

*Люзина К. М., Руткевич С. А., Кабанов Д. М., Микулич Р. Ю.,
Лебедок Е. В., Чумак А. Г.*

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ СОСУДОВ С ПОМОЩЬЮ ТЕРМОГРАФИИ

*Белорусский государственный университет, г. Минск,
Государственное научно-производственное объединение «Оптика, опто-
электроника и лазерная техника» Национальной академии наук Беларуси*

Проиллюстрирована возможность применения термографии для визуализации кровотока в верхних конечностях.

***Ключевые слова:** термография, кровеносные сосуды, физическая нагрузка.*

*Liuzina K. M., Rutkevich S. A., Kabanov D. M., Mikulich R. Yu., Lebedok E. V.,
Chumak A. G.*

VISUALIZATION OF VESSELS BY THERMOGRAPHY

Belarusian State University, Minsk,

*SSPA «Optics, Optoelectronics and Laser Technology» National Academy of Sciences
of Belarus*

The possibility of using thermography to visualize blood flow in the upper extremities is illustrated.

Key words: *thermography, blood vessels, physical activity.*

Термография представляет новые возможности оценки прижизненной визуализации поверхностно расположенных сосудов и активности капиллярной сети, поскольку последняя напрямую определяет процесс теплоотдачи и, следовательно, температуру кожных покровов. Температура поверхности кожи человека давно используется в медицине для диагностики. Перераспределение тепла в объеме тела человека может быть связано с трансформацией кровотока, изменением метаболизма и иннервации. В наши дни одним из методов регистрации температуры тела человека является инфракрасная термография, основанная на записи теплового излучения объектов в инфракрасном диапазоне спектра [1, 2]. С ее помощью можно проводить диагностические, профилактические обследования, а также решать различные исследовательские задачи. Инфракрасная термография показывает высокую корреляцию с другими методами исследования сосудов.

В работе был изучен температурный профиль поверхности предплечья до и после нагрузки на мышцы, сжимающие кисть в кулак (*m. flexor digitorum superficialis, m. flexor digitorum profundus, m. flexor pollicis longus, mm. thenar, mm. hypothenar, mm. lumbricales*) с помощью инфракрасной термографии. В качестве референтного метода, подтверждающего изменение кровотока, использовали реовазографию.

Исследования проведены с привлечением здоровых испытуемых мужчин 22–46 лет, не страдающих хроническими заболеваниями. Регистрировали термограмму и реовазограмму до, во время и после сжатия кисти в кулак, все этапы были продолжительностью по 5 минут. Для регистрации инфракрасного излучения исследуемых объектов использовалась тепловизионная камера («Flir», США). Регистрация термограмм происходила в одинаковых условиях (перед проведением каждого измерения прибор калибруется равномерно нагретым автоматическим затвором тепловизора) с фиксированным положением объекта исследования и фиксированным расстоянием между камерой и объектом, которое использовалось при построении термограмм. Обработка результатов измерений производилась с помощью специализированного программного обеспечения «FLIR R&D software». Исследование кровенаполнения сосудов кисти проводилось ме-

тодом импедансной реовазографии с помощью реографа «Рео-Спектр», Нейрософт, Россия.

В состоянии покоя перепады температуры по всей поверхности предплечья не превышали $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Во время сокращения мышц кисти и предплечья наблюдался градиент температур $0,8\text{--}1,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ в зависимости от индивидуальных особенностей организма добровольцев. Термограммы приведены на рисунке.

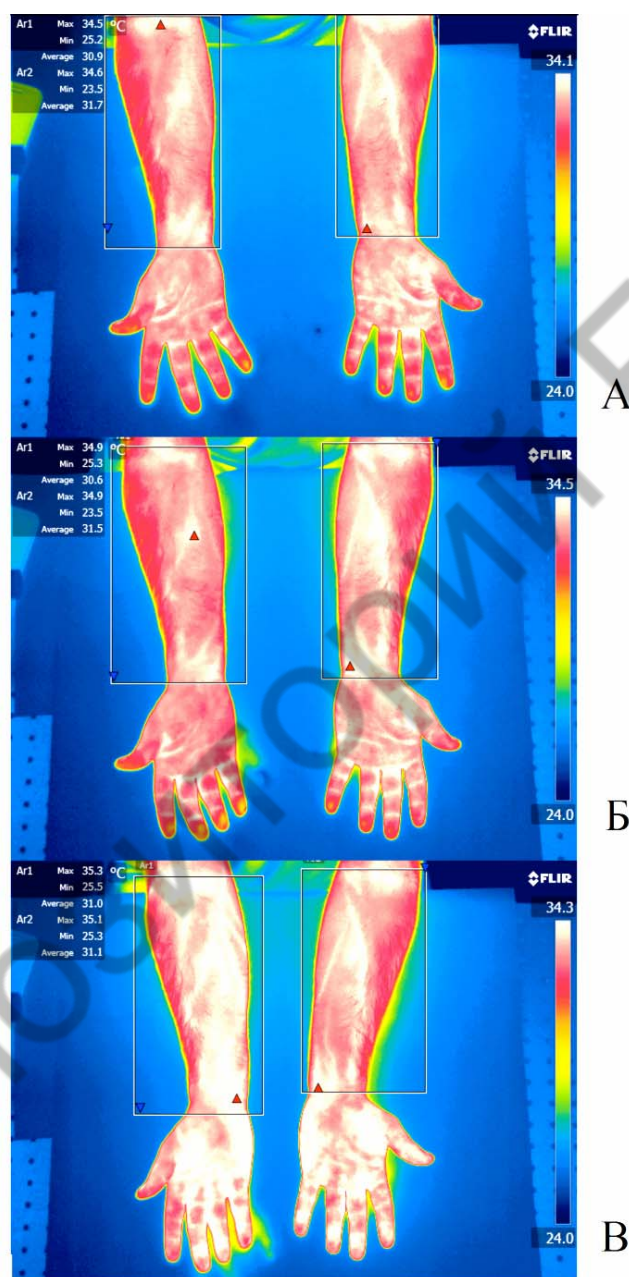


Рис. Термограммы одного из добровольцев до (А), во время (Б) и после физической активности мышц (В), участвующих в сжимании правой кисти в кулак

Полученные с помощью тепловизора результаты дают объективную информацию о степени кровоснабжения «работающих» мышц, что не противоречит данным литературы [3]. Метод позволяет объективно оценить

выраженность капиллярного кровотока по поверхностным сосудам руки. Термографические показатели коррелируют с данными, полученными с помощью реовазографии. В фоне исследуемые показатели кровенаполнения были в пределах нормы или незначительно от нее отличались. Значения реографических показателей в покое характеризуют нормальное кровенаполнение крупных артерий, незначительное снижение объемного кровотока кистей, преимущественно вследствие повышения тонуса мелких артерий, без признаков нарушения венозного оттока. Визуализировались поверхностно локализованные крупные сосуды.

После выполнения мышечных сокращений были зарегистрированы изменения показателей периферического кровотока. Обнаружено увеличение кровенаполнения исследуемого сегмента за счет расширения артерий крупного, среднего и мелкого диаметра без существенных изменений венозного оттока и частоты сердечных сокращений: реографический индекс увеличился на 0,12 маш. ед.; дикротический индекс уменьшился на 40 %; региональный минутный пульсовой объем увеличился на 1,03 мл/мин × 100 см³; коэффициент венозного оттока увеличился на 2 %.

Современные тепловизионные технологии открывают новые перспективы для оценки кожного кровотока, особенностей залегания подкожных сосудов, температуры тела в динамике. Методика абсолютно неинвазивна, универсальна, проста в выполнении и безопасна как для исследователя, так и для обследуемого. Объективность данных анализа термограмм обеспечивается применением автоматических программ для обработки термоизображений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Lawson, J. R.* Using thermography responsibly / J. R. Lawson // *CMAJ*. 2017. Vol. 189 (27). P. E917.
2. *Insights on the use of thermography in human physiology practical classes* / F. P. Carpes [et al.] // *Adv. Physiol. Educ.* 2018. Vol. 42 (3). P. 521–525.
3. *The influence of body composition on exercise-associated skin temperature changes after resistance training* / M. Weigert [et al.] // *J. Therm. Biol.* 2018. Vol. 75. P. 112–119.