

Таблица 2

Динамика температуры в интактной зоне

Постинъекционное время	T_{min}	T_{max}	T_{cp}	$P_{Дж/с}$	S_{m^2}
3-5 сек*	31,6±0,17	33,1±0,29	32,5±0,25	521,9±2,62	0,004±0,001
3 мин	30,2±0,15	31,4±0,18*	30,8±0,16*	527,5±0,68	0,001±0,0001*
30 мин	30,2±0,15	31,4±0,18*	30,8±0,16*	527,5±0,68	0,001±0,0001*
1 час	29,4±0,36*	30,1±0,38*	29,7±0,37*	503,7±5,52*	0,001±0,0004*
24 часа	28,3±0,19*	28,8±0,23*	28,6±0,21*	496,0±3,23*	0,001±0,001*
Итого	30,2±0,11	31,3±0,13	30,7±0,12	518,1±1,40	0,002±0,0002

* – различия достоверны с исходным значением ($p < 0,05$)

инъекции и интактной зоной (Таблица 3). Так, при инъекции температура отличалась в среднем на $1,3 \pm 0,04^\circ\text{C}$, в диапазоне от $1,1 \pm 0,02$ до $0,9 \pm 0,03^\circ\text{C}$.

Через 3 минуты различия еще больше возросли – до $3,1 \pm 0,04^\circ\text{C}$, в диапазоне от $3,2 \pm 0,04$ до $2,8 \pm 0,08^\circ\text{C}$. Это происходит, по-видимому, за счет диффузии раствора лекарственного средства в ткани мышцы, окруженные фасцией. Через 30 минут различия температуры составили в среднем $3,0 \pm 0,05^\circ\text{C}$, а через один час – $-0,7 \pm 0,07^\circ\text{C}$. Иными словами, через один час становится видна реакция организма на внутримышечную инъекцию, которая более значимо проявляется через сутки в виде гиперемии до

Литература:

1. Вайнер Б. Матричные тепловизионные системы в медицине // Врач. – № 10. – 1999 – С. 30-31.
2. Иваницкий Г. Р. Современное матричное тепловидение в биомедицине // Успехи физических наук – 2006. – т. 176. – № 12. – С. 1293-1320.
3. Стулин И. Д. Диагностика смерти мозга. – М: ГЭОТАР-Медиа, 2009. – 112 с.
4. Чернова О. Э. Эпидемиология и профилактика постинъекционных осложнений. Автореф. дисс... канд. мед. наук. – М., 2006. – 53 с.
5. John Millar, Soeren Mattke and the Members of the OECD Patient Safety Panel. Selecting Indicators for Patient Safety at the Health Systems Level in OECD Countries Paris, 2004 – (18). – 52 p.

© А.Л. Ураков, 2012

УДК 618.2:618.33-001.8:616.831-005.4]-08-079.4

Н.А. Уракова, А.Л. Ураков

ТЕПЛОИЗЛУЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ГОЛОВЫ ПЛОДА КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА КИСЛОРОДОМ В РОДАХ

Кафедра общей и клинической фармакологии (зав. кафедрой – проф. А.Л. Ураков)

ГБОУ ВПО «Ижевская государственная медицинская академия»;

Отдел деформированного твердого тела (зав. – проф. В.Б.Дементьев)

ФГБУН «Институт механики Уральского отделения РАН»

Для экспресс-диагностики кислородной и/или артериальной недостаточности головного мозга плода в потужном периоде родов и выявления гипоксического повреждения головного мозга плода предложено определять разницу теплоизлучения кожи над костями и не заросшими швами черепа плода с помощью тепловизора.

Ключевые слова: асфиксия новорожденного, гипоксия плода в родах, гипоксическое повреждение коры головного мозга плода.

HEAT RADIATION OF THE FETUS SCALP AS INDICATORS OF CEREBRAL OXYGEN TO THE BRAIN DURING DELIVERY

N.A. Urakova, A.L. Urakov

For rapid diagnosis of oxygen and / or arterial insufficiency in the fetal brain during childbirth and bearing-down detection of hypoxic pregnant's brain damage proposed to determine the difference between heat radiation of the skin over the bones of the skull of the fetus and skull seams with a thermal imager.

Key words: asphyxia, hypoxia at birth, hypoxic damage to the cerebral cortex of the fetus.

Гипоксия, акроцианоз и синюшность кожи плода внутри утробы матери могут быть выявлены при беременности и родах с помощью трансабдоминального ультразвукового исследования двигательной активности плода и ультразвуковой эхогенности подушечек пальцев его рук [1-4].

$-2,8 \pm 0,14^\circ\text{C}$ видима в форме кольцеобразного кровоподтека (Цв. вкл. Рис. 3).

Таким образом, проведенные исследования показывают, что внутримышечные инъекции растворов лекарственных препаратов нередко завершаются постинъекционным воспалением окружающих тканей, что проявляется стойким повышением их температуры. Тепловизионный мониторинг области произведенных внутримышечных инъекций достаточно осуществлять в течение одного часа для своевременного прогнозирования начала развития постинъекционного воспаления, становящегося различимым спустя сутки.

После выхода головы плода из родовых путей наружу появляется возможность получения прямой информации о состоянии кожи, подкожно-жировой клетчатки, костей черепа и коры головного мозга за счет бесконтактного измерения температуры поверхности головы с помощью тепловизора [5].

Цель исследования – разработка методики инфракрасной термометрии кожи головы плода в потужном периоде родов для экспресс-диагностики кислородной и/или артериальной недостаточности (гипоксического и/или ишемического повреждения) коры головного мозга плода.

Материалы и методы исследования.

Термометрия кожи головы плодов проведена в период физиологических родов у 35 рожениц, поступивших на срочные роды в родильный дом № 6 БУЗ «РКДЦ МЗ УР» города Ижевска в 2012 году. При этом контрольную группу из 20 рожениц составили женщины, в анамнезе у которых ранее имелись успешные физиологические роды с рождением живых плодов в плановые сроки. Кроме этого, критерием отбора в контрольную группу рожениц являлась высокая устойчивость их плодов к внутриутробной гипоксии, подтвержденная в 30-32 недели беременности результатами функциональной пробы Гаускнехт (при значениях пробы более 30 с). Другая группа исследуемых женщин состояла из 15 рожениц, у которых ранее имелись успешные физиологические роды с рождением живых плодов в плановые сроки. Дополнительным критерием отбора в эту группу рожениц являлась низкая устойчивость их плодов к внутриутробной гипоксии, подтвержденная в 30-32 недели беременности результатами пробы Гаускнехт (показатели пробы были менее 10 с). Кроме этого, у одной роженицы имелось обвитие пуповины вокруг шеи и груди плода.

Инфракрасная термометрия осуществлялась с использованием тепловизора марки NEC TN91XX в диапазоне температур +26 – +36°C.

Статистическую обработку результатов проводили методами вариационной статистики с помощью персонального компьютера марки LG LW65-P797 с использованием пакета прикладных программ STATISTIKA 6,0. Статистическую достоверность результатов определяли путем применения t-критерия Стьюдента для непарных выборок.

Результаты и обсуждение.

В своей работе мы исходили из того, что во втором периоде родов имеется вероятность сдавливания пуповины и кровеносных сосудов шеи у любого плода. Дело в том, что при продвижении по родовым путям различные участки тела плода последовательно оказываются внутри самой узкой и твердой части родовых путей, продвижение внутри которой сопровождается последовательным циркулярным сжатием и даже деформированием головы и туловища плода, «врезающегося» в «узкий проход». При этом на каких-то участках родовых путей возможно сдавливание не только пуповины, но и сосудов шеи плода.

Помимо этого мы допускали, что сдавливание пуповины и кровеносных сосудов шеи плода может происходить не только в процессе его продвижения по родовым путям во время схваток и потуг, но и в перерывах между ними. В некоторых случаях перерывы между потугами могут продолжаться иногда до нескольких часов, поэтому перемещение плода может прекратиться на длительный период, причем он может «остановиться» в самой узкой, твердой и трудно преодолимой части родовых путей в положении, в котором происходит случайное сдавливание пуповины и/или кровеносных сосудов шеи плода. В связи с этим гипоксия и/или ишемия головного мозга, возникшая по неведению (по незнанию) в промежутке между потугами, может оказаться более длительной, чем в период потуг.

При поиске новых диагностических симптомов ишемии и гипоксии головного мозга плода во время родов

наше внимание привлекла возможность измерения температуры кожи над родничками и не заросшим центральным швом черепа, поскольку теплоизлучение кожи в этом участке может отражать температуру и интенсивность аэробного метаболизма в коре головного мозга плода.

При выборе способа оценки «лучевых» свойств поверхности головы плода в период родов предпочтение было отдано тепловизору, поскольку этот прибор позволяет бесконтактно и с высокой точностью осуществлять мониторинг «лучевых» свойств в области промежности роженицы с расстояния нескольких метров от нее, не мешая действиям акушеров, потугам роженицы и рождению новорожденного. Кроме этого, тепловизор позволяет получать практически моментально информацию о температуре всей видимой поверхности головы плода, выходящей из родовых путей наружу.

Полученные нами результаты показали высокую диагностическую ценность метода тепловизионной термометрии поверхности теменной части головы плодов и новорожденных. Показано, что тепловизионный мониторинг в инфракрасном диапазоне спектра излучения обеспечивает определение температуры теменной части головы плода на всем протяжении потужного периода родов и сразу после рождения младенца вплоть до отсечения у него пуповины и обертывания головы новорожденного в пеленку. При этом диапазон отдельных значений локальной температуры в коже теменной части кожи головы у живых плодов в процессе родов и сразу после них в наших наблюдениях находился между +31,6°C и +36,1°C.

Выяснено, что при нормальной беременности и при нормальных физиологических родах голова живого плода изображается на экране тепловизора преимущественно в желто-оранжево-красных цветах. Кроме этого, кожа головы плодов, имевших до родов высокие показатели пробы Гаускнехт, в родах имеет высокую температуру, а у плодов, родившихся в меконимальных водах, кожа головы и всего тела плода имеет низкую температуру. Более того, в норме на поверхности теменной части головы плода может выявляться участок локальной гипертермии, температура в котором может быть на 0,5-4°C выше температуры окружающей поверхности головы. Этот участок имеет продолговатую форму и располагается над не заросшим центральным швом черепной коробки, соединяющимся с не заросшими родничками (Цв вкл. Рис. 1).

Так, у плодов контрольной группы температура кожи в области проекции не заросших родничков и центральной «щели» черепа во время родов превышала температуру кожи над заросшими костями черепной коробки (над костным черепом) в среднем на $2,8 \pm 0,21^\circ\text{C}$ ($P \leq 0,05$, $n=20$).

Результаты тепловизионного мониторинга температуры поверхностей видимых частей голов плодов в потужном периоде родов у рожениц с ФПН и с низкой устойчивостью плодов к внутриутробной гипоксии (при значениях пробы с задержкой дыхания менее 10 с), показали, что у 10 из 15 плодов динамика температуры видимой части поверхности головы на протяжении потужного периода родов не имела принципиальных отличий от динамики температуры у плодов контрольной группы. Но у других 5 плодов во время потужного периода выявлялись кратковременные периоды с извращенной динамикой теплоизлучения кожи головы. Продолжительность этих периодов составляла от 30 до 120 с, а температура головы в области не заросшей центральной щели между костями черепа снижалась, формируя область локальной гипотермии (Цв. вкл. Рис. 2 и Рис. 3).

Нами был проведен анализ обстоятельств, сопутствующих их появлению, который позволил установить,

что неподвижное нахождение плодов в родовых путях в периодах между потугами способствует сохранению и углублению локальной гипотермии над не заросшим швом черепа, а существенное смещение (перемещение) плодов в родовых путях, достигаемое путем инициирования внеочередных потуг, приводило через 2-3 с к повышению температуры в области локальной гипотермии в головах плодов у всех 5 рожениц вплоть до нормо- и гипертермии.

Следовательно, термометрия поверхности головы плода, проводимая с помощью тепловизора в потужном периоде родов, позволяет выявлять появление, наличие и устранение периодов относительной локальной гипо- и гипертермии над не заросшим центральным швом черепа. На наш взгляд температура оголенной и влажной поверхности головы плода во время прорезывания в окружении сухого воздуха комнатной температуры позволяет судить об интенсивности окислительного метаболизма в коре головного мозга, сопровождаемого выделением тепла. В свою очередь, интенсивность аэробного метаболизма и теплоизлучения тканей позволяет судить о достаточности в коре головного мозга оксигенированной артериальной крови. Поэтому выявление нормо- и гипертермии на всей поверхности головы плода позволяет судить об отсутствии угрожающей гипоксии и ишемии коры головного мозга.

Появление периода локальной гипотермии над не заросшим стреловидным швом черепной коробки плода мы предлагаем рассматривать как симптом диагностики гипоксии и/или ишемии плода, поскольку индуцированная нами в этот период преждевременная потуга и смещение плода в родовых путях сопровождалась повышением температуры кожи над не заросшим швом черепа. Причем восстановление температуры наступало через 2-3 с после удачного смещения плода.

Приводим пример использования созданного нами способа. В родовый блок поступила женщина Г. 31 года на повторные срочные роды с диагнозом «Беременность 38-39 недель, ВСД по гипотоническому типу, ХСН₀, отеки беременной, носитель ВПГ- II». При ультразвуковом осмотре было уточнено, что «Беременность доношенная, предлежание плода головное, затылочное. Имеется обвитие пуповины вокруг шеи и груди плода». Через 7 часов от момента начала первого периода родов констатировано полное открытие шейки матки при головном предлежании и затылочном положении плода, начало потуг. После этого женщина была помещена на родовой стол. Во втором периоде родов с момента начала прорезывания головки решено было оказать акушерское пособие. Для этого раздвинули половые губы пальцами рук акушера, открыли половую щель и поверхность головы плода, находящейся в ней. Осмотрели ее видимую поверхность на глаз, продолжили контроль здоровья матери, плода и его продвижения по родовым путям, регулируя потуги роженицы и применяя ручное сгибание и разгибание головы плода. Во время первых 2-х потуг головка продвигалась по родовому каналу, а в промежутке между потугами продвижение ее и плода прекратилось. Перерыв между схватками составил 2 минуты. К концу перерыва была отмечена смена розовой окраски кожи головы плода на синюшную окраску. На этом основании было сделано предположение о развитии скрытой внутриутробной гипоксии и/или ишемии головного мозга плода, что могло быть следствием сдавливания пуповины или кровеносных сосудов шеи плода в узком участке родовых путей. Для исключения чрезмерного гипоксического повреждения коры головного мозга плода решено было исследовать лучевые свойства кожи подушечек пальцев рук, однако

кисти обеих рук оказались расположенными в трудно визуализируемом месте и были сдавленными телом плода и костным скелетом малого таза.

В связи с этим потужной период родов решено было проводить с использованием разработанного способа.

Для этого видимую часть поверхности головы плода оставили открытой для обзора в видимом и инфракрасном диапазоне спектра излучения тканей и начали одновременно с наблюдением на глаз термометрию с помощью тепловизора. С этой целью тепловизор марки NEC TN91XX установили напротив половой щели в такое положение, которое обеспечило получение на его экране изображение открытой части головы плода. Затем выявили в центре открытой поверхности головы участок «щели» между костями черепа, который находился на месте стреловидного шва, и начали мониторинг температуры кожи всей открытой части поверхности головы. Определили, что к моменту наступления очередной потуги температура кожи на всей видимой части головы соответствовала норме и отдельные участки ее отличались друг от друга не более, чем на 0,3°C. Однако через 25 с после начала потуги температура поверхности головы в области проекции «щели» черепа снизилась на 0,6°C, в то время как температура остальной части поверхности головы осталась без существенных изменений. При этом на экране тепловизора изображение поверхности головы вокруг «щели» черепа имело красновато-белый цвет, а над «щелью» – желто-голубой. Дальнейшее наблюдение показало, что к концу схватки температура в области проекции костной щели стала ниже температуры окружающей части поверхности на 1,0°C, а после прекращения схватки снижение температуры в ней продолжилось. В связи с этим сделали заключение о начале внутриутробного гипоксического и ишемического повреждения коры головного мозга плода и для его предотвращения попросили роженицу преждевременно тужиться изо всех сил. Роженица выполнила эту просьбу и начала тужиться. Через 3 с после начала потуги возобновилось движение головы плода вперед, а через 6 с температура в области очага локальной гипотермии над швом черепа начала нормализоваться. В связи с этим «внеочередную» искусственную потугу прекратили и продолжили наблюдение за динамикой температуры кожи головы плода. Проведенное наблюдение показало, что через 15 с температура кожи над швом черепа нормализовалась и оставалась нормальной вплоть до наступления очередной схватки. При этом сердцебиение плода было стабильным с частотой 140 уд/мин.

Последующее управление продвижением плода по родовым путям и потугами роженицы проводили под контролем температуры кожи над швом черепа плода, сохраняя ее в пределах нормы за счет своевременного прекращения или удлинения очередной потуги. Через 20 минут после начала потужного периода родилась девочка. Осмотр новорожденной в видимом и инфракрасном диапазонах спектра излучения тканей показал, что она родилась без признаков акроцианоза, температура тела была равномерной и составляла +37°C. Самостоятельное дыхание и крик ее зафиксированы через 5 секунд после рождения. Оценки по Апгар на 1 и 5 минутах жизни составили 8-9 баллов соответственно. Ребенок имел вес 3540 г., рост 54 см.

Дальнейшее наблюдение за новорожденной показало отсутствие у неё бледности и цианотичности кожных покровов, аспирации околоплодных вод, инфицирования легких, а также других признаков гипоксического повреждения. При этом кожа новорожденного сохраняла розовый цвет и нормальный уровень теплоизлучения.

Таким образом, метод инфракрасной термометрии поверхности головы младенца над не заросшим центральным швом черепа и своевременное управление безопасностью размещения плода в родовых путях с использованием критерия адекватности в виде сохранения

нормо- и гипертермии поверхности обеспечивает достаточность снабжения головного мозга оксигенированной артериальной кровью и исключает гипоксическое и ишемическое повреждение коры головного мозга у новорожденного.

Литература:

1. Радзинский В.Е., Ураков А.Л., Уракова Н.А., Гаускнехт М.Ю. Оценка устойчивости плода к внутриутробной гипоксии в период задержки дыхания беременной женщиной. *Репродуктивное здоровье. Восточная Европа.* - 2012. - № 1. - С. 119 – 127.
2. Уракова Н.А., Ураков А.Л., Гаускнехт М.Ю. Инновационные возможности оценки устойчивости плода к гипоксии. *Современные проблемы науки и образования.* - 2012. - № 1. - 5 с. URL: www.science-education.ru/101-5328.
3. Уракова Н.А., Ураков А.Л., Гаускнехт М.Ю. Прогностическая ценность функционального теста на устойчивость плода к внутриутробной гипоксии. *Акушерство и гинекология. (Спецвыпуск).* - 2012. - С. 27 – 31.
4. Уракова Н.А., Ураков А.Л., Гаускнехт М.Ю. и др. Трансабдоминальное ультразвуковое исследование устойчивости плода к внутриутробной гипоксии. *Вестник уральской медицинской академической науки.* - 2011. - № 3. - С.80 – 83.
5. Ураков А.Л., Уракова Н.А. Инфракрасная термометрия предлежащей части головы плода в потужном периоде родов как метод диагностики гипоксически-ишемических повреждений головного мозга. *Современные проблемы науки и образования.* - 2012. - № 6; URL: <http://www.science-education.ru/106-7134>. (дата обращения: 08.10.2012).

Иллюстрации к статье Н.А.Ураковой, А.Л.Уракова
**«ТЕПЛОИЗЛУЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ГОЛОВЫ
 ПЛОДА КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ
 КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА КИСЛОРОДОМ
 В РОДАХ»**

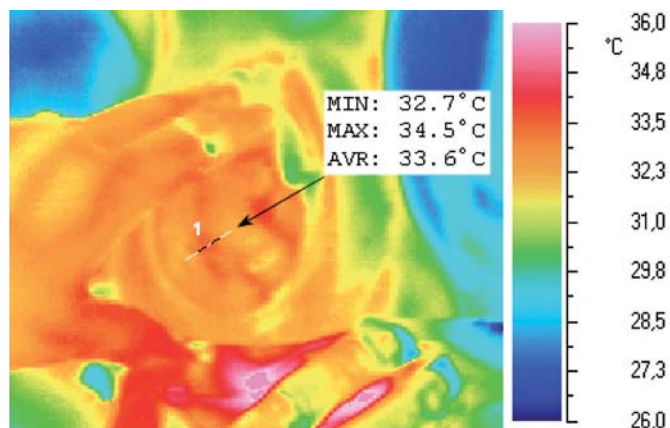


Рис. 1. Изображение в инфракрасном диапазоне спектра излучения поверхности головы плода после ее прорезывания у роженицы П. с указанием температуры кожи в области центрального шва и рядом с ним.

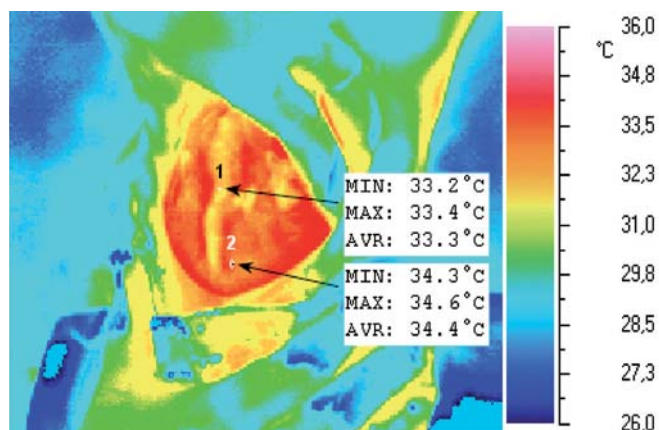


Рис. 2. Инфракрасное изображение поверхности головы плода при выходе ее из родовых путей через 30 с после завершения очередной потуги и остановки плода в родовых путях с указанием температуры кожи над центральным швом (1) и костями черепа (2). (Роженица Б.).

мышечной инъекции раствора лекарственного средства происходит незначительное снижение температуры до $31,1 \pm 0,23^\circ\text{C}$, в диапазоне от $30,6 \pm 0,16$ до $32,2 \pm 0,32^\circ\text{C}$. К 3 минутам после внутримышечной инъекции средняя температура становится наиболее низкой – $27,6 \pm 0,03^\circ\text{C}$, в диапазоне от $27,0 \pm 0,04$ до $28,6 \pm 0,06^\circ\text{C}$. Далее в течение часа происходит стабилизация температуры в этой зоне: $27,8 \pm 0,04$ и $30,5 \pm 0,33^\circ\text{C}$. Спустя сутки средняя температура в зоне инъекции повышается до $31,4 \pm 0,19^\circ\text{C}$, в диапазоне от $30,8 \pm 0,22$ до $32,1 \pm 0,21^\circ\text{C}$. Энергия излучения в секунду времени (P) достоверно была низкой в пределах одного часа после проведения внутримышечной инъекции $488,0 \pm 0,42$ Дж/с. Площадь излучения зоны инъекции была наибольшей в момент инъекции – $0,004 \pm 0,001$ м², в среднем $0,002 \pm 0,0002$ м².

В таблице 2 представлены результаты оценки температуры в зоне (интактной) рядом местом внутримышечных инъекций. Средняя температура за сутки составила $30,7 \pm 0,12^\circ\text{C}$ в диапазоне от $30,2 \pm 0,11$ до $31,3 \pm 0,13^\circ\text{C}$ ($P < 0,05$). В постинъекционном периоде через час отмечается незначительное изменение температуры до $29,7 \pm 0,37^\circ\text{C}$, в диапазоне от $29,4 \pm 0,36$ до $30,1 \pm 0,38^\circ\text{C}$

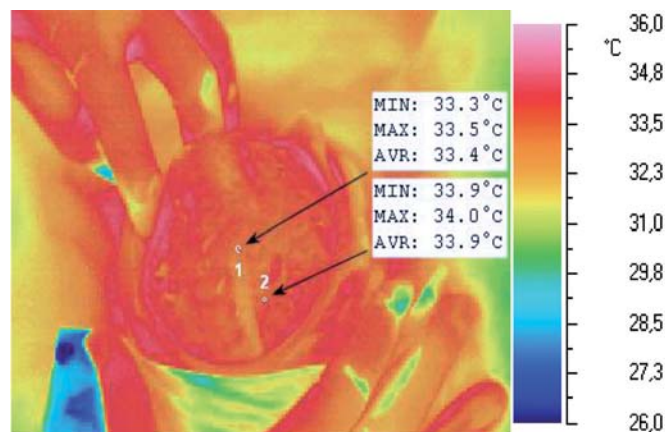


Рис. 3а.

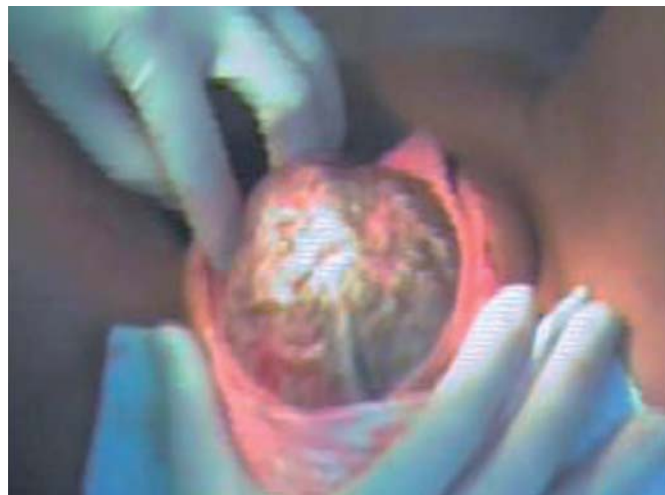


Рис. 3б.

Изображение поверхности головы плода при выходе ее из родовых путей у роженицы С. через 30 с после завершения потуги и остановки плода в родовых путях в инфракрасном (а) и в видимом (б) диапазонах спектра излучения с указанием значений локальной температуры кожи над центральным швом (1) и над костями черепа (2).

что, по-видимому, связано с реакцией организма на инъекцию. Спустя сутки средняя температура незначительно снизилась до $28,6 \pm 0,21^\circ\text{C}$. Энергия излучения в секунду времени (P) достоверно уменьшилась через один час после внутримышечной инъекции с $521,5 \pm 3,83$ до $503,7 \pm 5,52$ Дж/с. Поэтому площадь излучения, определяемая зоной внутримышечной инъекции, наибольшей была в момент инъекции $0,004 \pm 0,001$ м², в среднем также $0,002 \pm 0,0002$ м².

Наиболее наглядно в постинъекционном периоде выглядит динамика разницы температур между местом

Таблица 1
 Динамика температуры в зоне внутримышечных инъекций

Постинъекционное время	T_{min}	T_{max}	T_{cp}	$P_{Дж/с}$	$S_{м^2}$
3-5 сек*	$30,6 \pm 0,16$	$32,2 \pm 0,32$	$31,1 \pm 0,23$	$504,3 \pm 2,26$	$0,004 \pm 0,001$
3 мин	$27,0 \pm 0,20^*$	$28,6 \pm 0,16^*$	$27,6 \pm 0,17^*$	$488,0 \pm 0,42^*$	$0,001 \pm 0,0001^*$
30 мин	$27,0 \pm 0,24^*$	$28,6 \pm 0,26^*$	$27,8 \pm 0,25^*$	$488,0 \pm 0,42^*$	$0,001 \pm 0,0001^*$
1 час	$30,1 \pm 0,33$	$30,9 \pm 0,34$	$30,5 \pm 0,33^*$	$513,2 \pm 5,14$	$0,001 \pm 0,0004^*$
24 часа	$30,8 \pm 0,22$	$32,1 \pm 0,21$	$31,4 \pm 0,19$	$531,3 \pm 3,40^*$	$0,001 \pm 0,001^*$
Итого	$29,0 \pm 0,13$	$30,3 \pm 0,13$	$29,5 \pm 0,13$	$503,7 \pm 1,56$	$0,002 \pm 0,0002$

* – различия достоверны с исходным значением ($p < 0,05$)