

УДК 612-014.464: 616-003.96-073.65

ТЕХНОЛОГИЯ ОЦЕНКИ РЕЗЕРВОВ АДАПТАЦИИ ЧЕЛОВЕКА К ГИПОКСИИ С ПОМОЩЬЮ ИНФРАКРАСНОЙ ТЕРМОГРАФИИ

Касаткин А. А.

ГБОУ ВПО «Ижевская государственная медицинская академия» МЗ РФ, Ижевск, Россия (426034, ул. Коммунаров, 281), e-mail: ant-kasatkin@yandex.ru

Проведено исследование температуры и спектра инфракрасного излучения подушечек пальцев рук 75 здоровых добровольцев и 25 пациентов с геморрагическим шоком с помощью тепловизора в диапазоне температур +25 – +36 °С до, во время и после 2-х минутной искусственной ишемии руки, создаваемой с помощью манжеточного окклюзионного теста (Cuff Occlusion Test, COT). Выявлено, что у всех здоровых добровольцев в постокклюзионном периоде регистрировалась гипертермия подушечек пальцев, характеризующаяся повышением температуры на 0,1–1,0 °С выше исходных показателей и изменением цвета их инфракрасного изображения на экране тепловизора с синего на красный. У пациентов с шоком в постокклюзионном периоде указанная гипертермия не наблюдалась. Таким образом, появление гипертермии конечности в постокклюзионном периоде свидетельствует об устранении гипоксии и сохранении у человека резервов адаптации к ней, а отсутствие гипертермии – о сохранении гипоксии и истощении резервов адаптации. Предложенная технология инфракрасной термографии с применением манжеточного окклюзионного теста позволяет быстро, безопасно и многократно проводить оценку резервов адаптации здорового или больного человека к гипоксии, вызванной геморрагическим шоком. Использование данной технологии в клинических условиях до, во время и после курса противогипоксической терапии позволяет оценить эффективность лечения пациентов.

Ключевые слова: инфракрасная термография; адаптация; шок; манжеточный окклюзионный тест.

TECHNOLOGY OF ASSESSMENT RESERVES ADAPTATION HUMAN TO HYPOXIA USING INFRARED THERMOGRAPHY

Kasatkin A. A.

Izhevsk State Medical Academy, Izhevsk, Russia (426034, Izhevsk, street Kommunarov, 281), e-mail: ant-kasatkin@yandex.ru

Investigated temperature and infrared spectrum fingerpads 75 healthy volunteers and 25 patients with hemorrhagic shock was performed before, during, and after a 2-minute ischemia artificial hand (Cuff Occlusion Test, COT) using thermal at temperature range +25 – +36 °C. It is shown that all healthy volunteers postocclusion period recorded hyperthermia fingertips, characterized by fever at 0,1–1,0 °C above the baseline and the change in the color of their infrared thermal image on the screen from blue to red. In patients with shock in postocclusion period specified hyperthermia was observed. Thus, the appearance of the limb hyperthermia in postocclusion period indicates the absence of hypoxia and conservation reserves of adaptation to hypoxia, and its absence – the preservation of hypoxic damage and the depletion of the reserves of adaptation. The proposed technology of infrared thermography using an occlusive cuff test can quickly, safely and repeatedly assess adaptation reserves healthy or ill person to hypoxia-induced hemorrhagic shock. Using this technology in the clinical setting prior to, during and after the course of therapy antihypoxic to evaluate the effectiveness of treatment of patients.

Keywords: infrared thermography; adaptation; shock; cuff occlusion test.

Одной из составляющих успешного лечения пациентов с геморрагическим шоком является сохранение их адаптационных резервов к различным видам гипоксии, которая является ключевым фактором, определяющим тяжесть состояния пациентов, вероятность развития у них полиорганной недостаточности и смерти [13]. Имеющиеся сегодня в арсенале врачей клинические, инструментальные и лабораторные методы выявления гипоксии, при

геморрагическом шоке, основанные на определении качественного и количественного газового и кислотно-основного состава артериальной и венозной крови, содержания отдельных газов во вдыхаемой и выдыхаемой пациентами газовой смеси, изменении локального кровотока в выбранном участке ткани, позволяют лишь косвенно судить о кислородной обеспеченности тканей и органов пациентов, а также об уровне аэробного метаболизма в них [2]. При этом указанные современные технологии не дают информации о резервах адаптации здорового и больного человека к гипоксии [3,11].

В то же время, в исследованиях, проведенных в последние годы, была показана высокая диагностическая ценность инфракрасной термографии различных участков поверхности тела человека в оценке их гипоксических, ишемических и лекарственных повреждений как у взрослых [1, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 14, 17], так и у детей [18]. К настоящему времени уже разработаны технологии инфракрасного мониторинга для оценки обратимости гипоксического повреждения и эффективности реанимации пациентов, находящихся в состоянии клинической смерти [8], а также оценки гипоксии плодов в заключительном периоде родов [15, 16]. Однако технология оценки адаптационных резервов живого человека к гипоксии и эффективности противогипоксического лечения остается несовершенной.

В связи с этим, целью нашего исследования явилась разработка технологии оценки резервов адаптации человека к гипоксии с помощью инфракрасной термографии.

Материалы и методы. Термографическое исследование с помощью тепловизора марки ThermoTracer TH9100XX (NEC, USA) в диапазоне температур $+25 - +36$ °C было проведено у 75 здоровых добровольцев (контрольная группа, средний возраст 35 ± 8 лет) и у 25 пациентов (средний возраст 44 ± 12 лет), находившихся на стационарном лечении в отделении анестезиологии-реанимации клинической больницы г. Ижевска с диагнозом геморрагический шок (группа наблюдения). Критериями исключения обследуемых из исследования были курение, прекращение приема лекарственных и средств и алкоголя менее чем за 10 дней до исследования. Критерием включения пациентов в группу наблюдения явились острая постгеморрагическая анемия (гемоглобин ≤ 80 г/л), гипотония (систолическое артериальное давление ≤ 90 мм рт. ст.), а критерием исключения явились такие сопутствующие заболевания как сахарный диабет, атеросклероз сосудов конечностей и болезнь Рейно. В качестве объекта исследования динамики температуры и спектра инфракрасного излучения были выбраны подушечки пальцев рук обследуемых. Все наблюдения и измерения были выполнены в помещении с температурой окружающего воздуха $+24 - +25$ °C.

Для повышения точности исследования инфракрасный мониторинг был проведен с использованием 2-х минутного манжеточного окклюзионного теста [4], который заключался в том, что предварительно все обследуемые укладывались в горизонтальное положение – лежа на спине, для исследования выбирали руку с наибольшей пульсацией в ее дистальном отделе, после чего на нижнюю треть плеча выбранной верхней конечности накладывали пневматическую манжету и раздували ее до минимального давления, необходимого для прекращения пульсации на период времени 120 секунд, после чего давление в манжете устраняли.

Статистическая обработка результатов проведена с помощью программы BIOSTAT. Вычисляли среднюю арифметическую (M), ошибку средней арифметической (m), коэффициент достоверности. Степень различий показателей определяли по отношению к исходным показателям. Разницу значений считали достоверной при $P \leq 0,05$.

Результаты. Проведенная нами предварительная инфракрасная термография пальцев рук обследуемых выявила, что в группе здоровых добровольцев температура подушечек пальцев находилась в диапазоне от $+27,0$ до $+35,0$ °C, при этом средний показатель температуры в группе составил $+33,0 \pm 2,4$ °C ($n=75$, $P \leq 0,05$). В то же время у пациентов с геморрагическим шоком средний показатель температуры подушечек пальцев в группе составил $+27,3 \pm 2,1$ °C ($n=25$, $P \leq 0,05$), а диапазон температур был представлен значениями от $+25,0$ до $+30,0$ °C. Поскольку значения температур подушечек пальцев, находящихся в диапазоне $+27 - +30$ °C встречались у обследуемых из обеих групп, нами было сделано заключение о том, что абсолютные значения температуры подушечек пальцев рук не точно отражают состояние здоровья людей.

Для повышения точности исследования адаптационных резервов к гипоксии в обеих группах инфракрасная термография нами была проведена с применением 2-х минутной ишемии (Cuff Occlusion Test, COT). Результаты проведенного исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1. Динамика температуры подушечек пальцев рук до, во время и после 2-х минут ишемии у взрослых здоровых добровольцев и больных с геморрагическим шоком

Температура (°C)			
Исходные значения	К концу 2-х мин ишемии	Через 90 с после прекращения 2-х мин ишемии	Через 300 с после прекращения 2-х мин ишемии
Здоровые добровольцы ($n=75$)			
$33,0 \pm 2,4$	$29,7 \pm 2,5$	$34,6 \pm 1,5$	$33,1 \pm 2,9$
Пациенты с геморрагическим шоком ($n=25$)			

С кровопотерей <35 % ОЦК (n=19)			
27,3 ±2,1*	26,2 ±1,1*	26,0 ± 1,5*	27,2 ± 1,8*
С кровопотерей >35 % ОЦК (n=6)			
26,6 ±1,5*	25,0 ±0,7*	25,7 ± 0,6*	25,6 ± 1,1*

Примечание: * – достоверно при $P < 0,05$ по сравнению с контролем.

Обсуждение. Ишемия руки при проведении СОР у всех обследуемых сопровождалась снижением температуры подушечек пальцев и изменением цвета их инфракрасного изображения на экране тепловизора на синий. Существенные различия в динамике температурных изменений в подушечках пальцев обследуемых обеих групп были выявлены после прекращения теста. Так, у всех здоровых добровольцев было зарегистрировано появление локальной гипертермии подушечек пальцев, характеризующейся повышением их температуры на 0,1–1,0 °С выше исходных показателей и изменением цвета их инфракрасного изображения на экране тепловизора с синего на красный. Полное восстановление исходных показателей температуры и цветности инфракрасного излучения у них происходило через 3–5 минут после устранения ишемии (рис. 1).

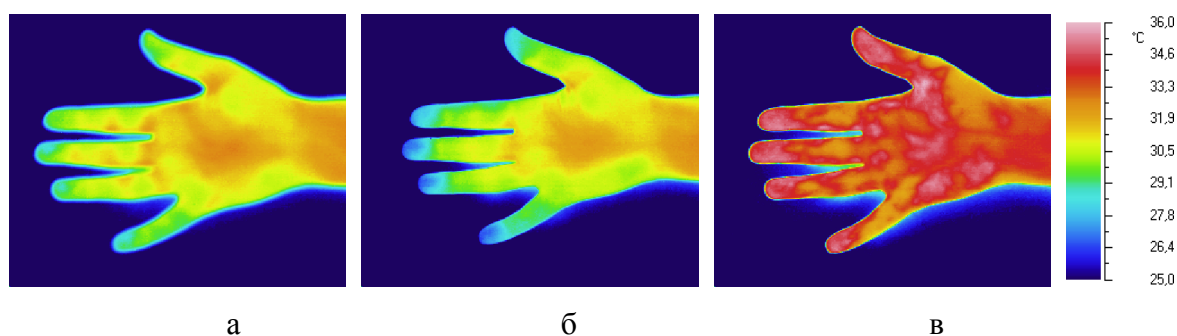


Рис. 1. Инфракрасное изображение ладонной поверхности правой кисти здорового добровольца В., 26 лет, до проведения проведения манжеточного окклюзионного теста (а), через 120 секунд от начала теста (б), через 90 секунд после прекращения теста (в)

В отличие от контрольной группы у обследуемых из группы наблюдения устранение окклюзии не сопровождалось появлением постокклюзионной гипертермии (рис. 2).

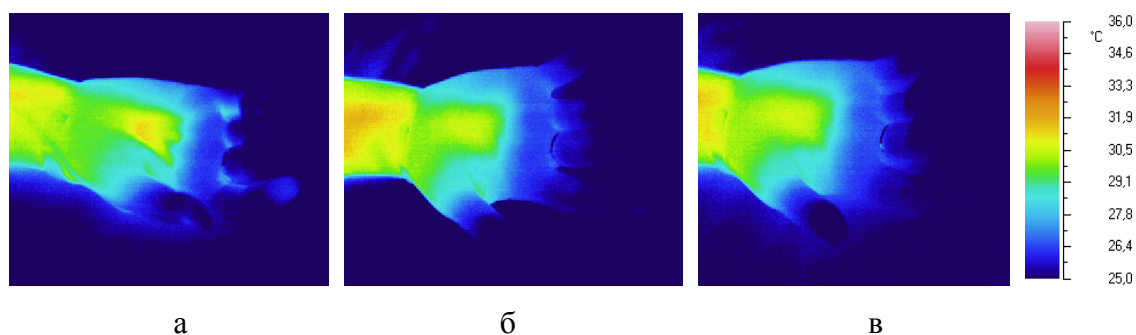


Рис. 2. Инфракрасное изображение ладонной поверхности правой кисти пациента С., 48 лет, до проведения проведения манжеточного окклюзионного теста (а), через 120 секунд от начала теста (б), через 90 секунд после прекращения теста (в)

Кроме того, было обнаружено, что у пациентов с расчетной кровопотерей <35 % от объема циркулирующей крови температура подушечек пальцев достигала исходных показателей через 5 минут как и в группе здоровых добровольцев, а у пациентов с кровопотерей >35 % температура подушечек пальцев оставалась ниже исходных показателей. Следует отметить, что у 2 пациентов с кровопотерей >35 % повторные термографические наблюдения не выявили повышения температуры подушечек после окклюзионного теста, несмотря на проводимые противошоковые мероприятия по общим правилам; они умерли через 24 и 29 часов после поступления в клинику. У всех выживших пациентов на фоне проведенной интенсивной терапии было зарегистрировано повышение температуры подушечек пальцев. Таким образом, появление постокклюзионной гипертермии конечности свидетельствует об устранении гипоксии и сохранении у человека резервов адаптации к ней, а ее отсутствие – о сохранении гипоксии и истощении резервов адаптации.

Заключение. Предложенная технология инфракрасной термографии с применением манжеточного окклюзионного теста позволяет быстро, безопасно и многократно проводить оценку резервов адаптации здорового или больного человека к гипоксии. Использование данной технологии в клинических условиях до, во время и после курса противогипоксической терапии пациентов может оценить ее эффективность.

Список литературы

1. Вавилов А. Ю., Витер В. И., Кононова С. А., Маркелова Н. Г., Ураков А. Л. Способ определения давности кровоподтеков на живых лицах // Патент России № 2405431. 2010. Бюл. № 34.
2. Касаткин А. А. Гипоксия тканей как причина развития полиорганной недостаточности при шоке. Экстренная медицина. – 2012. – № 3 (03). – С. 98–107.
3. Касаткин А. А. Экспертиза локальной фармакокинетики лекарственных средств в анестезиологии и реаниматологии / А. А. Касаткин, Е. В. Ивонина // Проблемы экспертизы в медицине. – 2013. 1 (49). – С. 21–23.
4. Касаткин А. А., Ураков А. Л., Руднов В. А. и соавт. Способ определения микроциркуляторных повреждений при шоке и эффективности противошокового лечения. Патент России № 2480183. 2013.

5. Ураков А. Л. Оценка эффективности оживляющих средств с помощью инфракрасной термометрии конечностей / А. Л. Ураков, Т. В. Уракова, Н. А. Уракова, А. А. Касаткин, Е. В. Ивонина // *Фундаментальные исследования*. – 2013. 7 (3) – С. 655-658.
6. Ураков А. Л. Влияние кратковременной гипоксии и ишемии на температуру кистей рук и цветовую гамму их изображения на экране тепловизора / А. Л. Ураков, Н. А. Уракова, Т. В. Уракова, А. А. Касаткин, Т. С. Козлова // *Медицинский альманах*. – 2010. № 2. – С. 299–301.
7. Ураков А. Л. Мониторинг инфракрасного излучения в области инъекции как способ оценки степени локальной агрессивности лекарств и инъекторов / А. Л. Ураков, Н. А. Уракова, Т. В. Уракова, А. А. Касаткин // *Медицинский альманах*. – 2009. – № 3. – С. 133–136.
8. Ураков А. Л., Руднов В. А., Касаткин А. А. Способ определения стадии гипоксического повреждения и вероятности оживления по А. Л. Уракову // Патент России № 2422090. 2011.
9. Халиков А. А., Вавилов А. Ю. Современные биофизические методы количественной регистрации в судебно-медицинской практике // *Медицинский вестник Башкортостана. Научно-практический журнал* – Уфа: Издательство ГОУ ВПО БГМУ Росздрава. –2007. Т. 2. № 1. – С. 50–56.
10. Kasatkin A. A. Effect of drugs temperature on infrared spectrum of human tissue // *Thermology International*. – 2013. 23 (2). – P. 72.
11. Mercer J. B., Ring E. F. G. Fever screening and infrared thermal imaging: concerns and guidelines // *Thermology International*. – 2009. 19 (3). – P. 67–99.
12. Nowakowski A. Active dynamic thermography and thermal tomography in medical diagnostics – advantages and limitations. Lecture notes of the ICB seminar “Advances of infra-red thermal imaging in medicine” (Warsaw, 30 June – 3 July 2013). Edited by A. Nowakowski, J. Mercer. – Warsaw, 2013. – P. 25–29.
13. Urakov A. L., Urakova N. A., Kasatkin A. A. Dynamics of temperature and color in the infrared image fingertips hand as indicator of the life and death of a person, Lecture notes of the ICB seminar “Advances of infra-red thermal imaging in medicine” (Warsaw, 30 June – 3 July 2013). Edited by A. Nowakowski, J. Mercer. – Warsaw, 2013. – P. 99–101.
14. Urakov A. L. Local body temperature as a factor of thrombosis / A. L. Urakov, N. A. Urakova, A. A. Kasatkin // *Thrombosis Research*. – 2013. 131, Suppl. 1: 79.
15. Urakov A. L. Urakova N. A. Thermography of skin as a method of increasing local injection safety // *Thermology International*. – 2013. 23 (2). – P. 70–72.
16. Urakov A., Urakova N., Kasatkin A. Temperature of newborns as a sign of life in Russia – time to change in World ? // *J. Perinat. Med.* – 2013. 41: 473.

17. Urakov A., Urakova N., Kasatkin A. Safe injections of antimicrobial drugs // *Journal of Infection Prevention*. –2013. V. 14. – P. 1–9.
18. Urakova N. A. Decrease of the temperature of the head of the fetus during birth as a symptom of Hypoxia // *Thermolgy International*. – 2013. 23 (2). – P. 74–75.

Рецензенты:

Вавилов А. Ю., д.м.н., доцент, доцент кафедры судебной медицины ГБОУ ВПО «Ижевская государственная медицинская академия» МЗ РФ, г. Ижевск.

Варганов М. В., д.м.н., доцент, доцент кафедры факультетской хирургии ГБОУ ВПО «Ижевская государственная медицинская академия» МЗ РФ, г. Ижевск.