

ТЕРМОГРАФИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕАКЦИЙ НА РАЗЛИЧНУЮ ФИЗИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ

В.В. Эрлих, erlikhv@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4416-1925>
О.С. Меркасилова, merkasiлова1@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7219-9651>
И.В. Черепова, cherepova.i.v@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7427-558X>
А.А. Пискаев, aleksander.piskaev@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2199-6893>
Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

Аннотация. Цель исследования – термографическая оценка изменений температуры кожи при выполнении различных физических нагрузок. **Материалы и методы.** Была проведена серия исследований с участием 4 здоровых добровольцев в возрасте 21–26 лет. Двум испытуемым была предложена физическая нагрузка в виде ступенчато возрастающей нагрузки на велоэргометре Shiller (проба PWC₁₇₀), одному – 10-минутный бег на беговой дорожке и одному – сгибание рук в упоре лежа – 3 подхода по 40 раз с интервалом отдыха 1 минута. Оценка температуры кожи осуществлялась до нагрузки и сразу после с использованием бесконтактного тепловизора Baltech. Для обработки полученных изображений применялось специальное программное обеспечение Baltech Expert. **Результаты.** Температурная реакция на субмаксимальную физическую нагрузку на велоэргометре сопровождается снижением средней температуры в области шеи и увеличением в области лица. После 10-минутного бега наблюдается снижение температуры нижних конечностей, сопоставимых с аналогичной динамикой в области шеи. Важным аспектом проведения термографического контроля бега является возможность оценки температурных асимметрий между правой и левой ногами, косвенно позволяя оценивать биомеханику. В результате серии силовых упражнений зафиксировано значительное снижение средней температуры лица и шеи (средней – на 3,5 °С, минимальной – на 7,2 °С), что свидетельствует о более высоком уровне включения механизмов терморегуляции, смещая баланс в сторону усиленной теплоотдачи. **Заключение.** Исследования с различной физической нагрузкой под температурным контролем позволяют сделать вывод о перспективности использования данного метода для оценки состояния человека. Непрерывный термографический мониторинг с использованием интегрированного в различные интеллектуальные тренажеры тепловизора позволит фиксировать не только критические изменения состояния, но и определять зоны интенсивности, оценивать симметричность нагрузки, тем самым повышая эффективность тренировочного процесса при снижении его травматичности.

Ключевые слова: термография, физическая нагрузка, велоэргометр, бег, сгибание рук в упоре лежа

Благодарности. Работа выполнена в рамках госзадания Министерства науки и высшего образования РФ FENU-2020-0022 (№ 2020072ГЗ).

Для цитирования: Термографический мониторинг температурных реакций на различную физическую нагрузку / В.В. Эрлих, О.С. Меркасилова, И.В. Черепова, А.А. Пискаев // Человек. Спорт. Медицина. 2022. Т. 22, № 3. С. 80–90. DOI: 10.14529/hsm220310

THERMOGRAPHY MEASUREMENTS OF TEMPERATURE RESPONSE TO DIFFERENT PHYSICAL ACTIVITIES

V.V. Erlikh, erlikhv@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4416-1925>
O.S. Merkasimova, merkasmova1@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7219-9651>
I.V. Cherepova, cherepova.i.v@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7427-558X>
A.A. Piskaev, aleksander.piskaev@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2199-6893>
South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

Abstract. Aim. The paper aims to identify changes in body temperature by an infrared thermography method at different exercise intensities. **Materials and methods.** A series of studies involved 4 healthy subjects aged from 21 to 26 years. Two subjects performed incremental exercise on a cycle ergometer (PWC₁₇₀ test), one subject performed a 10-minute treadmill run, and one subject performed three sets of 40 push-ups with a 1-minute rest. Body temperature was measured before and right after physical exercise by using the infrared camera (Baltech). The images obtained were processed with the corresponding Baltech Expert software. **Results.** Temperature response to submaximal exercise on a cycle ergometer was accompanied by a decrease in the mean temperature of the neck area and an increase in facial temperature. After a 10-minute treadmill run, there was a decrease in temperature of the lower extremities similar to that of the neck area. An important aspect of temperature control during running performance is the possibility to identify temperature asymmetry between the right and left legs, which is indirectly associated with biomechanics. As a result of a series of strength exercises, a significant decrease in mean facial and neck temperatures was recorded (mean by 3.5°C, min by 7.2°C), which demonstrates a higher involvement of temperature control with the balance shifted towards increased heat loss. **Conclusion.** Temperature control during different exercise intensities allows to make a conclusion about the prospects of temperature measurements for obtaining health information. Continuous temperature control through an integrated thermal camera will allow recording critical changes, identifying intensity zones, measuring load symmetry, and, thus, enhancing training efficiency, while reducing the risk of injuries.

Keywords: temperature control, thermography, exercise, cycle ergometer, running performance, push-ups

Acknowledgements. This work was accomplished as part of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation FENU-2020-0022, No 2020072Г3.

For citation: Erlikh V.V., Merkasimova O.S., Cherepova I.V., Piskaev A.A. Thermography measurements of temperature response to different physical activities. *Human. Sport. Medicine.* 2022;22(3):80–90. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm220310

Введение. Инфракрасная термография – это бесконтактная технология, используемая для контроля температуры кожи. Эффективность, безопасность и низкая ее стоимость делают его полезным инструментом для обнаружения тепловых изменений, оценки повышения или понижения температуры поверхности кожи [2, 8]. В идеале наша кожа должна поддерживать постоянный тепловой паттерн в течение времени, поддерживая тело в тепловом балансе или «гомеотермии» [6].

Во время упражнения человеческому телу необходимо регулировать внутреннюю температуру, чтобы предотвратить перегрев из-за выработки тепла. В начале упражнения наблюдается кожная вазоконстрикция из-за увеличения кровотока в сокращающейся мышце.

По мере того, как увеличивается время упражнения и повышается внутренняя температура, включаются центральные регуляторные механизмы, вызывающие расширение сосудов и рассеивание тепла через кожу [5].

Установлено, что существует корреляция между активацией мышц и изменением температуры кожи [7]. В зависимости от типа упражнения и интенсивности область, прилегающая к мышцам, участвующим в упражнении, может испытывать снижение или повышение температуры кожи. Определяющим это являются сочетания таких факторов, как метаболизм, интенсивность сокращения мышц, потоотделение или кровотока кожи [4].

В одном из недавних исследований [1] изучалась возможность использования термо-

графии для оценки мышечного утомления во время низких изометрических усилий. Результаты показали, что изометрическое сокращение приводит к увеличению температуры кожи в области работающей мышцы, причем данные изменения достоверно коррелируют с параметрами электромиограммы. В другом исследовании [5] авторы изучали терморегуляцию локальной мышечной области, участвующей в локализованном упражнении с постоянной нагрузкой (2 минуты подъема, стоя на пятках) с использованием термографии. Результаты показали, что температура кожи в области ахиллова сухожилия повышается на $1,0 \pm 0,2$ °C у тренированных лиц и на $0,4 \pm 0,1$ °C – у нетренированных.

Результаты ранее полученных исследований указывают на возможную взаимосвязь между изменением температуры кожи мышц и величиной мышечной нагрузки. Так как при помощи тепловизора температуру кожи гораздо легче измерить, чем проводить комплекс диагностических мероприятий (электромиография, пульсометрия, видеоанализ биомеханики), дальнейшие исследования в этой области могли бы дать нам новый инструмент для легкого контроля мышечной усталости. Одним из таких прикладных применений термографии может являться ее интеграция в интеллектуальные тренажеры «нового» поколения, позволяющие проводить постоянный мониторинг функционального состояния человека, контроля за биомеханикой выполнения упражнений [3].

Цель исследования – термографическая оценка изменений температуры кожи различных участков тела при выполнении различных физических нагрузок.

Материалы и методы. Была проведена серия исследований с участием 4 здоровых добровольцев в возрасте 21–26 лет. Двум испытуемым была предложена физическая нагрузка в виде ступенчато возрастающей нагрузки на велоэргометре Shiller (проба PWC₁₇₀), одному – 10-минутный бег на беговой дорожке и одному – сгибание рук в упоре лежа – 3 подхода по 40 раз с интервалом отдыха 1 минута. Оценка температуры кожи осуществлялась до нагрузки и сразу после с использованием бесконтактного тепловизора Baltech. Для обработки полученных изображений применялось специальное программное обеспечение Baltech Expert.

Результаты. На рис. 1 представлен пример изображения, получаемого с тепловизора во время физической нагрузки на велоэргометре.

Визуальная интерпретация данных сводится к оценке цвета изображения, где в данной палитре синий цвет является участком с минимальной температурой, желтый – с максимальной.

На рис. 2 представлена тепловая реакция после выполнения пробы PWC₁₇₀ на велоэргометре.

Как видно из рис. 2, цветовая палитра визуальной оценки в данном случае изменена на фиолетово-желтую, что позволяет лучше оце-



Рис. 1. Пример изображения с тепловизора и тепловой шкалой
Fig. 1. An example of a thermal image with a temperature scale

нивать сосудистую реакцию и, следовательно, косвенно оценивать величину нагрузки на определенные группы мышц. В частности, при анализе термограмм (вид сзади) отчетливо видна сосудистая реакция в нижних конечностях, тогда как при оценке спереди резко выделяются различия между участками голени и бедра. Можно предполагать, что это является следствием неравномерной нагрузки на различные мышечные группы ног – в процессе велоэргометрической пробы доброволец осуществлял работу преимущественно за счет задней поверхности бедра и голени, когда как мышцы передней поверхности бедра были недостаточно нагружены. Следовательно, такой подход к интерпретации данных термографии при мышечной нагрузке позволяет косвенно оценивать биомеханику движения и формировать рекомендации о необходимых мерах по ее коррекции. Кроме того, в случае выявления факта температурных асимметрий в сосудистой реакции на нагрузку ногами можно делать вывод о наличии ортопедических проблем, например, вальгусной деформации, перекоса таза, что и приводит к неравномерному распределению нагрузки.

Ниже, на рис. 3 и 4, представлены результаты термографического контроля до и после выполнения пробы PWC₁₇₀ на велоэргометре добровольцем мужского пола.

Визуальное сравнение термограмм до и после выполнения пробы PWC₁₇₀ на велоэргометре позволяет говорить о видимых температурных изменениях на передней части тела, особенно в медиальной области колен-

ных суставов. Возможно, в отличие от первого добровольца, данная реакция определяется большим участием в работе разгибателей бедра, особенно на левой ноге. Можно сделать вывод о наличии ограничений в системе агонист – антагонист ротаторов тазобедренных суставов, что и приводит к перенапряжению в области прикрепления портняжной, тонкой и медиальной широкой мышц.

С целью выявления возможности оценки реакции на физическую нагрузку при помощи термографического контроля за видимыми участками тела человека (создание технологии ThermoControl для интеграции в тренажеры с искусственным интеллектом) нами были проанализированы участки шеи и лица (рис. 5, 6). Помимо тепловизионных изображений добавлены значения средней (t_{cp}), максимальной (t_{max}) и минимальной (t_{min}) температур кожи в анализируемых участках, полученные при их обработке в программе Baltech Expert.

Выявлены существенные изменения температуры, являющиеся отражением функционирования как центральных, так и периферических регуляторных механизмов (рис. 5, 6). Так, температура на задней поверхности шеи снизилась: средняя – на 1,1 °С, максимальная – на 1,5 °С, минимальная – на 1,0 °С. Температура передней части шеи также уменьшилась: средняя – на 1,5 °С, максимальная – на 1,9 °С, минимальная – на 0,8 °С. В зоне лица зафиксирована иная динамика температур: средняя увеличилась на 0,9 °С, максимальная снизилась на 0,5 °С, минимальная осталась неизменной на величине 30,8 °С.



Рис. 2. Термографическая оценка на дозированную физическую нагрузку
Fig. 2. Temperature assessment for a given exercise dose



Рис. 3. Термографическая оценка до выполнения дозированной физической нагрузки:
А – вид сзади, В – вид спереди
Fig. 3. Pre-exercise temperature assessment: A – rear view; B – front view



Рис. 4. Термографическая оценка после выполнения дозированной физической нагрузки:
А – вид сзади, В – вид спереди
Fig. 4. Post-exercise temperature assessment: A – rear view; B – front view

Для выявления особенности реакции передней части шеи и лица был проведен сравнительный анализ динамики температур до и после физической нагрузки. Если до нагрузки t_{cp} лица была ниже t_{cp} шеи на $2,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, то после нагрузки стала выше на $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$; t_{max} лица до нагрузки была выше на $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, после – на $1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, t_{min} до нагрузки на лице была ниже на $1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, после – также ниже на $1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Таким образом, на данном примере можно сформулировать определенные температурные реакции видимых зон тела человека,

фиксируя которые, можно создать систему непрерывного термографического мониторинга реакции человека на субмаксимальную физическую нагрузку. Схематически такую реакцию можно представить в виде перечня изменений:

- снижение t_{cp} , t_{max} и t_{min} шеи сзади на $1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ и более;
- снижение t_{cp} , t_{max} и t_{min} шеи спереди на $0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ и более;
- увеличение t_{cp} лица на $0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ и более;
- выравнивание t_{cp} передней части шеи и

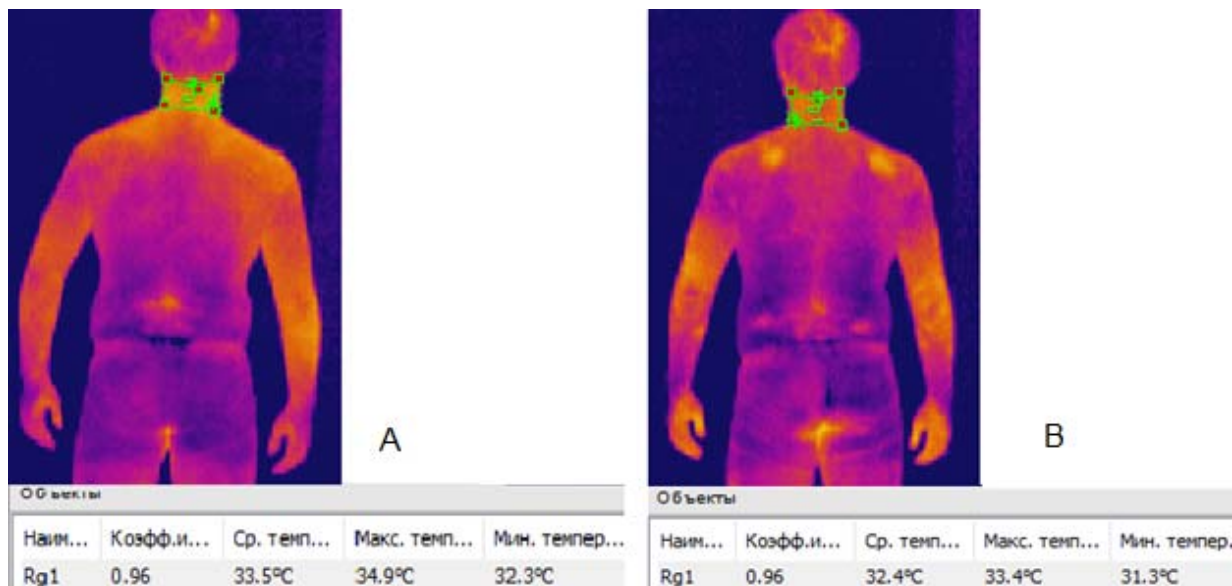


Рис. 5. Термографическая оценка зоны задней части шеи: А – до нагрузки, В – после нагрузки
Fig. 5. Temperature assessment of the back of the neck: А – pre-exercise; В – post-exercise

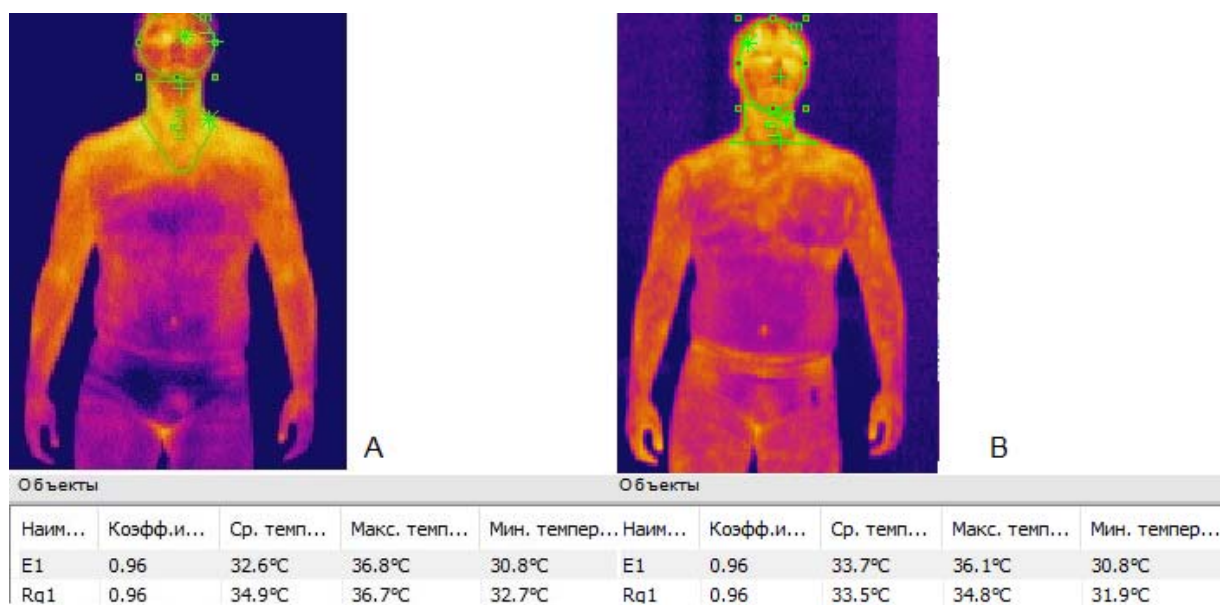


Рис. 6. Термографическая оценка зоны передней части шеи и лица: А – до нагрузки, В – после нагрузки
(E1 – зона лица, Rg1 – зона шеи)
Fig. 6. Temperature assessment of the neck and facial areas: А – pre-exercise; В – post-exercise
(E1 – facial area, Rg1 – neck area)

лица при увеличении различий между t_{max} лица и передней части шеи на более чем $1,0^{\circ}\text{C}$.

Для оценки температурной реакции нижних конечностей на беговую нагрузку нами было проведено исследование на добровольце (10-минутный бег на беговой дорожке). На рис. 7, 8 представлены результаты термографии до бега, на рис. 9, 10 – после.

При анализе термограмм нижних конечностей до бега установлены следующие основные характеристики:

– задняя поверхность – средняя температура зафиксирована в интервале $27,0\text{--}28,5^{\circ}\text{C}$, $t_{max} - 29,9^{\circ}\text{C}$; $t_{min} - 24,9^{\circ}\text{C}$.

– передняя поверхность – средняя температура голени выше t_{cp} бедра на $1,3\text{--}1,4^{\circ}\text{C}$ (бедро $27,3\text{--}27,5^{\circ}\text{C}$, голень $28,7\text{--}28,8^{\circ}\text{C}$); $t_{max} - 30,3^{\circ}\text{C}$; $t_{min} - 25,9^{\circ}\text{C}$.

Результаты термографического исследования после бега (см. рис. 9, 10) позволяют выявить определенные закономерности изменения температуры кожи в ответ на физическую

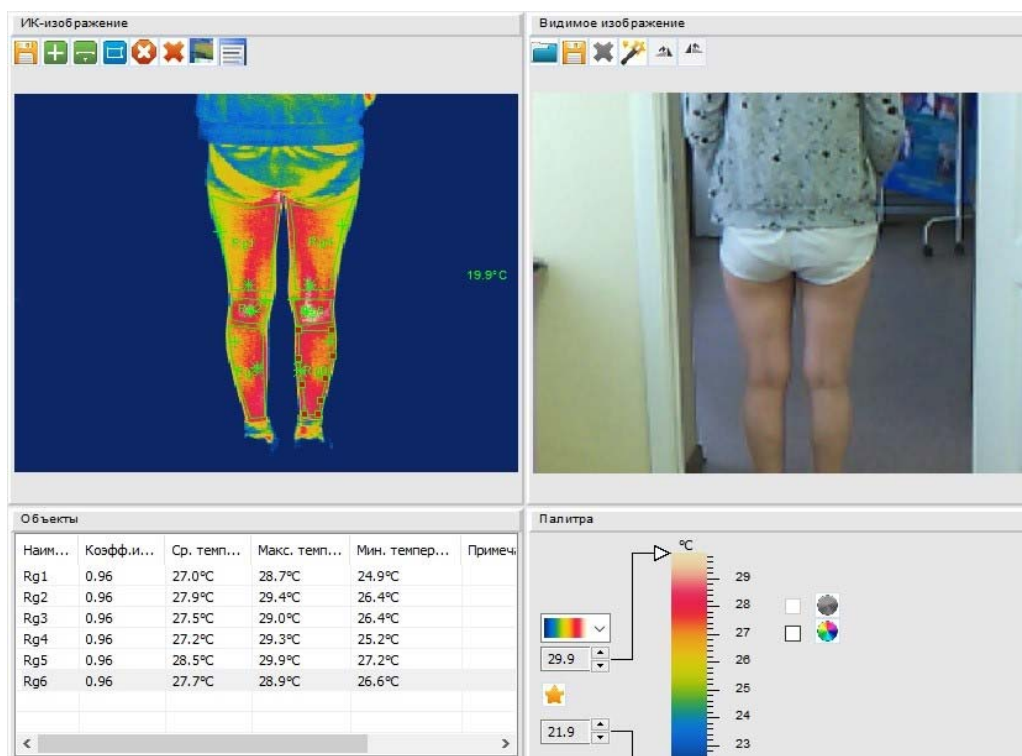


Рис. 7. Термографическая оценка зон задней поверхности нижних конечностей до 10-минутного бега (левая нога: Rg1 – бедро, Rg2 – подколенная ямка, Rg3 – голень; правая нога: Rg4 – бедро, Rg5 – подколенная ямка, Rg6 – голень)

Fig. 7. Temperature assessment of the posterior surface of the lower extremities before a 10-minute treadmill run (left leg: Rg1 – thigh, Rg2 – popliteal fossa, Rg3 – shin; right leg: Rg4 – thigh, Rg5 – popliteal fossa, Rg6 – shin)

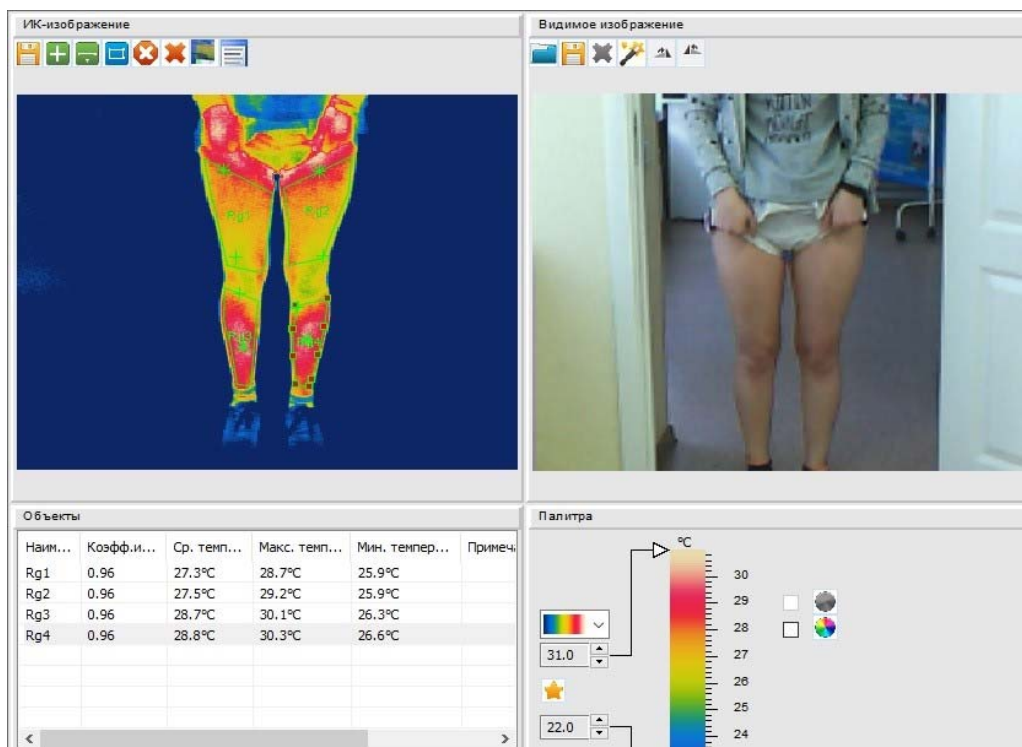


Рис. 8. Термографическая оценка зон передней поверхности нижних конечностей до 10-минутного бега (правая нога: Rg1 – бедро, Rg3 – голень; левая нога: Rg2 – бедро, Rg4 – голень)

Fig. 8. Temperature assessment of the anterior surface of the lower extremities before a 10-minute treadmill run (left leg: Rg1 – thigh, Rg3 – shin; right leg: Rg2 – thigh, Rg4 – shin)

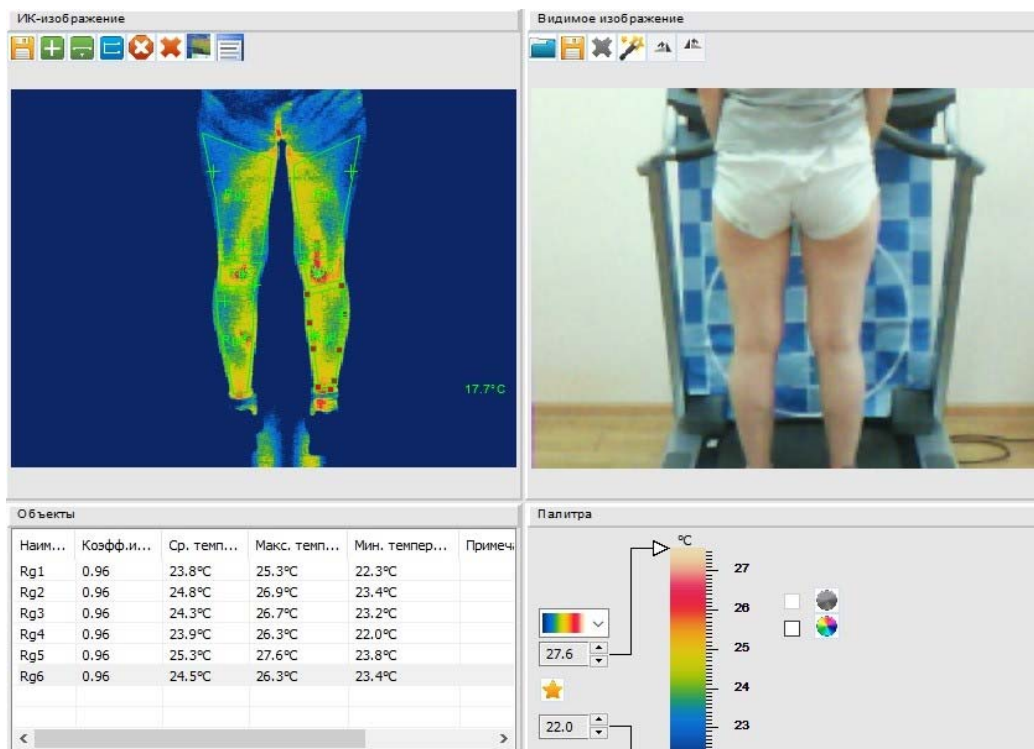


Рис. 9. Термографическая оценка зон задней поверхности нижних конечностей после 10-минутного бега (левая нога: Rg1 – бедро, Rg2 – подколенная ямка, Rg3 – голень; правая нога: Rg4 – бедро, Rg5 – подколенная ямка, Rg6 – голень)

Fig. 9. Temperature assessment of the posterior surface of the lower extremities after a 10-minute treadmill run (left leg: Rg1 – thigh, Rg2 – popliteal fossa, Rg3 – shin; right leg: Rg4 – thigh, Rg5 – popliteal fossa, Rg6 – shin)

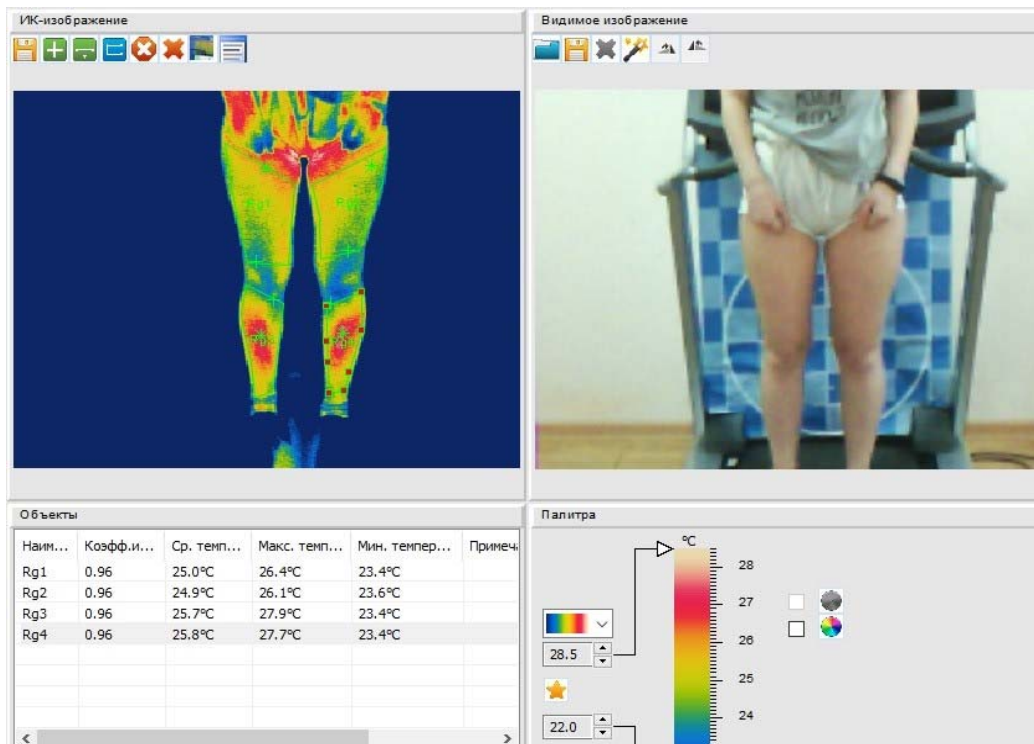


Рис. 10. Термографическая оценка зон передней поверхности нижних конечностей после 10-минутного бега (правая нога: Rg1 – бедро, Rg3 – голень; левая нога: Rg2 – бедро, Rg4 – голень)

Fig. 10. Temperature assessment of the anterior surface of the lower extremities after a 10-minute treadmill run (left leg: Rg1 – thigh, Rg3 – shin; right leg: Rg2 – thigh, Rg4 – shin)

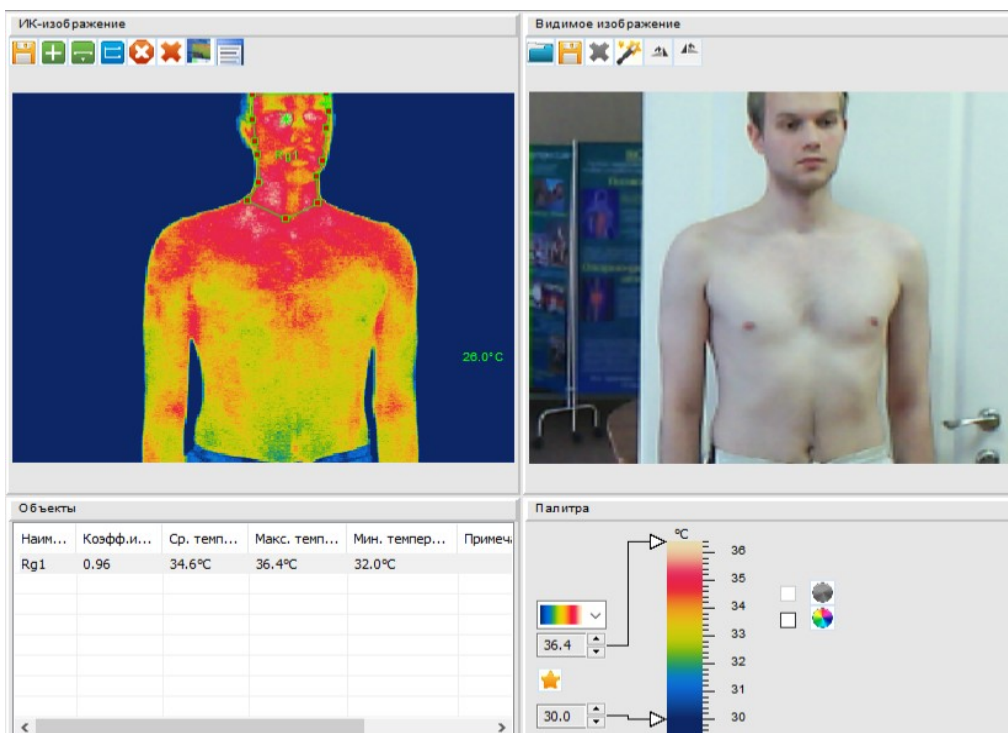


Рис. 11. Термографическая оценка зоны лица и шеи до выполнения серии упражнений «сгибание рук в упоре лежа»
Fig. 11. Temperature assessment of the neck and facial areas before a series of push-ups

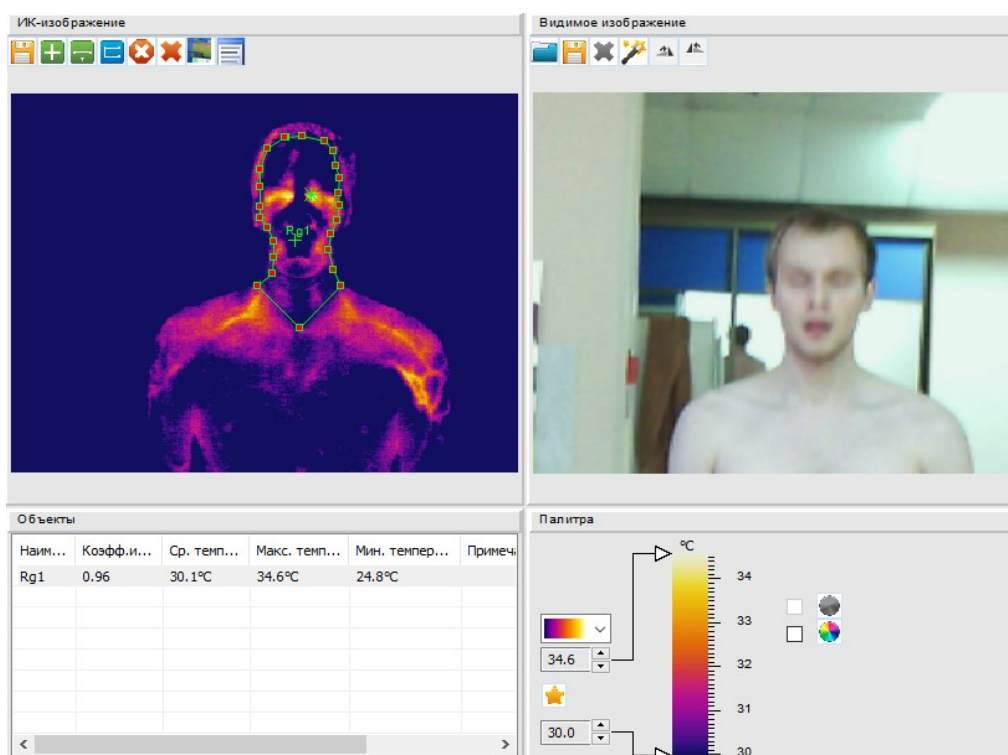


Рис. 12. Термографическая оценка зоны лица и шеи после выполнения серии упражнений «сгибание рук в упоре лежа»
Fig. 12. Temperature assessment of the neck and facial areas after a series of push-ups

нагрузку. Установлено, что как на передней, так и на задней поверхности ног наблюдается снижение температуры. В частности, t_{cp} на задней поверхности составила 23,8–24,8 °С (уменьшение на 3,2–3,7 °С), на передней – 24,9–25,8 °С (уменьшение на 1,5–3,9 °С).

Максимальные и минимальные значения температуры также снизились:

– задняя поверхность – t_{max} – 27,6 °С (уменьшение на 2,3 °С), t_{min} – 22,0 °С (уменьшение на 2,9 °С);

– передняя поверхность – t_{max} – 27,9 °С (уменьшение на 2,4 °С); t_{min} – 23,4 °С (уменьшение на 2,5 °С).

При визуальной оценке термограммы задней поверхности ног после 10-минутного бега обращает на себя внимание высокая температура в области правой подколенной ямки. Сравнительный анализ показывает, что если до бега различия t_{max} этой области составляли 0,5 °С (левая 29,4 °С, правая 29,9 °С), то после – 1,3 °С (левая 26,9 °С, правая 27,6 °С). Вероятно, увеличение температурной асимметрии является следствием неправильной техники бега, чрезмерной нагрузки на правую ногу, например, из-за наличия вальгусной деформации правого голеностопного сустава или перекоса таза.

Следовательно, после 10-минутного бега наблюдается снижение температуры нижних конечностей, сопоставимых с аналогичной динамикой в области шеи. Важным аспектом проведения термографического контроля является возможность оценки температурных асимметрий между правой и левой ногами, являясь методом оценки биомеханики.

На рис. 11, 12 представлены результаты анализа изменения температуры лица и шеи до и после выполнения добровольцем серии отжиманий от пола (сгибание рук в упоре лежа – 3 подхода по 40 раз с интервалом отдыха 1 минута).

Из рис. 11, 12 видно, что данный вариант физической нагрузки также вызывает снижение средней температуры. В частности, в анализируемой области наблюдается ее уменьшение на 3,5 °С (с 34,6 до 30,1 °С) еще более выраженное снижение t_{min} на 7,2 °С (с 32,0 до 24,8 °С). Значения t_{max} остались неизменными, так как определяются температурой глазных яблок.

Следовательно, при выполнении упражнений силового характера, в отличие от циклической работы, в зоне лица и шеи наблюдается существенное снижение средней и минимальной температур, что свидетельствует о более высоком уровне включения механизмов терморегуляции, смещая баланс в сторону усиленной теплоотдачи.

Заключение. Проведённая серия исследований с различной физической нагрузкой под температурным контролем позволяет сделать вывод о перспективности использования данного метода для оценки состояния человека. Непрерывный термографический мониторинг с использованием интегрированного в различные тренажеры тепловизора позволит фиксировать не только критические изменения состояния, но и определять зоны интенсивности, оценивать симметричность нагрузки, тем самым повышая эффективность тренировочного процесса при снижении его травматичности.

Список литературы / References

1. Bartuzi P., Roman-Liu D., Wiśniewski T. The Influence of Fatigue on Muscle Temperature. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 2012, vol. 18 (2), pp. 233–243. DOI: 10.1080/10803548.2012.11076931
2. Epishev V., Nenasheva A., Korableva Yu. et al. Skin Temperature in Young Women with Low Values of Adipose Tissue. *Annals of Applied Sport Science*, 2019, vol. 7 (4), pp. 61–71. DOI: 10.29252/aassjournal.780
3. Epishev V.V., Maksakov D.G., Korovin K.V. et al. Intelligent Weight Machines with Load Adjustment Based on Servo Drive (Project Under Development). *Journal Sibir Federal University Humanity Social Science*, 2021, vol. 14 (2), pp. 241–249. DOI: 10.17516/1997-1370-0715
4. Fernández-Cuevas I., Marins J.C.B., Lastras J.A. et al. Classification of Factors Influencing the Use of Infrared Thermography in Humans: A Review. *Infrared Physics & Technology*, 2015, vol. 71, pp. 28–55. DOI: 10.1016/j.infrared.2015.02.007
5. Formenti D., Ludwig N., Gargano M. et al. Thermal Imaging of Exercise-Associated Skin Temperature Changes in Trained and Untrained Female Subjects. *Ann Biomedical Engineering*, 2013, vol. 41, pp. 863–871. DOI: 10.1007/s10439-012-0718-x

6. Frim J., Livingstone S.D., Reed L.D. et al. Body Composition and Skin Temperature Variation. *Journal of Applied Physiology*, 1990, vol. 68 (2), pp. 540–543. DOI: 10.1152/jappl.1990.68.2.540
7. Kenny G.P., Jay O. Sex Differences in Postexercise Esophageal and Muscle Tissue Temperature Response. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 2007, vol. 292 (4), pp. 1632–1640. DOI: 10.1152/ajpregu.00638.2006
8. Laffaye G., Epishev V.V., Tetin I.A. Predicting Body Fat Mass by IR Thermographic Measurement of Skin Temperature: a Novel Multivariate Model. *Quantitative Infra Red Thermography Journal*, 2020, vol. 17 (3), pp. 192–209. DOI: 10.1080/17686733.2019.1646449

Информация об авторах

Эрлих Вадим Викторович, доктор биологических наук, профессор кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет. Россия, 454080, Челябинск, проспект Ленина, д. 76.

Меркасимова Ольга Сергеевна, аспирант кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет. Россия, 454080, Челябинск, проспект Ленина, д. 76.

Черепова Ирина Владимировна, аспирант кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет. Россия, 454080, Челябинск, проспект Ленина, д. 76.

Пискаев Александр Александрович, аспирант кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет. Россия, 454080, Челябинск, проспект Ленина, д. 76.

Information about the authors

Vadim V. Erlikh, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Theory and Methods of Physical Education and Sport, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Olga S. Merkasimova, Postgraduate Student, Department of Theory and Methods of Physical Education and Sport, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Irina V. Cherepova, Postgraduate Student, Department of Theory and Methods of Physical Education and Sport, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Aleksandr A. Piskaev, Postgraduate Student, Department of Theory and Methods of Physical Education and Sport, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Статья поступила в редакцию 12.04.2022

The article was submitted 12.04.2022