez J. A. Cutaneous hyperpigmentation following venous sclerotherapy treated with deferoxamine mesylate. *Dermatologic Surgery*, 2001, vol. 27, iss. 9, pp. 795–798.
6. Potapov M. P., Aleksandrov Yu. K. Ultrasound diagnostics venous hemodynamics of great saphenous vein in patients with varicose disease. *Health and Education Millennium*, 2017, vol. 19, no. 4, pp. 43–48.
7. Noppeney T., Noppeney J., Scheidt A., Kurth I. Indications and technique for sclerotherapy of varicose veins. *Zentralblatt fur Chirurgie*, 2001, vol. 126, iss. 7, pp. 546–550. DOI: 10.1055/s-2001-16275
8. Blumenberg R. M., Barton E., Gelfand M. L., Skudder P., Brennan J. Occult deep venous thrombosis complicating superficial thrombophlebitis. *Journal of Vascular Surgery*, 1998, vol. 27, iss. 2, pp. 338–343. DOI: 10.1016/S0741-5214(98)70364-7
9. Guex J. J., Allaert F. A., Gillet J. L. Immediate and midterm complications of sclerotherapy: report of a prospective multicenter registry of 12,173 sclerotherapy sessions. *Dermatologic Surgery*, 2005, vol. 31, iss. 2, pp. 123–128. DOI: 10.1111/j.1524-4725.2005.31030
10. Kulikova A. N., Gafurova D. R. Evolution of surgical and endonasal methods for correction of main-stem venous reflux in patients with primary varicosis of the lower extremities. *Klinicheskaya Meditsina*, 2013, no. 7, pp. 13–18.
11. Nasr H., Scriven J. Superficial thrombophlebitis (superficial venous thrombosis). *British Medical Journal*, 2015, 350:h2039. DOI: 10.1136/bmj.h2039
12. Petuchov V. I. Complications and failures of sclerosis treatment in lower extremities veins diseases. *Vestnik Rossijskoj Voenno-meditsinskoj Akademii* [Bulletin of the Russian Military Medical Academy], 2007, vol. 1, no. 17, pp. 45–48.
13. Scultetus A. H., Villavicencio J. L., Kao T. C., Gillespie D. L., Ketron G. D., Iafrafi M. D., Pikoulis E., Eifert S. Microthrombectomy reduces postsclerotherapy pigmentation:



- multicenter randomized trial. *Journal of Vascular Surgery*, 2003, vol. 38, iss. 5, pp. 896–903. DOI: 10.1016/S0741-5214(03)00920-0
14. Bihari I. Injection sclerotherapy for varicosities of the lower limb: 25 years of experience with 115000 injections. *Orvosi Hetilap*, 2007, vol. 148, iss. 2, pp. 51–58. DOI: 10.1556/OH.2007.27846
15. Cavezzi A., Parsi K. Complications of foam sclerotherapy. *Phlebology*, 2012, vol. 27, iss. 1, pp. 46–51. DOI: 10.1258/phleb.2012.012s09
16. Kyrienko A. I., Matushenko A. A., Andriyashkin V. V. *Ostriy tromboflebit* [Acute thrombophlebitis]. Moscow, Litterra Publ., 2006. 108 p. (in Russian).
17. Gafurova D. R., Kulikova A. N., Chabbarov R. G., Pyatnitsky A. G. Sclerosurgical and surgical treatment of patients with lower extremity varicose vein disease: analysis of results in a long-term period of observation. *Saratov Journal of Medical Scientific Research*, 2017, vol. 13, no. 4, pp. 839–845.
18. Yarovenko G. V. Thermography as an examination method in patients with venous pathology of the lower extremities. *Russian Medical Journal*, 2018, no. 6(II), pp. 50–53.
19. Rozenfeld L. G., Bogdan T. V., Timofeev V. I., Vegner E. F., Dunaevsky V. I., Kotovsky V. I., Nazarchuk S. S. Early detection of lower extremity blood vessels diseases with infrared distance thermography. *Ukrainian Medical Journal*, 2011, no. 2, pp. 28–30 (in Russian).
20. Zenovko G. I. *Termografia v hirurgii* [Thermography in surgery]. Moscow, Meditsina Publ., 1998. 168 p.
21. Mekshina L. A., Usynin V. A., Stolyarov V. V., Usynin A. F. Thermal imaging in the diagnosis of obliterating diseases of lower limb arteries. *The Siberian Medical Journal*, 2012, vol. 27, no. 2, pp. 15–22.
22. Usanov D. A., Skripal A. V., Potakhin S. N., Sagaidachnyi A. A., Fomin A. V., Samsonova A. A. Thermography-based analysis of lower limb vascular response to thermal challenge in patients with diabetes mellitus. *Regional Blood Circulation and Microcirculation*, 2016, vol. 15, no. 1, pp. 42–49. DOI: 10.24884/1682-6655-2016-15-1-42-49
23. Bukina O. V., Zolotukhin I. A., Trubina M. B., Pankova E. V. Does a thrombus develop in a vein after sclerotherapy. "Flebologiya". *Journal of Venous Disorders*, 2010, vol. 4, iss. 1, pp. 28–33.

Cite this article as:

Chabbarov R. G., Ostrovsky N. V., Skripal An. V., Sanbaev A. K., Usanov A. D., Mayskov D. I. Application of Thermal Imaging Diagnostics in Assessment of Inflammatory Response after Sclerotherapy in Patients with Lower Limb Varicose Disease. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Physics*, 2019, vol. 19, iss. 4, pp. 304–311 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1817-3020-2019-19-4-304-311>