

УДК 616-008.1

ИНФРАКРАСНАЯ ДИАГНОСТИКА ГИПОКСИИ

^{1,2}Ураков А.Л., ¹Уракова Н.А., ¹Касаткин А.А., ¹Решетников А.П., ^{1,2}Никитюк Д.Б.

¹ГБОУ ВПО «Ижевская государственная медицинская академия Минздрава России»,
Ижевск, e-mail: ant-kasatkin@yandex.ru;

²ГБОУ ВПО «Первый Московский государственный медицинский университет
им. И.М. Сеченова», Москва, e-mail: urakoval@live.ru

В клинических условиях исследована динамика локальной температуры головы плодов в финальной стадии физиологических родов у рожениц, головы взрослых людей после лечебной трепанации черепа и подушечек пальцев рук у взрослых мужчин и женщин в норме, при добровольном апноэ и при гипервентиляции легких дыхательным газом. Показано, что в норме локальная температура всех исследованных поверхностей тела у взрослых и плодов отличается друг от друга, при апноэ и истощении резервов адаптации к гипоксии в них появляются зоны локальной гипотермии. Установлено, что своевременное устранение гипоксии повышает температуру в подушечках пальцев рук и в коже головы над щелями и отверстиями в черепе.

Ключевые слова: инфракрасное изображение, человек, температура, гипоксия

INFRARED DIAGNOSTIC OF HYPOXIA

^{1,2}Urarov A.L., ¹Urakova N.A., ¹Reshetnikov A.P., ¹Kasatkin A.A., ^{1,2}Nikityuk D.M.

¹Izhevsk State Medical Academy, Izhevsk, e-mail: ant-kasatkin@yandex.ru;

²I.M.Sechenov 1th Moscow State Medical University, Moscow, e-mail: urakoval@live.ru

In the clinical setting to investigate the dynamics local temperature of the fetal head in the final stage of physiological labor in childbirth, the head of adults after treatment craniotomy and pads of the fingers in adult men and women in the norm, with voluntary apnea and hyperventilation breathing gas. It is shown that the norm of the local temperature in all studied surfaces of the body in adults and fetuses differs from each other, with apnea and exhaustion of reserves of adaptation to hypoxia in these areas there are local hypothermia. It is found that the timely elimination of hypoxia increases the temperature in the fingertips and hands in the scalp over the gaps and holes in the skull.

Keywords: infrared image, human, temperature, hypoxia

Острое снижение или полное прекращение поступления кислорода к головному мозгу является наиболее вероятной причиной гибели людей во время геморрагического шока и клинической смерти, а также плодов и беременных женщин во время патологических родов [6, 8, 10]. Известно, что наиболее уязвимыми к действию гипоксии являются клетки коры головного мозга, которые первыми теряют свою функциональную активность и погибают. Тем не менее, современные стандарты оказания неотложной медицинской помощи, до сих пор, не включают методы бесконтактной диагностики изменений, происходящих в организме взрослого и ребенка при остром гипоксическом повреждении клеток коры мозга [2, 4, 7].

В последние годы, благодаря внедрению в медицинскую практику инфракрасной термографии и тепловизоров установлено, что мониторинг динамики локальной температуры поверхности тела человека и животных с помощью тепловизора позволяет безопасно и бесконтактно диагностировать появление и развитие зон локальной гипотермии, возникающих при гипоксии и ишемии [1, 5]. В частности установлено, что температура подушечек пальцев рук у взрослых и теменной части головы у плодов при гипоксии уменьшается, а при гипе-

роксии повышается [4]. Это позволяет надеяться на то, что мониторинг локальной температуры определенных оголенных частей тела человека с помощью тепловизора может стать новым методом лучевой диагностики гипоксического повреждения клеток коры головного мозга [3, 9].

В связи с этим, изучение динамики температуры и инфракрасного изображения тела человека при обратимой гипоксии является актуальным.

Цель исследования – изучить динамику локальной температуры и инфракрасного изображения поверхности головы и пальцев рук человека в условиях апноэ и вентиляции легких дыхательным газом.

Материалы и методы исследования

С помощью тепловизора марки ThermoTracer Th9100XX (NEC, USA) в диапазоне температур +25 – +36 °С исследована динамика температуры и инфракрасного изображения пальцев рук у 40 здоровых добровольцев, поверхности головы у 5 пациентов после трепанации черепа и у 20 плодов в финальной части физиологических родов у рожениц. Исследование проводили в помещениях с температурой окружающего воздуха +24 – +25 °С. Статистическая обработка результатов проведена с помощью программы BIOSTAT. Вычисляли среднюю арифметическую (M), ошибку средней арифметической (m), коэффициент достоверности. Степень различий показателей опреде-

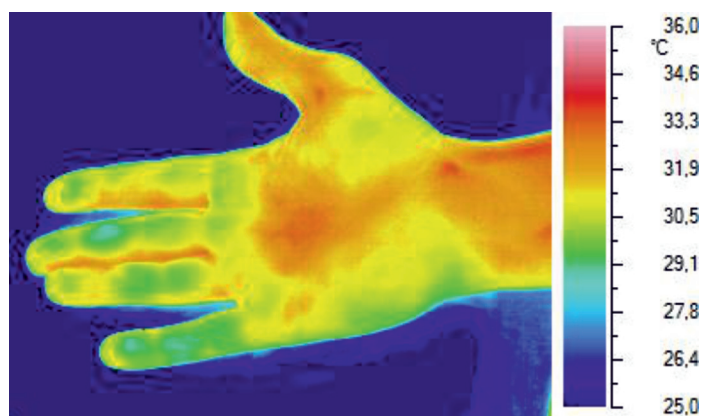
ляли по отношению к исходным показателям, разницу значений считали достоверной при $P \leq 0,05$.

План исследований был ранее одобрен этическим Комитетом Ижевской государственной медицинской академии на основании принципов, которые изложены во Всемирной Медицинской Декларации в Хельсинках.

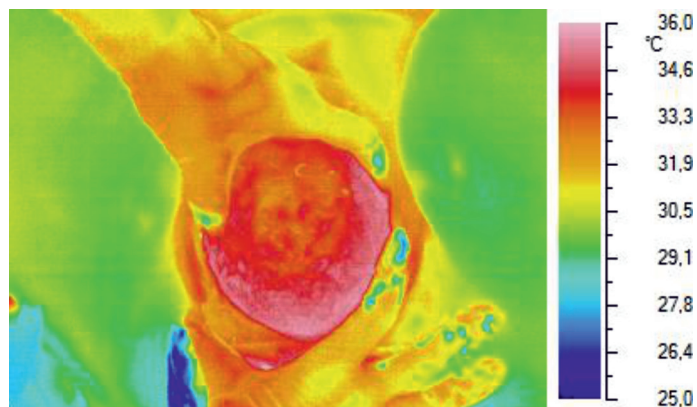
Результаты исследования и их обсуждение

Результаты наших исследований показывают, что температура пальцев рук и/

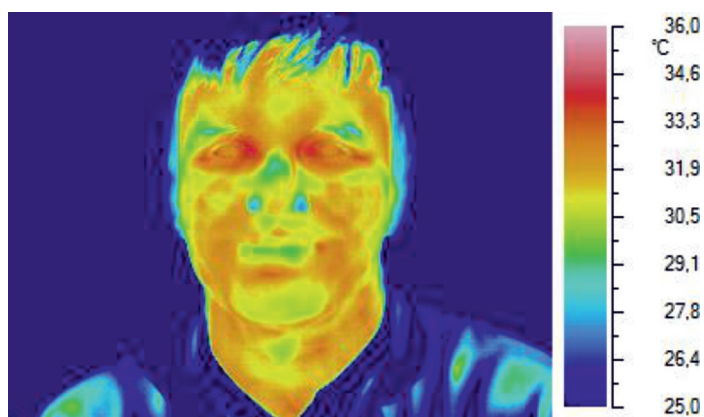
или поверхности головы у плода во время родов и у взрослого человека при наличии трепанационного отверстия в черепе зависит от достаточности обеспечения организма кислородом в реальном времени. Показано, что пальцы рук и голова живого плода и живого взрослого человека изображаются на экране тепловизора в норме преимущественно в желто-оранжево-красном цветах (рис. 1).



а)



б)



в)

Рис. 1. Инфракрасное изображение: а – ладонной поверхности правой кисти здорового добровольца, С., 24 лет, б – головы плода в финальной стадии родов, в – лица здорового добровольца Д., 26 лет

Показано, что в норме индивидуальные значения локальной температуры кожи головы в области проекции щели в черепе находятся у взрослых и детей в диапазоне от +30,5 до +36,5°C, а значения локальной температуры в подушечках пальцев рук у взрослых – в диапазоне от +27,1 до +35,4°C. При этом в норме температура

поверхности головы в области проекции родничков (у плодов) и трепанационных отверстий в черепе (у взрослых людей), как правило, превышает температуру поверхности головы над костями черепа у взрослых – на $1,60 \pm 0,12^\circ\text{C}$ ($P < 0,05$, $n = 5$) (рис. 2), а у плодов – на $2,8 \pm 0,21^\circ\text{C}$ ($P < 0,05$, $n = 20$).

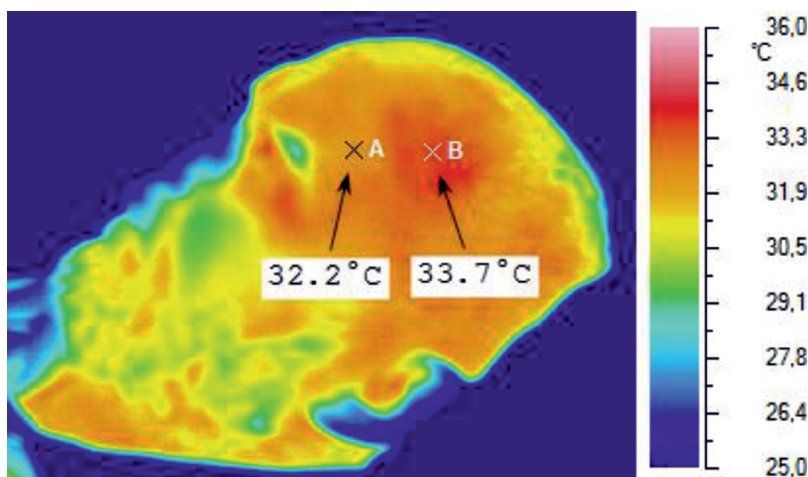


Рис. 2. Инфракрасное изображение головы пациента В., 56 лет, через 12 дней после трепанации черепа (стрелками указаны значения температур поверхности кожи головы в точке А – над интактной поверхностью, и в точке В – над трепанационным отверстием)

При этом в норме инфракрасный портрет пальцев рук и головы не претерпевает существенных изменений в цвете во время исследования.

При добровольной задержке дыхания температура в области кончиков пальцев рук и в голове в области проекции щелей черепа в первые секунды не изменяется, но затем начинает понижаться. При этом по-

сле восстановления дыхания (после начала вентиляции легких дыхательным газом) температура в исследуемых областях тела повышается и через несколько секунд достигает первоначальных значений, а затем превышает исходное значение на $0,1 - 1,5^\circ\text{C}$. В итоге в бывшей зоне локальной гипотермии формируется зона локальной гипертермии (рис. 3).

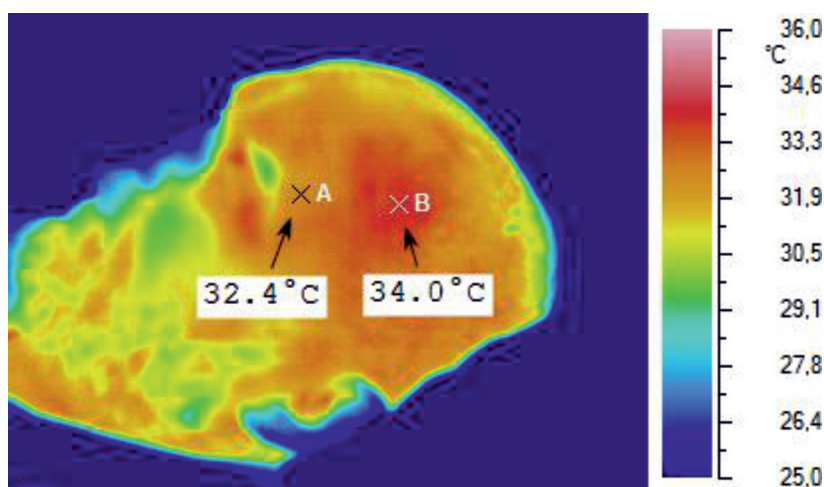


Рис. 3. Инфракрасное изображение головы того же пациента через 60 секунд после прекращения добровольного апноэ и восстановления дыхания (стрелками указаны значения температур поверхности кожи головы в точке А – над интактной поверхностью, и в точке В – над трепанационным отверстием)

Особо следует выделить то, что длительность сохранения исходной температуры в исследуемых поверхностях тела у всех исследуемых была разной. Она, по-видимому, определяется резервами адаптации их и всего организма к гипоксии. Кроме этого, была разной температура и длительность периода последующей локальной гипертермии.

Таким образом, инфракрасная термография подушечек пальцев рук и поверхности головы над не заросшими родничками у ребенка и над трепанационным отверстием у взрослого человека позволяет судить о глубине гипоксического повреждения коры головного мозга и адекватности вентилиации легких дыхательным газом.

Список литературы

1. Касаткин А.А. Технология оценки резервов адаптации человека к гипоксии с помощью инфракрасной термографии // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5; URL: www.science-education.ru/111-10386 (дата обращения: 18.10.2013).
2. Уракова Н. А., Ураков А. Л. Диагностика внутриутробной гипоксии головного мозга новорожденного с помощью тепловизионной видеозаписи // Медицинская техника. – 2014. – № 3. – С. 1–6.
3. Уракова Н.А., Ураков А.Л. Инфракрасная термография головы плода – новый метод диагностики в акушерстве // Вестник российской военно-медицинской академии. – 2014. – № 3 (47). – С. 32–36.
4. Ураков А.Л., Уракова Н.А., Чернова Л.В. Аналогии поведения рыбок в воде и плодов в утробе беременных женщин при острой гипоксии // Международный журнал экспериментального образования. – 2014. – № 1–2. – С. 83–86.
5. Kasatkin A., Urakov A., Lukoyanov I. Effects of non-invasive femoral arteries occlusion on restoration of spontaneous circulation of trauma patients with acute blood loss // Resuscitation. – 2014. – 85S. – P. S117–S118.
6. Urakov A.L., Kasatkin A.A., Urakova N.A., Ammer K. Infrared thermographic investigation of fingers and palms during and after application of cuff occlusion test in patients with hemorrhagic shock // Thermology International. – 2014. – V. 24, №1. – P. 5–10.
7. Urakova N.A. Decrease of the temperature of the head of the fetus during birth as a symptom of hypoxia // Thermology International. – 2013. – V. 23, № 2. – P. 74–75.
8. Urakova N.A., Urakov A.L. Diagnosis of intrauterine newborn brain hypoxia using thermal imaging video // Biomedical Engineering. – 2014. – V. 48, № 3. – P. 111–115.
9. Urakov A.L., Urakova N.A., Kasatkin A.A. Local hypothermia skin above cracks skull fetus in the final period births may be a symptom of hypoxia and ischemia of the cortex of his brain. // 18TH World Congress on Controversies in Obstetrics, Gynecology & Infertility (COGI) (October 24-27, 2013, Vienna, Austria). Editor Z. Ben-Rafael. – Milano (Italy): Monduzzi editoriale proceedings. – 2014. – P. 177–181.
10. 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.