

А.Л. Ураков, А.А. Касаткин, Н.А. Уракова

Инфракрасная термография пальцев и ладоней при шоке как способ оценки устойчивости пациентов к гипоксии и «отзывчивости» их к оживлению

Ижевская государственная медицинская академия, Ижевск

Резюме. Предложена функциональная проба на устойчивость пациентов к гипоксии при шоке и их реагировании на реанимацию. Для этого предлагается определять динамику температуры и цвета инфракрасного изображения пальцев и ладоней до, во время и на протяжении 1,5 мин после 2 мин ишемии, создаваемой путем наложения манжеты на уровне середины плеча. При повышении температуры пальцев и ладоней и смене цвета их инфракрасного изображения на экране тепловизора с синего на красный после прекращения ишемии выдается заключение о высокой устойчивости исследуемого к гипоксии и о хорошей «отзывчивости» его к реанимации. При сохранении гипотермии в пальцах и ладонях, а также синего цвета их инфракрасного изображения на экране тепловизора после прекращения ишемии выдается заключение о низкой устойчивости пациента к гипоксии и об отсутствии «отзывчивости» его к реанимации.

Подтверждено положение о том, что динамика температуры и цвета инфракрасного изображения пальцев и ладони после ишемической провокации может повысить точность диагностики тяжести геморрагического шока и оценки резервов адаптации пациента к нему, а также перспектив реанимации.

Ключевые слова: геморрагический шок, ишемическая провокация, температура, жизнь, реанимация, гипоксия, ишемия, гипотермия, тепловизор.

Введение. Стандартный комплекс реанимационных мероприятий не включает определение устойчивости пациентов к гипоксии, поэтому прогноз их реанимации не всегда достаточно точен [8, 11, 13, 14, 20]. Ранее нами [1] и К. Ammer [16] было показано, что точность прогноза может повысить инфракрасная термография оголенных участков тела пациентов, поскольку температура любой части тела человека связана с кислородным обменом в митохондриях [3]. В частности, показана высокая диагностическая роль динамики температуры в местах инъекций при оценке степени локальной агрессивности лекарств, включая кальция хлорид [4–7], в пальцах и ладонях у взрослых при оценке степени опасности ишемии, травматического и геморрагического шока [15–19, 22] и в голове плода при оценке его устойчивости к внутриутробной гипоксии [2, 9, 10, 21]. Однако отсутствует функциональная проба на устойчивость пациентов к гипоксии при шоке и на «отзывчивость» их к реанимации при клинической смерти. В связи с этим реанимация при огнестрельных ранениях и потере крови более 35–40% остается недостаточно эффективной.

Цель исследования. Изучить динамику температуры пальцев и ладоней у взрослых пациентов при геморрагическом шоке и стандартном комплексе оживления.

Материалы и методы. Исследование динамики локальной температуры и цвета инфракрасного изображения пальцев и ладоней правой руки на экране тепловизора было выполнено в период 2010–2012 гг. на 14 здоровых добровольцах (1-я группа) и на 25 пациентах отделения анестезиологии и реанимации с диагнозом «геморрагический шок, потеря крови 30–40%» (2-я группа) до, во время и на протяжении 5

мин после 2 мин искусственной ишемии, созданной с помощью наложения манжеты на уровне середины плеча (cuff occlusion test). Инфракрасные наблюдения температуры рук проведены с помощью тепловизора «Thermo tracer TH9100XX» (Соединенные Штаты Америки) в диапазоне температур +25–36°C в помещении с температурой воздуха +24–25°C. Полученные данные были обработаны с помощью программного обеспечения Thermography explorer и Image processor.

Статистическую обработку данных проводили с помощью методов вариационной статистики с использованием пакета прикладных программ Statistica 6.0. Достоверность оценивали путём применения t-критерия Стьюдента для непарных выборок, а проверку статистических гипотез осуществляли на уровне зависимости, равной и меньшей 0,05.

Результаты и их обсуждение. Показано, что температура ладонных поверхностей кончиков пальцев рук в норме (у взрослых здоровых добровольцев) находится в диапазоне +24–36°C, а у взрослых пациентов с геморрагическим шоком при кровопотере 30–40% – в диапазоне +24–30°C (в момент госпитализации их в клинику). Среднее значение температуры дистальных фаланг пальцев рук у здоровых добровольцев составило +33,0±1,2°C, у пациентов с геморрагическим шоком – +26,3±1,2°C. При этом инфракрасное изображение ладоней на экране тепловизора у здоровых людей было представлено в красно-оранжево-желто-зелено-синих цветах (что свидетельствует о термографии в пределах 34, 32, 30, 29 и 25°C соответственно), а в группе пациентов с геморрагическим шоком – в основном в синем цвете (что свидетельствует о термографии в диапазоне 25–28°C).

Следовательно, низкая температура и синий цвет инфракрасного изображения пальцев и ладоней рук людей не всегда свидетельствуют о критическом состоянии их здоровья. Поэтому выявление гипотермии в пальцах и ладонях еще не достаточно для констатации гипоксии, ишемии и/или геморрагического шока. В связи с этим далее для повышения точности оценки состояния здоровья пациентов исследовали не абсолютные значения температуры избранных частей рук, а динамику температуры в пальцах и ладонях, а также динамику цвета их инфракрасного изображения на экране тепловизора во время и после ишемии.

Выявлено, что прекращение пульсации лучевой артерии при наложении манжеты на уровне середины плеча приводит к гипотермии кистей рук как у здоровых добровольцев, так и у пациентов с геморрагическим шоком. В частности, через 2 мин ишемии среднее значение температуры кончиков пальцев ишемизированных рук в группе здоровых добровольцев составило $+31,8 \pm 0,8^\circ\text{C}$, в группе пациентов с геморрагическим шоком – $+24,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$. При этом подушечки пальцев ишемизированных рук у здоровых людей и у пациентов с геморрагическим шоком в инфракрасном спектре излучения были изображены на экране тепловизора в основном в синем цвете, что соответствует их температуре в пределах $+25-28^\circ\text{C}$.

После снятия манжеты и восстановления кровотока в руке динамика температуры и цвета инфракрасного изображения пальцев и ладоней у здоровых и больных людей отличались друг от друга. В частности, в группе здоровых через $2,5 \pm 1,0$ с после восстановления кровотока в руке температура пальцев начинала повышаться. Причем, через $55,5 \pm 3,5$ с она достигала исходных значений, а через $77,5 \pm 11,5$ с превышала исходные значения на $0,1-1,0^\circ\text{C}$. Одновременно с этим инфракрасное изображение подушечек пальцев на экране тепловизора постепенно меняло цвет с синего (что соответствует их температуре в диапазоне $+25-28^\circ\text{C}$) на красный (что соответствует их температуре в диапазоне $+31-34^\circ\text{C}$)

В группе здоровых добровольцев локальная гипотермия в подушечках пальцев рук сохранялась после устранения ишемии около 5 мин и через $4,9 \pm 0,25$ мин сменялась на нормотермию (температура достигала исходных значений).

В группе пациентов с геморрагическим шоком у 4 больных температура в пальцах и ладонях после ишемии не повышалась, а продолжала снижаться. При этом их инфракрасное изображение на экране тепловизора оставалось преимущественно в сине-зеленых цветах, что соответствовало температуре в диапазоне $+25-29^\circ\text{C}$. При этом показатели здоровья этих пациентов ухудшались, и они умерли в течение 24–48 ч после начала реанимации. Повторно проведенное исследование динамики температуры после многократной ишемии на фоне реанимации ни разу не выявляло периода локальной гипотермии в пальцах и ладонях обследуемых, а также смены цвета инфракрасного изображения пальцев и ладоней на экране тепловизора с синего на красный.

У оставшегося 21 пациента 2-й группы динамика температуры пальцев и ладоней рук после ишемии

имела характер, аналогичный динамике температуры в норме (в группе здоровых). В частности, температура ладоней и пальцев постепенно повышалась до исходных значений, а инфракрасное изображение пальцев и ладоней на экране тепловизора постепенно менялось с синего цвета на красно-оранжево-желто-зеленые цвета. Все эти пациенты оказались устойчивыми к геморрагическому шоку и остались живыми. Такой исход свидетельствует о том, что именно они имели наибольшую устойчивость к гипоксии при шоке.

Таким образом, получены данные об изменении температуры и инфракрасного изображения пальцев и ладоней у взрослых пациентов с потерей крови 30–40% и у здоровых добровольцев до, во время и на протяжении 5 мин после стандартной ишемической провокационной пробы. Выявлено, что через 1,5 минуты после ишемии температура и цвет инфракрасного изображения ладоней и пальцев у здоровых людей и у жизнеспособных пациентов восстанавливаются, а у нежизнеспособных пациентов не восстанавливаются.

На основании полученных данных предлагается новая функциональная проба, которая позволяет оценивать устойчивость пациентов к гипоксии при геморрагическом шоке и «отзывчивость» их к реанимации. С этой целью предлагается использовать стандартную ишемическую провокационную пробу и инфракрасный мониторинг температуры и изображения пальцев и ладони пациента на протяжении 1,5 мин после ишемии. При этом повышение температуры на $0,1-1,0^\circ\text{C}$, уменьшение размеров зоны локальной гипотермии и восстановление цвета инфракрасного изображения на экране тепловизора пальцев и ладони после ишемической провокации можно рассматривать как диагностический симптом жизнеспособности пациента, высокой его устойчивости к гипоксии при геморрагическом шоке и хорошей отзывчивости к реанимации, и наоборот. Иными словами, сохранение локальной гипотермии в кисти руки и синего цвета ее инфракрасного изображения на экране тепловизора после ишемической провокации можно рассматривать как симптом потенциальной нежизнеспособности пациента, низкой его устойчивости к гипоксии при геморрагическом шоке и отсутствии оптимальной «отзывчивости» к реанимации.

Одним из недостатков данного исследования является отсутствие лабораторных критериев качества крови, необходимых для оценки степени потери крови и диагностики степени геморрагического шока. Кроме этого, отсутствуют функциональные критерии качества коры головного мозга, необходимые для оценки степени гипоксического повреждения коры головного мозга. Однако, поскольку при массовых поражениях во время боевых действий и при природных и техногенных катастрофах все пациенты с геморрагическим шоком получают стандартный комплекс реанимационных мероприятий, на наш взгляд, вполне целесообразно использовать термографическое определение динамики температуры и цвета инфракрасного изображения дистальных участков рук для повышения точности диагноза, качества и прогноза интенсивной терапии.

Заключение. Подтверждено положение о том, что динамика температуры и цвета инфракрасного изображения пальцев и ладони после ишемической провокации может повысить точность диагностики тяжести геморрагического шока и оценки резервов адаптации пациента к нему, а также перспектив реанимации.

Литература

1. Касаткин, А.А. Повышение безопасности анестезиолого-реанимационного пособия при длительной искусственной вентиляции легких / А.А. Касаткин, А.Л. Ураков, Н.А. Уракова // Эфферентная терапия. – 2009. – Т. 15. – № 3–4. – С. 97–100.
2. Касаткин, А.А. Динамика лучевых свойств подушечек пальцев рук при их ишемии и дыхательной гипоксии как показатель противоишемической и антигипоксической активности лекарственных средств / А.А. Касаткин, А.Л. Ураков // Инновации в современной фармакологии. Мат. 4-го съезда фармакологов России. (18–21 сентября 2012). – Казань, 2012. – С. 83.
3. Ураков, А.Л. Рецепт на температуру / А.Л. Ураков // Наука и жизнь. – 1989. – № 9. – С. 38–42.
4. Ураков, А.Л. Возможная роль качества лекарств в клинико-фармацевтической оценке степени безопасности инфузионной терапии / А.Л. Ураков, Т.Н. Стрелкова, Н.А. Уракова // Нижегородский мед. журн. – 2004. – № 1. – С. 42–44.
5. Ураков, А.Л. Местная постинъекционная агрессивность растворов лекарственных средств в инфльтрированных тканях и способы ее устранения / А.Л. Ураков, Н.А. Уракова, А.П. Решетников // Мед. альманах. – 2007. – № 1. – С. 95–97.
6. Ураков, А.Л. Использование тепловизора для оценки постинъекционной и постинфузионной локальной токсичности растворов лекарственных средств / А.Л. Ураков и [др.] // Проблемы экспертизы в медицине. – 2009. – № 1. – С. 27–29.
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, А.А. Касаткин // Мед. альманах. – 2009. – № 3. – С. 133–136.
8. Ураков, А.Л. Изменение спектра инфракрасного излучения тканей при шоке / А.Л. Ураков, А.Я. Мальчиков, А.А. Касаткин // Мат. XIII-го съезда Федерации анестезиологов и реаниматологов. (22–25 сентября 2012 г., Санкт Петербург). – СПб., 2012. – С. 309.
9. Ураков, А.Л. Инфракрасная термометрия предлежащей части головы плода в потужном периоде родов как метод диагностики гипоксически-ишемических повреждений головного мозга / А.Л. Ураков, Н.А. Уракова // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6. – С. 12–14.
10. Уракова, Н.А. Устойчивость плода к гипоксии и родам / Н.А. Уракова, А.Л. Уракова // Вестн. Росс. воен.-мед. акад. – 2012. – № 4 (40). – С. 221–223.
11. Ураков, А.Л. Внутриматочный акваланг Н.А.Ураковой и способ вентилирования легких плода дыхательными газами / А.Л. Ураков, Н.А. Уракова, А.А.Касаткин // Заявка на изобретение России № 2010134466. Бюлл. изобрет. и промышленных моделей. – 2012. – № 6. – С. 38–39.
12. Ураков, А.Л. Цифровая инфракрасная термография как метод лучевой диагностики будущего / А.Л. Ураков, Н.А. Уракова, А.А.Касаткин // Фундаментальные и прикладные науки сегодня. Мат. Междунар. научн.-практ. конф. (25–26 июля 2013 г.). – Москва, 2013. – С. 31–33.
13. 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 // Мед. альманах. – 2010. – № 2. – С. 299–301.
14. Ураков, А.Л. Многоцветность изображения рук на экране тепловизора как показатель эффективности реанимационных мероприятий при клинической смерти / А.Л. Ураков и [др.] // Вестн. Уральской мед. академ. науки. – 2010. – № 1 (28). – С. 57–59.
15. Ураков, А.Л. Оценка эффективности оживляющих средств с помощью инфракрасной термометрии конечностей / А.Л. Ураков и [др.] // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 7 (Ч. 3). – С. 655–658.
16. Ammer, K. Cold challenge to provoke a vasospastic reaction in fingers determined by temperature measurements: a systematic review / K. Ammer // Thermology international. – 2009. – Vol. 19 (4). – P. 109–118.
17. Kasatkin, A.A. How to improve the indicators of the health of the newborns for epidural analgesia in pregnant woman in labour? // A.A. Kasatkin, A.L. Urakov, N.A. Urakova // Acta anaesthesiologica scandinavica. – 2013. – Vol. 57. Suppl. – S 120. – P. 16.
18. Pors-Nielsen, S. Dynamic thermography in vascular finger disease – a methodological study of arteriovenous anastomoses / S. Pors-Nielsen, J.B. Mercer // Thermology international. – 2010. – Vol. 20 (3). – P. 89–94.
19. Stikbakke, E. An infrared thermographic and laser Doppler flowmetric investigation of skin perfusion in the forearm and finger tip following a short period of vascular stasis / E. Stikbakke, J.B. Mercer // Thermology international. – 2008. – Vol. 18. – P. 107–111.
20. Urakov, A. Intrauterine lungs ventilation of human fetus as saving his life during hypoxia. Myth or reality? / A. Urakov // J. perinat. med. – 2013. – Vol. 41. – P. 476.
21. Urakov, A. Temperature of newborns as a sign of life in Russia - time to change in World? / A. Urakov, N. Urakova, A. Kasatkin // J. perinat. med. – 2013. – Vol. 41. – P. 473.
22. Urakov, A.L. Dynamics of temperature and color in the infrared image fingertips hand as indicator of the life and death of a person / A.A. Urakov, N.A. Urakova, A.A. Kasatkin // Lecture notes of the ICB seminar «Advances of infra-red thermal imaging in medicine» (30 June – 3 July 2013). Edited by A. Nowakowski, J. ercer. – Warsaw, 2013. – P. 99–101.

A.L. Urakov, A.A. Kasatkin, N.A. Urakova

Infrared thermography fingers and palms shock as way for evaluating stability of patients to hypoxia and «responsiveness» to resuscitation

Abstract. A new functional probe to evaluate patients' stability for a shock, and their responsiveness to the resuscitation was developed. We propose a functional test for resistance to hypoxia patients in shock. To do this, we propose to determine the dynamics of temperature and color infrared image of fingers and hands before, during, and for 1,5 minutes after two minutes of ischemia, created by the cuff at mid-shoulder. With increasing temperature of the fingers and palms and changing the color of their infrared thermal image on the screen from blue to red after stopping ischemia issued by the conclusion of the high stability of the patient to hypoxia and its good «responsiveness» to the intensive care unit. When saving hypothermia in the fingers and palms and blue colors of their infrared thermal images on the screen after the cessation of ischemia issued by the conclusion of the low stability of the patient to hypoxia and lack of «responsiveness» to its intensive care unit.

It is confirmed that the dynamics of temperature and color infrared image of fingers and hands after ischemic provocation can improve the accuracy of diagnosis of the severity of hemorrhagic shock and evaluation of adaptation reserves patient to it, as well as the prospects for resuscitation.

Key words: hemorrhagic shock, ischemic provocation, temperature, life, resuscitation, hypoxia, ischemia, hypothermia, thermographic camera.

Контактный телефон: +7-912-760-09-39; e-mail: urakoval@live.ru