

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФРАКРАСНОГО МОНИТОРИНГА С ЦЕЛЮ ПЕРСОНАЛИЗАЦИИ АКУШЕРСКОГО ПОСОБИЯ

DOI: 10.17691/stm2019.11.4.13

УДК 618.43:616.831–06–007–053.3–082

Поступила 28.01.2019 г.

© **Н.А. Уракова**, к.м.н., и. о. доцента кафедры акушерства и гинекологии<sup>1</sup>;  
**А.Л. Ураков**, д.м.н., ведущий научный сотрудник отдела моделирования и синтеза технологических процессов<sup>2</sup>;  
 профессор, зав. кафедрой общей и клинической фармакологии<sup>1</sup>;  
**В.Н. Николенко**, д.м.н., профессор, зав. кафедрой анатомии человека<sup>3</sup>;  
 профессор кафедры нормальной и топографической анатомии факультета фундаментальной медицины<sup>4</sup>;  
**Л.В. Ловцова**, д.м.н., доцент, зав. кафедрой общей и клинической фармакологии<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Ижевская государственная медицинская академия, ул. Коммунаров, 281, Ижевск, Удмуртская Республика, 426034;

<sup>2</sup>Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения РАН, ул. им. Татьяны Барамзиной, 34, Ижевск, Удмуртская Республика, 426067;

<sup>3</sup>Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет), ул. Трубецкая, 8, стр. 2, Москва, 119991;

<sup>4</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Ленинские горы, 1, Москва, 119991;

<sup>5</sup>Приволжский исследовательский медицинский университет, пл. Минина и Пожарского, 10/1, Н. Новгород, 603005

**Цель исследования** — определить возможности инфракрасного мониторинга динамики локальной температуры в коже головы плода в заключительном периоде физиологических родов для оценки обеспеченности его головного мозга артериальной кровью и кислородом.

**Материалы и методы.** Инфракрасный мониторинг температуры поверхности головы плодов проводили на базе родильного дома №6 Республиканского клинико-диагностического центра Ижевска у 35 рожениц в потужном периоде физиологических родов и сразу после рождения младенцев. С помощью инфракрасной термографии контролировали динамику локальной температуры поверхности головы и сравнивали значения температуры в области проекции костей черепа с температурой в области проекции сагиттального шва либо родничков.

**Результаты.** Обнаружено, что все плоды, которые во время беременности демонстрировали высокую устойчивость к наличию апноэ у их матерей, сохраняли высокую устойчивость и к факторам физиологических родов. В потужном периоде родов локальная температура в коже над костями черепа, в области большого родничка и сагиттального шва у этих плодов сохранялась относительно стабильной и не имела существенных отличий. Практически все плоды родились здоровыми и в течение первой недели после рождения не имели симптомов энцефалопатии.

Плоды, которые во время беременности демонстрировали низкую устойчивость к периоду апноэ у их матерей, отличались низкой устойчивостью и к факторам физиологических родов. В потужном периоде при слабости потуг локальная температура в коже над костями черепа у этих плодов сохранялась относительно стабильной, но над большим родничком и сагиттальным швом у некоторых плодов периодически снижалась. Установлено, что немедленная искусственная индукция потуги, обеспечивающая смещение плода по родовым путям на несколько сантиметров, либо немедленная гипервентиляция легких роженицы дыхательным газом, осуществляемая вплоть до появления у нее легкого головокружения, повышала температуру кожи плода над сагиттальным швом и большим родничком. В течение первой недели после рождения у 100% детей этой группы обнаруживались симптомы церебральной ишемии I и II степени.

**Заключение.** Инфракрасный мониторинг локальной температуры поверхности головы плода в заключительном периоде родов и в первые минуты после его рождения позволяет оценивать обеспеченность головного мозга артериальной кровью и кислородом, своевременно выявлять симптомы гипоксии, корректировать акушерское пособие и оценивать его эффективность.

**Ключевые слова:** физиологические роды; персонализированная акушерская помощь; новорожденный; инфракрасная термография; гипоксия; послеродовая энцефалопатия.

**Как цитировать:** Urakova N.A., Urakov A.L., Nikolenko V.N., Lovtsova L.V. Application of infrared monitoring for personalization of obstetric aid. *Sovremennye tehnologii v medicine* 2019; 11(4): 111–119, <https://doi.org/10.17691/stm2019.11.4.13>

**Для контактов:** Ловцова Любовь Валерьевна, e-mail: lovcovalubov@mail.ru

## Application of Infrared Monitoring for Personalization of Obstetric Aid

**N.A. Urakova**, MD, PhD, Acting Associate Professor, Department of Obstetrics and Gynecology<sup>1</sup>;  
**A.L. Urakov**, MD, DSc, Leading Researcher, Department of Modeling and Synthesis of Technological Processes<sup>2</sup>;  
Professor, Head of the Department of General and Clinical Pharmacology<sup>1</sup>;  
**V.N. Nikolenko**, MD, DSc, Professor, Head of the Department of Human Anatomy<sup>3</sup>; Professor,  
Department of Normal and Topographic Anatomy, Faculty of Fundamental Medicine<sup>4</sup>;  
**L.V. Lovtsova**, MD, DSc, Associate Professor, Head of the Department of General and Clinical Pharmacology<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Izhevsk State Medical Academy, 281 Kommunarov St., Izhevsk, 426034, Udmurt Republic, Russia;

<sup>2</sup>Udmurt Federal Research Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 34 Tatyany Baramzinoy St., Izhevsk, 426067, Udmurt Republic, Russia;

<sup>3</sup>I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), 8/2 Trubetskaya St., Moscow, 119991, Russia;

<sup>4</sup>Lomonosov Moscow State University, 1 Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russia;

<sup>5</sup>Privolzhsky Research Medical University, 10/1 Minin and Pozharsky Square, Nizhny Novgorod, 603005, Russia

**The aim of the study** was to determine the possibility of infrared monitoring of dynamics of the local temperature in the fetal head skin at the final stage of physiological delivery in order to assess the degree of arterial blood and oxygen supply to the fetus brain.

**Materials and Methods.** Infrared temperature monitoring of the fetus head surface was carried out at Maternity Hospital No.6 of the Republic Clinical and Diagnostic Center (Izhevsk, Russia) in 35 women at the final stage (sometimes called the stage of bearing-down or pushing, or transitional labor) of physiological delivery and immediately after childbirth. Infrared tomography was used to control the dynamics of the local fetal head surface temperature. The values obtained in the region of the cranial bone projection were compared with those in the region of the sagittal suture or fontanelles.

**Results.** All fetuses which demonstrated high tolerance to apnea in their mothers during pregnancy have been found to maintain high tolerance to the factors of physiological delivery as well. At the final stage of delivery, the temperature in the skin over the cranial bones, in the region of the anterior fontanelle, and the sagittal suture in these fetuses was relatively stable and did not have any significant differences. All fetuses were born healthy and did not show symptoms of encephalopathy during the first postpartum week.

The fetuses which demonstrated low tolerance to apnea period in their mothers during gestation displayed low tolerance to the factors of physiological delivery as well. At the bearing-down stage with weak contractions, the local temperature in the skin over the cranial bones in these fetuses was relatively stable whereas in some fetuses it decreased periodically over the anterior fontanelle and sagittal suture. It has been established that immediate artificial induction of contraction providing the transition of the fetus along the birth canal by several centimeters or immediate hyperventilation of maternal lungs with the breathing gas till a slight dizziness increased the temperature of the fetus skin over the sagittal suture and anterior fontanelle. During the first postpartum week, symptoms of cerebral ischemia grade I and II appeared in 100% of neonates of this group.

**Conclusion.** Infrared local temperature monitoring of the fetus head surface at the final stage of delivery and in the first minutes after birth allows for the assessment of blood and oxygen supply to the fetus brain, timely detection of hypoxia symptoms, correction of obstetric aid and its efficiency.

**Key words:** physiological delivery; personalized obstetrical aid; newborn; infrared tomography; hypoxia; postpartum encephalopathy.

### Введение

Развитие технологий лучевой оценки состояния плода внутри матки позволило по-новому взглянуть на эффективность сложившихся стандартов оказания гинекологической и акушерской помощи. Одним из направлений персонализированной гинекологической и акушерской помощи стало изучение динамики индивидуальных морфофункциональных особенностей строения плода и его поведения в условиях искусственно моделируемой гипоксии с использованием ультразвукового и инфракрасного мониторинга. Дело в том, что получаемые при этом результаты позволяют

оценивать устойчивость плода к внутриутробной гипоксии в период беременности и физиологических родов [1–3].

Следует отметить, что конституциональная (индивидуально-типологическая) анатомия является одним из основных подходов клинко-диагностической парадигмы персонализированной медицины, которая в настоящее время получила динамичное развитие [4, 5]. Умение по визуальным критериям правильно диагностировать состояние здоровья и выявлять признаки перенесенной внутриутробной асфиксии плода заложено в процесс освоения образовательной программы по анатомии плода и новорожденного ребенка

[6]. Однако личный визуальный опыт и общепринятые методы диагностики не всегда обеспечивают своевременное выявление внутриутробной гипоксии во время родов и оценку устойчивости плода к ней, что снижает эффективность гинекологической и акушерской помощи [7].

Основной причиной запоздалой диагностики внутриутробной гипоксии являются скрытые от глаз медицинского персонала индивидуально-типологические особенности топографической анатомии головного мозга, костей черепа и кожи головы плода, расположения его рук и пуповины внутри матки и в родовых путях, а также незнание динамики величины объема легких и полости грудной клетки [8]. Помимо этого проблемы несвоевременного выявления признаков гипоксии плода могут усугубить сравнительно малые размеры его тела (например, при недоношенности и/или дистрофии, кахексии) или, наоборот, большие размеры (например, при акромегалии и сахарном диабете). Затрудняют диагностику внутриутробной гипоксии изменения свойств плода, вызванные интоксикацией (например, при наличии у матери алкоголизма, наркомании или токсикомании), а также наличием в крови матери наркотических, миорелаксирующих, психотропных, снотворных и некоторых иных средств [9].

Внутриутробная гипоксия плода является одной из самых частых причин перинатальной заболеваемости и составляет 21–45% в структуре всей перинатальной патологии [7, 9]. Наиболее уязвимы к недостатку кислорода нейроны коры головного мозга, которые первыми не выдерживают гипоксии и погибают [10, 11]. Чтобы избежать или уменьшить печальные исходы гипоксии и асфиксии плода, были разработаны и предложены для клинического применения различные методы диагностики признаков гипоксии плода в родах. К ним относятся метод акустического и/или электрокардиографического мониторинга сердечного ритма плода и выявления шумов сердца с помощью стетоскопа, ручного доплеровского прибора либо с помощью УЗИ [2, 3]; метод оценки обмена веществ в организме плода посредством биохимического анализа его крови; метод диагностики асфиксии по нарушению цвета, прозрачности амниотической жидкости и появлению в ней мекония, который выявляется на глаз с помощью амниоскопа [3, 7].

Каждый из указанных методов имеет не только свои преимущества, но и ограничения. К сожалению, в потужном периоде родов эти методы малоинформативны.

Для выявления гипоксии у взрослых людей нами ранее была предложена регистрация динамики локальной температуры в подушечках пальцев верхних конечностей методом инфракрасной термографии с помощью тепловизора [12, 13]. Однако в родах руки плода не доступны для диагностики [14]. Именно поэтому было решено исследовать локальную температуру в коже головы плода, поскольку она становится первой частью его тела, доступной для прямого визуального исследования [15].

В последние годы благодаря развитию тепловизоров в медицинскую практику активно внедряется инфракрасный мониторинг динамики локальной температуры поверхности тела человека. Он позволяет безопасно и бесконтактно диагностировать появление и развитие зон локальной гипо- или гипертермии в различных участках тела, которые могут являться симптомами ишемии, гипоксии, воспалений и злокачественных новообразований [8, 12]. Принципиальное отличие тепловизоров от иных приборов лучевой диагностики заключается в их полной безопасности и способности получать изображение выбранного открытого участка тела в различных цветах радуги в зависимости от его локальной температуры [14]. Положительные результаты использования инфракрасной термографии у взрослых людей позволили сделать предположение, что подобное измерение температуры на поверхности головы плода позволит выявить симптомы гипоксического повреждения коры его головного мозга. Дело в том, что недостаток артериальной крови (ишемия) или кислорода (гипоксия) во многих иных участках тела вызывает в них понижение температуры [8, 14, 15]. Поэтому естественно предположить, что снижение температуры в коже в области большого родничка и сагиттального шва в голове плода может служить диагностическим признаком гипоксии коры головного мозга. И, следовательно, инфракрасный мониторинг динамики локальной температуры головы плода может стать новой медицинской технологией оценки обеспеченности его кислородом и выявления гипоксии и/или ишемии коры головного мозга в потужном периоде физиологических родов (после выхода подлежащей головке из родовых путей наружу).

**Цель исследования** — определить возможности инфракрасного мониторинга динамики локальной температуры в коже головы плода в заключительном периоде физиологических родов для оценки обеспеченности его головного мозга артериальной кровью и кислородом.

## Материалы и методы

Исследование проведено с использованием клинической базы родильного дома №6 Республиканского клиничко-диагностического центра Ижевска сотрудниками отдела моделирования и синтеза технологических процессов Удмуртского федерального исследовательского центра Уральского отделения РАН (Ижевск), кафедры анатомии человека Первого Московского государственного медицинского университета им. И.М. Сеченова (Сеченовского университета), а также кафедры нормальной и топографической анатомии факультета фундаментальной медицины Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова.

Изменение локальной температуры кожи головы плодов проведено в потужном периоде физиологических родов в 37–41-ю неделю беременности у 35 женщин. Все пациентки дали добровольное письменное

согласие на участие в исследовании. Дизайн работы был рассмотрен и одобрен Этическим комитетом Ижевской государственной медицинской академии.

Мониторинг локальной температуры головы плода после ее прорезывания осуществляли с помощью тепловизора марки TN91XX (NEC, США) с расстояния 1,5–2,0 м. Диапазон значений температуры экрана тепловизора составлял 26–36°C. В родильном зале температура воздуха была 24–26°C. Температура измерялась в отдельных точках кожи головы в области проекции теменных костей черепа, сагиттальной щели и/или большого родничка [14, 15]. Полученные данные обрабатывали с помощью программного обеспечения Thermography Explorer и Image Processor (NEC, США).

Задолго до родов, а именно на 30–32-й неделе беременности, в условиях женской консультации проводили УЗИ беременных женщин и их плодов согласно существующим стандартам оказания медицинской помощи. Дополнительно определяли устойчивость плода к гипоксии во время добровольной задержки дыхания его матерью, используя пробу Гаускнехт [1, 2]. Для сонографического исследования плодов применяли прибор экспертного класса ALOKA SSD-ALPHA 10 (Aloka, Япония), снабженный датчиками конвексного типа с частотой 3–7 МГц. Установлено, что плоды у 20 беременных женщин имели значения пробы Гаускнехт более 30 с (т.е. были с высокой устойчивостью к гипоксии), а у 15 женщин — менее 10 с. Причем в группе женщин с низкими значениями пробы на устойчивость плодов к гипоксии у одного из них было выявлено обвитие пуповины вокруг шеи и груди.

После рождения все дети были осмотрены профильными специалистами, всем были выполнены необходимые лабораторные и клинические диагностические исследования.

Статистическую обработку результатов проводили методами вариационной статистики с использованием пакета прикладных программ Statistica 6.0. Статистическую достоверность результатов определяли путем применения t-критерия Стьюдента для непарных выборок [16].

## Результаты

Перед планированием исследований мы исходили из того факта, что голова плода первой выходит наружу, а ее поверхность первой становится доступной для визуального осмотра. Однако связь локальной температуры поверхности головы с обеспеченностью плода кислородом в этот период родов остается недостаточно изученной.

Как известно [17, 18], охлаждение кожи головы плода происходит за счет конвекции, испарения жидкости с ее поверхности и за счет угнетения аэробного метаболизма в коже и в нейронах коры головного мозга, а нагревание — в основном за счет увеличения доставки артериальной крови и кислорода к коже и головно-

му мозгу. Причем при прочих равных условиях локальная температура кожи в области большого родничка и сагиттального шва черепа плода может в значительной мере определяться интенсивностью метаболизма кислорода в нейронах коры головного мозга, поскольку при этом происходит выделение достаточного количества тепла.

Результаты наших исследований показали, что инфракрасная термография поверхности головы плода, проводимая в заключительный период родов, позволяет в режиме реального времени моментально получать достоверную информацию о локальной температуре поверхности. Индивидуальные значения локальной температуры в коже теменной части головы у живых плодов в процессе родов и сразу после них находились в пределах 31,6–36,1°C. Установлено, что при нормальном протекании беременности и при нормальном течении физиологических родов поверхность головы живого плода в течение всего процесса родов выглядит на экране тепловизора преимущественно в желто-оранжево-красных цветах (рис. 1).

Кроме того, в норме у некоторых плодов после прорезывания головы в коже теменной ее части может быть обнаружена зона локальной гипертермии, в которой температура может быть на 0,5–4,0°C выше температуры кожи над соседними участками. Как правило, эта зона имеет вытянутую форму и расположена над сагиттальным швом черепа (рис. 2).

Установлено, что плоды, у которых задолго до дня родов во время беременности определялась высокая устойчивость к гипоксии, легко переносили период родов и у них отсутствовали симптомы гипоксии. У плодов этой группы локальная температура кожи в области больших родничков в момент рождения была выше температуры соседних участков кожи головы на  $2,80 \pm 0,21^\circ\text{C}$  ( $p < 0,05$ ;  $n = 20$ ). В первые минуты после рождения и отсечения пуповины локальная температура на поверхности головы у них выравнивалась и не имела значительных отличий (рис. 3).

Плоды, у которых во время беременности задолго до дня родов регистрировались низкие показатели устойчивости к гипоксии, демонстрировали симптомы тяжелой гипоксии и асфиксии в заключительном периоде родов. Установлено, что сразу после рождения у младенцев с признаками перенесенной асфиксии в родах локальная температура кожи головы в области проекции большого родничка и лобной кости была на 0,5–1,5°C ниже, чем у плодов с высокой устойчивостью к гипоксии и родившихся здоровыми. Кроме того, у плодов с низкой устойчивостью к гипоксии температура в коже над большими родничками была также ниже на  $0,50 \pm 0,05^\circ\text{C}$  ( $p < 0,05$ ;  $n = 15$ ) по сравнению с температурой соседних участков кожи над лобными костями черепа.

Максимальное уменьшение локальной температуры в коже головы наблюдалось у плодов с низкой устойчивостью к гипоксии, родившихся в мутных околоплодных водах с меконием. После рождения

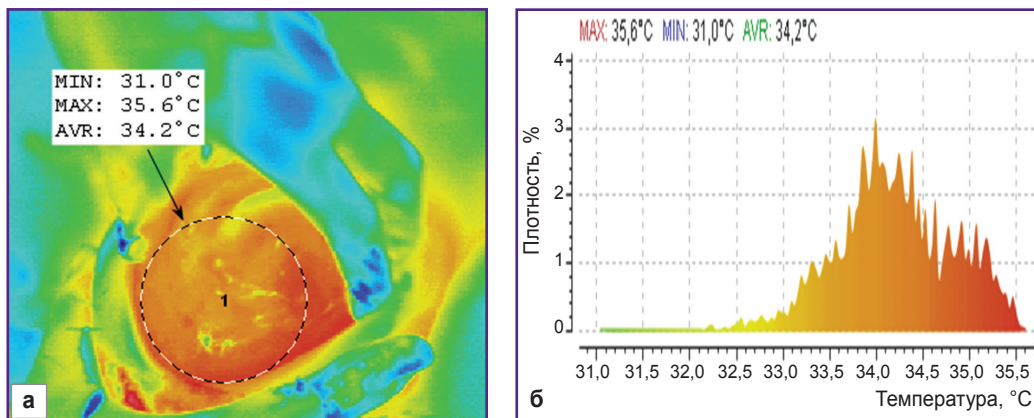


Рис. 1. Изображение на экране тепловизора головки плода в процессе ее прорезывания и выхода наружу (а) с указанием диапазона отдельных значений локальной температуры и плотности ее нахождения (б); 1 — диапазон измерения температуры (центр–периметр)

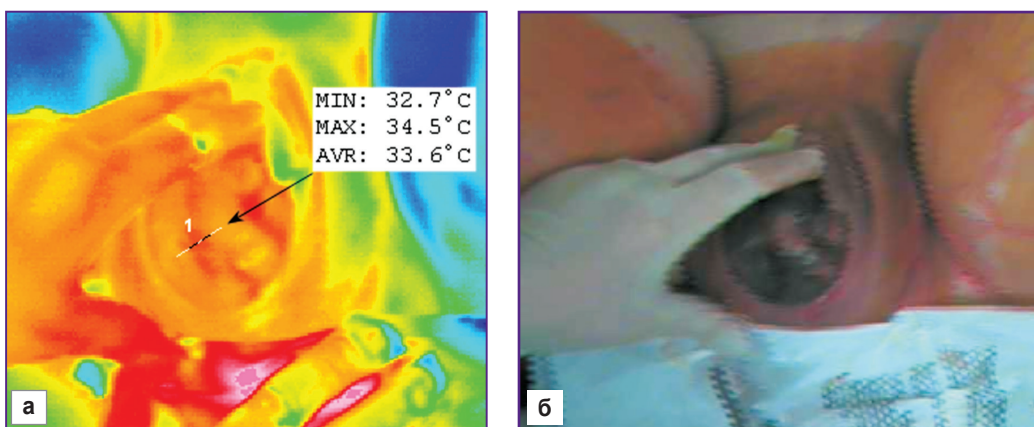


Рис. 2. Изображение головки плода в процессе ее прорезывания и выхода наружу в инфракрасном (а) и видимом (б) диапазонах спектра излучения тканей с указанием локальной температуры в области сагиттального шва; 1 — диапазон измерения температуры (центр–периметр)

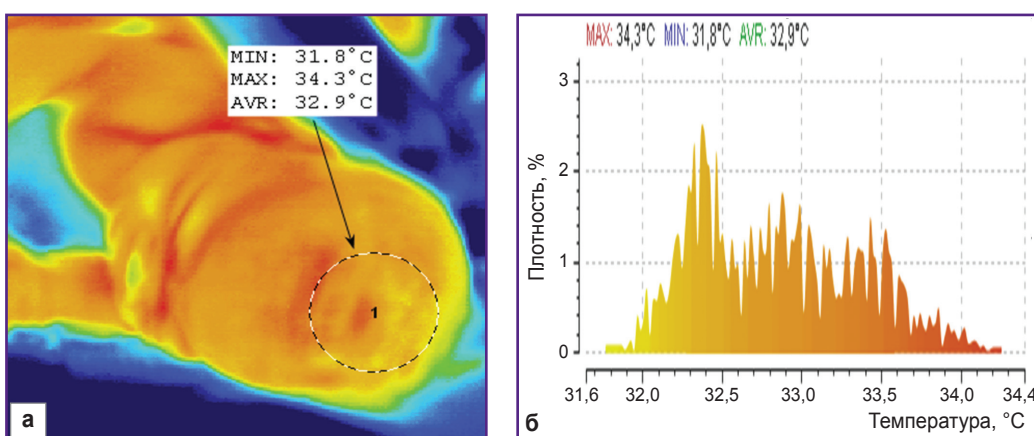
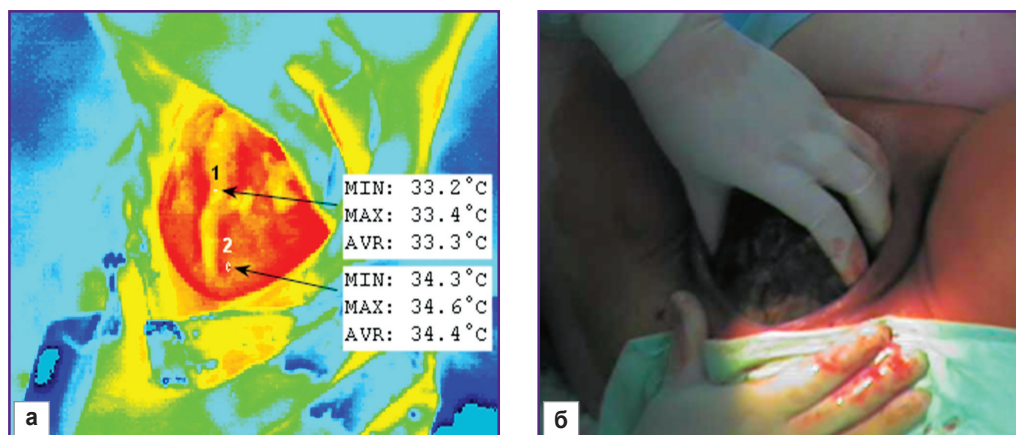


Рис. 3. Изображение на экране тепловизора живого здорового новорожденного в ИК-диапазоне спектра излучения сразу после отсечения у него пуповины (а) с указанием диапазона значений локальной температуры и ее плотности в коже теменной части головы (б); 1 — диапазон измерения температуры (центр–периметр)



**Рис. 4.** Поверхность головки плода, имевшего низкую устойчивость к гипоксии, при выходе из родовых путей через 30 с после завершения потуги и отсутствия перемещения плода в родовых путях в инфракрасном (а) и в видимом (б) диапазонах спектра излучения с указанием значений локальной температуры кожи над сагиттальной щелью между костями (1) и над костями черепа (2)

у них отмечались низкие значения и локальной температуры в коже головы, и общей температуры тела. В группе, состоящей из 15 рожениц с признаками плацентарной недостаточности и с низкими значениями устойчивости их плодов к гипоксии, динамика температуры видимой поверхности головы в течение потужного периода родов у 10 плодов не имела принципиальных отличий от динамики температуры в группе матерей с высокой устойчивостью плодов к гипоксии. Но у других 5 плодов, имевших низкую устойчивость к гипоксии, в коже головы в области проекции большого родничка и сагиттального шва в потужном периоде родов выявлялись возникающие периодически на срок от 30 до 120 с зоны локальной гипотермии вытянутой формы, которые располагались над большим родничком и сагиттальным швом (рис. 4).

Мы провели анализ обстоятельств появления зон локальной гипотермии в коже головы плодов в области проекции сагиттального шва. Оказалось, что локальная гипотермия в коже головы плода развивается при сочетании нескольких факторов, а именно — низкой устойчивости к гипоксии, слабости родовой деятельности матки, затянувшихся родов и длительного неподвижного нахождения плода в родовых путях. Причем увеличение времени ожидания следующей потуги и периода неподвижного нахождения плода в родовых путях усиливает локальную гипотермию, а ускорение наступления появления очередной потуги и момента смещения плода в родовых путях и/или немедленно начатая гипервентиляция легких матери дыхательным газом очень быстро повышают температуру кожи в зоне гипотермии и нормализуют температурный портрет головы плода на экране тепловизора. В частности, результаты наших исследований показали, что индуцированные потуги, продвигающие плод в родовых путях на несколько сантиметров впе-

ред, повышают локальную температуру в охлажденном участке кожи его головы над сагиттальным швом на 0,3–0,5°C уже через 2–3 с после успешного продвижения плода вперед по родовым путям.

Сравнительное исследование температуры кожи головы у плодов в области проекции большого родничка и сагиттального шва после родов показало, что в группе, состоящей из 20 плодов с высокой устойчивостью к гипоксии, температура кожи над незаросшим большим родничком и сагиттальным швом черепа была в среднем на  $2,80 \pm 0,21^\circ\text{C}$  ( $p \leq 0,05$ ) выше температуры кожи над лобными и/или теменными костями черепа.

При этом локальная температура кожи над большими родничками у новорожденных младенцев с высокой устойчивостью к гипоксии сразу после прорезывания головки была в среднем на  $1,30 \pm 0,05^\circ\text{C}$  выше, чем в группе плодов с низкой устойчивостью к гипоксии. У всех 20 младенцев, имевших высокую устойчивость к гипоксии и родившихся без признаков перенесенной гипоксии в родах, кожа над большим родничком имела температуру  $34,70 \pm 0,08^\circ\text{C}$ , а у 5 младенцев, имевших низкую устойчивость к гипоксии и родившихся с признаками перенесенной асфиксии плода, кожа над большим родничком имела температуру  $33,4 \pm 0,1^\circ\text{C}$  ( $p \leq 0,05$ ) (см. таблицу).

При исследовании температуры тела у детей сразу после рождения выявлено, что в группе новорожденных, которые перенесли внутриутробную гипоксию в родах и родились с клиническими признаками гипоксии (имели синюшные кожные покровы, акроцианоз в пальцах кистей рук и на кончике носа), температура тела сразу после рождения составила  $32,20 \pm 0,08^\circ\text{C}$  ( $p \leq 0,05$ ;  $n=5$ ), а локальная температура носа —  $30,85 \pm 0,15^\circ\text{C}$  ( $p \leq 0,05$ ). У одного ребенка дополнительно к этому выявлена зона локальной гипо-

### Инфракрасный мониторинг локальной температуры кожи головы младенца в момент прорезывания головки плода и сразу после его рождения, °С

В момент прорезывания головки		Перед отрезанием пуповины у новорожденного		Через 5 мин после обрезания пуповины у новорожденного	
над большим родничком	над лобной костью	над большим родничком	над лобной костью	над большим родничком	над лобной костью
<i>У 20 младенцев, у которых в 30–32 нед беременности определена высокая устойчивость к внутриутробной гипоксии</i>					
34,70±0,08*	34,40±0,07	34,0±0,08*	33,90±0,07*	34,20±0,08*	34,20±0,09*
<i>У 5 младенцев, у которых в 30–32 нед беременности определена низкая устойчивость к внутриутробной гипоксии и которые родились с признаками перенесенной асфиксии в родах</i>					
33,4 ± 0,1*	33,9±0,1	33,7±0,1*	34,1±0,1*	34,2±0,1	34,3±0,1

\* — статистическая значимость различий значений с температурой в области проекции лобной кости у плодов с высокой устойчивостью к гипоксии в момент прорезывания головки,  $p < 0,05$ .

термии в области носогубного треугольника [14, 15]. Поскольку в первые часы после рождения симптомы гипоксии у детей этой группы сохранялись, их переводили на искусственную вентиляцию легких дыхательным газом с кислородом. Через 5 мин после начала искусственной вентиляции легких дыхательным газом значение общей температуры тела повышалось до  $34,15 \pm 0,09^\circ\text{C}$  ( $p \leq 0,05$ ).

Анализ состояния здоровья детей в течение первой недели после рождения показал, что в группе, состоящей из 20 новорожденных, которые во время беременности имели высокие значения функциональной пробы на устойчивость к гипоксии и которые родились без появления зон локальной гипотермии в коже головы, только у одного ребенка выявлялись признаки церебральной ишемии. В другой группе новорожденных, состоящей из 15 младенцев, которые во время беременности имели низкие значения пробы Гаускнехт и низкую устойчивость к гипоксии, у 5 младенцев в потужном периоде родов появлялась зона локальной гипотермии в коже головы в области проекции сагиттального шва и эти 5 младенцев родились в мутных околоплодных водах с меконием. На протяжении первой недели после рождения у этих детей были обнаружены симптомы церебральной ишемии I и II степени.

### Обсуждение

Результаты исследований показали, что мониторинг локальной температуры в поверхности головы плода над большим родничком и сагиттальным швом между костями черепа позволяет косвенно контролировать достаточность поступления кислорода с артериальной кровью к коре головного мозга. В частности, такой метод позволяет подтверждать нормальное течение физиологических родов, своевременно выявлять истощение резервов адаптации плода к внутриутробной гипоксии и оценивать эффективность оказанного акушерского пособия [19–23]. Поэтому полученные нами данные позволяют надеяться на то, что тепловизорный мониторинг локальной температуры головы

плода после выхода ее наружу из родовых путей может стать новым методом лучевой диагностики степени обеспечения клеток коры головного мозга плода артериальной кровью с кислородом [24].

Изображение голой и мокрой поверхности головки плода на экране тепловизора во время прорезывания и выхода наружу в окружении сухого воздуха при комнатной температуре позволяет судить об интенсивности окислительного метаболизма в коре головного мозга, поскольку он сопровождается выделением тепла, что согласуется с данными литературы [15, 17, 18]. В свою очередь, интенсивность аэробного метаболизма и теплового излучения позволяет судить об адекватности снабжения коры головного мозга оксигенированной артериальной кровью. При нормальном течении родов и при отсутствии внутриутробной гипоксии температура кожи головы плода в области проекции большого родничка и сагиттального шва между костями черепа не бывает ниже температуры прилегающих участков кожи. Локальная гипотермия в области большого родничка и сагиттального шва свидетельствует о недостаточном поступлении к головному мозгу артериальной крови и кислорода, т.е. является симптомом гипоксии и/или ишемии головного мозга плода. Длительная локальная гипотермия увеличивает опасность развития энцефалопатии у новорожденного.

Таким образом, наличие нормотермии и/или гипертермии на всей поверхности головы плода позволяет говорить об отсутствии угрожающей гипоксии и ишемии коры головного мозга, а наличие общей гипотермии и/или зоны локальной гипотермии над большим родничком и сагиттальным швом — об истощении резервов адаптации плода к гипоксии [8].

### Заключение

Инфракрасная термография, осуществляемая с помощью тепловизора, обеспечивает регистрацию локальной температуры поверхности головы плода и тела новорожденного в режиме реального времени.

Метод не чувствителен к акустическим, механическим и электрическим помехам, возникающим из-за резких мышечных сокращений и электрических биопотенциалов в организме роженицы в процессе физиологических родов. Этот метод также обеспечивает контроль разницы температур между различными сегментами поверхности головы плода. Такой мониторинг осуществляет своевременную диагностику внезапных проявлений внутриутробной гипоксии и контроль ее длительности. Выявляемые с помощью тепловизора зоны локальной гипотермии в области большого родничка и сагиттальной щели между костями черепа позволяют не только диагностировать гипоксию плода, но и прогнозировать развитие энцефалопатии у новорожденного в будущем.

**Финансирование исследования.** Авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

#### Литература/References

1. Radzinsky V.E., Urakov A.L., Urakova N.A., Gauskneht M.Y. Assessment of the sustainability of the fetus to intrauterine hypoxia during the period of breath-holding a pregnant woman. *Reproductive Health. Eastern Europe* 2012; 1: 119–127.
2. Радзинский В.Е., Уракова Н.А., Ураков А.Л., Никитюк Д.Б. Проба Гаускнехт как способ прогнозирования кесарева сечения и реанимации новорожденного. *Архив акушерства и гинекологии им. В.Ф. Снегирева* 2014; 1(2): 14–18. Radzinskiy V.E., Urakova N.A., Urakov A.L., Nikityuk D.B. Gausknecht's test: a method for prediction of caesarean section and newborn resuscitation. *Arkhiv akusherstva i ginekologii im. V.F. Snegireva* 2014; 1(2): 14–18.
3. *Williams manual of pregnancy complications*. 23<sup>rd</sup> edition. Leveno K.J., Alexander J.M., Bloom S.L., Casey B.M., Dashe J.S., Roberts S.W., Sheffield J.S. (editors). New York: McGraw Hill Professional; 2012; 560 p.
4. Kukes V.G., Nikolenko V.N., Pavlov C.S., Zharikova T.S., Marinin V.F., Gridin L.A. The correlation of somatotype of person with the development and course of various diseases: results of Russian research. *Russian Open Medical Journal* 2018; 7(3): 301–309, <https://doi.org/10.15275/rusomj.2018.0301>.
5. *Intrapartum management modules: a perinatal education program*. 4th edition. Kennedy B.B., Ruth D.J., Martin E.J. (editors). Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins; 2009; 673 p.
6. Николенко В.Н., Шемяков С.Е., Кузнецова М.А., Чилингарида С.Н. Формирование компетенций при изучении анатомии человека. *Журнал анатомии и гистопатологии* 2015; 4(3): 92–93. Nicolenko V.N., Shemyakov S.E., Kuznetsova M.A., Chilingaridi S.N. Formation of skills during study of human anatomy. *Zhurnal anatomii i gistopatologii* 2015; 4(3): 92–93.
7. *High risk and critical care obstetrics*. Troiano N.H.,

Harvey C.J., Chez B.F. (editors). Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins; 2013; 422 p.

8. Urakov A., Urakova N. Thermal imaging improves the accuracy of estimation of human resistance to sudden hypoxia. In: Tavares J., Natal Jorge R. (editors). *VipIMAGE 2017. ECCOMAS 2017. Lecture notes in computational vision and biomechanics*. Vol. 27. Springer, Cham; 2018; p. 951–961, [https://doi.org/10.1007/978-3-319-68195-5\\_104](https://doi.org/10.1007/978-3-319-68195-5_104).

9. *Manual of obstetrics*. 6th edition. Evans A.T., Niswander K.R. (editors). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2000; 600 p.

10. Lee S.J., Hatran D.P., Tomimatsu T., Pena J.P., McAuley G., Longo L.D. Fetal cerebral blood flow, electrocorticographic activity, and oxygenation: responses to acute hypoxia. *J Physiol* 2009; 587(9): 2033–2047, <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2009.166983>.

11. Miller S.P., Ramaswamy V., Michelson D., Barkovich A.J., Holshouser B., Wycliffe N., Glidden D.V., Deming D., Partridge J.C., Wu Y.W., Ashwal S., Ferriero D.M. Patterns of brain injury in term neonatal encephalopathy. *J Pediatr* 2005; 146(4): 453–460.

12. Ураков А.Л., Руднов В.А., Касаткин А.А., Забокрицкий Н.А., Соколова Н.В., Козлова Т.С., Борзунов В.М., Кузнецов П.Л. Способ определения стадии гипоксического повреждения и вероятности оживления по А.Л. Уракову. Патент РФ 2422090. 2011. Urakov A.L., Rudnov V.A., Kasatkin A.A., Zabokritskij N.A., Sokolova N.V., Kozlova T.S., Borzunov V.M., Kuznetsov P.L. *Method of determining stage of hypoxic injury and probability of recovery by A.L. Urakov*. Patent RU 2422090. 2011.

13. Urakov A.L., Kasatkin A.A., Urakova N.A., Kurt A. Infrared thermographic investigation of fingers and palms during and after application of cuff occlusion test in patients with hemorrhagic shock. *Thermology International* 2014; 24(1): 5–10.

14. Urakova N.A., Urakov A.L. Thermal imaging for increasing the diagnostic accuracy in fetal hypoxia: concept and practice suggestions. In: Ng E., Etehadtavakol M. (editors). *Application of infrared to biomedical sciences. Series in BioEngineering*. Springer, Singapore; 2017; p. 277–289, [https://doi.org/10.1007/978-981-10-3147-2\\_16](https://doi.org/10.1007/978-981-10-3147-2_16).

15. Urakova N.A., Urakov A.L. Diagnosis of intrauterine newborn brain hypoxia using thermal imaging video. *Biomedical Engineering* 2014; 48(3): 111–115, <https://doi.org/10.1007/s10527-014-9432-3>.

16. Реброва О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA. М: МедиаСфера; 2006; 312 с. Rebrova O.Yu. *Statisticheskiy analiz meditsinskikh dannykh. Primenenie paketa prikladnykh programm STATISTICA* [Statistical analysis of medical data. Application of the software package STATISTICA]. Moscow: MediaSfera; 2006; 312 p.

17. Laptok A.R., Corbett R.J., Sterett R., Garcia D., Tollefsbol G. Quantitative relationship between brain temperature and energy utilization rate measured in vivo using <sup>31</sup>P and <sup>1</sup>H magnetic resonance spectroscopy. *Pediatr Res* 1995; 38(6): 919–925, <https://doi.org/10.1203/00006450-199512000-00015>.

18. Busto R., Dietrich W.D., Globus M.Y., Valdés I., Scheinberg P., Ginsberg M.D. Small differences in intracerebral brain temperature critically determine the extent of ischemic neuronal injury. *J Cereb Blood Flow Metab* 1987; 7(6): 729–738, <https://doi.org/10.1038/jcbfm.1987.127>.

19. Радзинский В.Е., Ураков А.Л., Уракова Н.А. Способ



акушерского пособия при потугах. Патент РФ 2502485. 2013. Radzinsky V.E., Urakov A.L., Urakova N.A. *Method of obstetric assistance in travails*. Patent RU 2502485. 2013.

20. Радзинский В.Е., Ураков А.Л., Уракова Н.А. Способ защиты плода от гипоксического повреждения в родах. Патент РФ 2503414. 2014. Radzinsky V.E., Urakov A.L., Urakova N.A. *Method of protecting fetus from hypoxic damage in labor*. Patent RU 2503414. 2014.

21. Ураков А.Л. Лимфозамениватель для локального сохранения жизнеспособности органов и тканей при гипоксии и ишемии. Патент РФ 2586292. 2016. Urakov A.L. *Lympho-substitute for local maintaining viability of organs and tissues in hypoxia and ischemia*. Patent RU 2586292. 2016.

22. Ураков А.Л., Уракова Н.А., Радзинский В.Е., Соколова Н.В., Гаускнехт М.Ю. Способ оценки устойчивости плода к гипоксии в родах. Патент РФ 2511084. 2014.

Uraikov A.L., Urakova N.A., Radzinsky V.E., Sokolova N.V., Gausknekht M.J. *Method for assessing fetus resistance to obstetric hypoxia*. Patent RU 2511084. 2014.

23. Ураков А.Л., Уракова Н.А., Касаткин А.А. Способ дородовой оценки адаптации плода к повторной гипоксии по Н.А. Ураковой. Патент РФ 2529377. 2014. Urakov A.L., Urakova N.A., Kasatkin A.A. *N.A. Urakova's method for antenatal assessment of foetal adaptation to repeated hypoxia*. Patent RU 2529377. 2014.

24. Aliev G., Solís-Herrera A., Li Y., Kaminsky Y., Yakhno N., Nikolenko V., Zamyatnin A. Jr., Benberin V., Bachurin S. Human photosynthesis, the ultimate answer to the long term mystery of Kleiber's law or  $E=M^{3/4}$ : implication in the context of gerontology and neurodegenerative diseases. *Open Journal of Psychiatry* 2013; 3(4): 408–421, <https://doi.org/10.4236/ojpsych.2013.34045>.