

УДК 616-089.855.843:612.79:612.563

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ КОЖИ НАД ТРЕПАНАЦИОННЫМ ОТВЕРСТИЕМ ДО И ПОСЛЕ ЕГО ЗАКРЫТИЯ ИМПЛАНТОМ

Касаткин А.А., Исрафилов Р.Р.

*ГБОУ ВПО «Ижевская государственная медицинская академия» МЗ РФ,
Ижевск, e-mail: ant-kasatkin@yandex.ru*

Проведены исследования инфракрасного излучения кожи, покрывающей мозговую череп, 10 здоровых добровольцев и 5 пациентов после краниотомии. Установлено, что разница средних температур кожи в симметричных участках головы здоровых добровольцев не превышала 0,2°C. У пациентов, перенесших краниотомию, средняя температура кожи над трепанационным отверстием была достоверно выше температурных показателей кожи над интактными участками черепа на 3,0°C. Локальная гипертермия регистрировалась у пациентов на протяжении всего периода восстановительного лечения, вплоть до закрытия костного дефекта имплантом. Установка титанового импланта уменьшала разницу температур и спектра инфракрасного излучения кожи в симметричных участках только при неизменной температуре окружающей среды. На основе выявленных закономерностей разработан новый имплант, обладающий теплоизоляционными свойствами.

Ключевые слова: инфракрасная термография, теплопроводность, краниотомия, имплантация

DYNAMICS OF TEMPERATURE CHANGE OF THE SKIN OVER CRANIAL WINDOW BEFORE AND AFTER THE CLOSED IMPLANT

Kasatkin A.A., Israfilov R.R.

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

Investigations of temperature and infrared spectrum of the skin covering the skull brain healthy volunteers and patients after craniotomy. It is found that the difference in the average temperature of the skin in areas symmetrical head healthy volunteers did not exceed 0,2°C. Patients undergoing craniotomy, the temperature of the skin over the burr hole was significantly higher than skin temperature readings over the intact portions of the skull to 3,0°C. Local hyperthermia was detected in patients during the entire period of rehabilitation treatment, until the closing of the bone defect implant. Installation titanium implant reduced the temperature difference between the spectrum of infrared radiation and skin symmetric parts only at a constant temperature environment. On the basis of the revealed laws, a new implant having thermal insulation properties.

Keywords: infrared thermography, thermal conductivity, craniotomy, implantation

Одним из главных этапов хирургического лечения пациентов с черепно-мозговой травмой является краниотомия, представляющая собой операцию образования отверстия в костях черепа с целью обеспечения доступа к мозговому оболочкам и головному мозгу. Однако сформированное отверстие, позволяющее хирургу провести операцию и сохранить пациенту жизнь, может быть причиной появления патологических неврологических симптомов у пациентов в послеоперационном периоде. Известны такие жалобы пациентов после перенесенной краниотомии, как головная боль, судороги, снижение активности органов чувств, зависимость самочувствия от изменений погоды. Причем такой симптом, как головная боль, может встречаться у 91% пациентов [12]. Данные осложнения ухудшают состояние здоровья пациентов и качество их жизни, создают необходимость дополнительного приема ими анальгетических, противосудорожных и других сильнодействующих лекарственных средств. Одной из

причин появления указанных осложнений может быть изменение локальных температурных показателей гомеостаза головного мозга. Сегодня известно, что температура является самым сильным физическим фактором, способным существенно изменить активность функционирования как всего теплокровного организма человека или животного, так и отдельных его органов и тканей [5, 6, 8, 11]. Однако проведенные в последнее время в экспериментах на животных исследования состояния мозга в области трепанационного отверстия с применением инвазивных методов не ставили задачу исследовать температурные показатели, а касались лишь изучения состояния локальной перфузии мозга и его микроскопических характеристик [10].

В последние годы были убедительно показаны информативность и безопасность инфракрасной термографии и термометрии в изучении изменений локальной температуры поверхности тела теплокровных животных и человека. Данный метод показал

высокую чувствительность в диагностике гипоксии и ишемии, в оценке безопасности лекарственных средств и медицинских изделий *in vivo* [2, 3, 4, 7, 9]. Кроме того, появились результаты исследований, свидетельствующие о возможности изучения инфракрасного излучения головного мозга у новорожденных через щели и роднички в черепе, а у взрослых – через трепанационные отверстия [1, 13, 14, 15]. Таким образом, изучение спектра инфракрасного излучения и динамики температуры кожи головы пациентов, перенесших краниотомию, может помочь в оценке эффективности и безопасности оказанной медицинской помощи.

Цель исследования – изучение температурных изменений кожи человека над костным дефектом черепа после краниотомии и последующей установки титанового имплантата.

Материалы и методы исследования.

Проспективные исследования в 2014–2015 гг. были проведены у 10 здоровых добровольцев (контрольная группа) и 5 пациентов с трепанационным окном в теменной области черепа до и после установки им титанового имплантата (группа наблюдения). Термографическое исследование проводили через

5 минут после расположения исследуемого в горизонтальное положение лежа на спине в помещении с температурой окружающего воздуха +25°C в симметричных точках теменной области с правой и левой сторон.

Измерение температуры и спектра инфракрасного излучения проводили с помощью тепловизора марки ThermoTracer TH9100XX (NEC, USA) в диапазоне температур +25...+36°C. Количественные данные представлены в виде $M \pm m$, медианы (50-й процентиль), минимального – максимального значений.

План исследований был одобрен этическим комитетом Ижевской государственной медицинской академии на основании принципов, которые изложены во Всемирной медицинской декларации в Хельсинки.

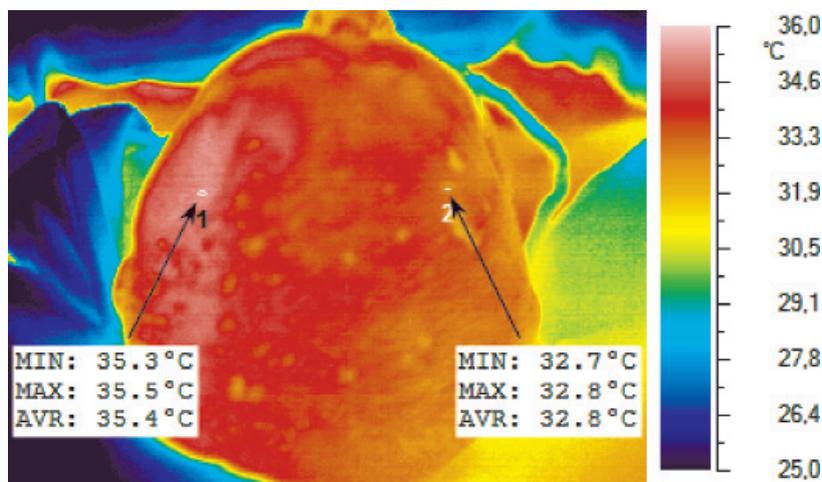
Результаты исследования и их обсуждение

Средний возраст исследуемых в контрольной группе ($n = 10$) составил 38 ± 10 лет (8 – мужчины), в группе наблюдения ($n = 5$) – 46 ± 12 лет (4 – мужчины).

Результаты исследований показали, что температура кожи над неповрежденным мозговым черепом как у здоровых добровольцев, так и у пациентов после краниотомии была в пределах 31,8–33,0°C (таблица).

Показатели средних температур (°C) кожи в симметричных точках теменно-височной области головы исследуемых обеих групп

| Контрольная группа ($n = 10$) | | Группа наблюдения ($n = 5$) | |
|--|------------|-------------------------------|----------------------------------|
| справа | слева | справа | слева (над трепанационным окном) |
| Среднее значение температур, °C | | | |
| 32,7 ± 0,1 | 32,5 ± 0,2 | 32,4 ± 0,2 | 35,4 ± 0,1 |
| Минимальные-максимальные значения температур, °C | | | |
| 32,0–33,0 | 31,8–33,1 | 32,0–33,0 | 35,1–36,0 |
| Медиана, °C | | | |
| 32,8 | 32,5 | 32,3 | 35,3 |



Снимок инфракрасного изображения головы пациента с указанием минимальной (MIN), максимальной (MAX) и средней (AVR) температур кожи в зоне 1 – над трепанационным окном и зоне 2 – над интактной костью

Из представленных в таблице данных следует, что средняя температура кожи над трепанационным окном может превышать аналогичные температурные показатели в симметричной точке здоровой стороны на $3,0^{\circ}\text{C}$. На экране тепловизора трепанационное окно было представлено в виде очага локальной гипертермии и гиперемии (рисунок).

Полученные данные могут свидетельствовать о том, что кости черепа несут теплоизоляционную функцию, предназначенную для обеспечения температурного гомеостаза головного мозга. Проведенные наблюдения за температурой кожи головы пациентов после установки им титанового импланта подтвердили наши предположения. Было выявлено, что установка титанового импланта уменьшала разницу температур и спектра инфракрасного излучения кожи в симметричных участках головы пациентов только при неизменной температуре окружающей среды. Так, в помещении с температурой окружающего воздуха $+25...+26^{\circ}\text{C}$ показатель средней температуры кожи над имплантом составил $+33,2 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$, а в симметричной точке здоровой стороны головы $+33,6 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$. Важно отметить, что в условиях изменения внешней температуры, в частности после принятия душа пациентами с прохладной или горячей водой, обдувания тела холодным или теплым воздухом, регистрировалось достоверное увеличение разницы температур кожи над участками интактной кости и титанового импланта.

Поскольку локальное изменение температуры мозга играет для него роль раздражающего фактора, который рефлекторно изменяет тонус кровеносных сосудов мозга, вызывая их спазм или паралич, приводящий к нарушению интенсивности локального кровоснабжения мозга и развитию таких клинических синдромов, как головная боль и парестезии, то создание условий для поддержания температурного гомеостаза мозга пациентов является важной задачей. Однако исследований, посвященных изучению теплопроводящих свойств металлов и других искусственных материалов, предназначенных для изготовления вживляемых в организм теплокровных животных и человека имплантов, в современной литературе представлено недостаточно [16].

В связи с этим было предложено стабилизировать температуру мозга, применив имплант с ячеистым строением, выполненный в виде сетки, покрытый слоем из примыкающих друг к другу симметричных полых шестигранных контейнеров, с округлыми гранями, полость каждого контейнера заполнена пеной и герметично закрыта.

Данная конструкция импланта может снизить его теплопроводящие свойства и защитить мозг от колебаний температуры окружающей среды и кожи над ними. Для оценки эффективности применения нового импланта необходимы дальнейшие исследования.

Таким образом, краниотомия с формированием у пациента трепанационного окна приводит к нарушению температурного гомеостаза головного мозга за счет удаления участка кости, выполняющего роль теплоизолятора. Трепанационное окно в инфракрасном спектре излучения представляет собой очаг локальной гипертермии, который может быть выявлен с помощью тепловизора. Титановые импланты, устанавливаемые пациентам для устранения костного дефекта, не обладают эффективными теплоизоляционными свойствами. Создание нового импланта с теплоизоляционными свойствами, близкими к костной ткани, может помочь стабилизировать температуру мозга и улучшить результаты реабилитации пациентов.

Авторы выражают благодарность доктору медицинских наук, профессору, академику РАЕ, заслуженному изобретателю РФ, заведующему кафедрой общей и клинической фармакологии ГБОУ ВПО «Ижевская государственная медицинская академия» Александру Ливиевичу Уракову за всестороннюю поддержку и помощь в проведении научных исследований.

Список литературы

1. Ибрафиллов Р.Р. Кислород как термоконтрастирующее средство // Электронный научно-образовательный вестник Здоровье и образование в XXI веке. – 2014. – Т.16, № 11. – С. 30–31.
2. Касаткин А.А. Технология оценки резервов адаптации человека к гипоксии с помощью инфракрасной термографии // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5. – С. 327.
3. Ураков А.Л. Медицинская термофармакология // Экономический вестник фармации. – 2000. – № 8. – С. 101–104.
4. Ураков А.Л. История формирования термофармакологии в России // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 12. – С. 29–39.
5. Ураков А.Л. Рецепт на температуру // Наука и жизнь. – 1989. – № 9. – С. 38–42.
6. Ураков А.Л. Холод в защиту сердца // Наука в СССР. – 1987. – № 2. – С. 63–65.
7. Уракова Н.А., Касаткин А.А. Острая гипоксия вызывает спонтанное охлаждение тела человека // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 10. – С. 86–88.
8. Ураков А.Л., Пугач В.Н., Кравчук А.П., Сабсай М.И., Баранов А.Г. Использование тепла и холода для регуляции кровотока и поддержания гемостаза внутренних органов // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. – 1984. – № 5. – С. 43–46.
9. Ураков А.Л., Уракова Н.А., Касаткин А.А., Решетников А.П., Никитюк Д.Б. Инфракрасная диагностика гипоксии //

Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 11. – С. 855–858.

10. Hammer D.X., Lozzi A., Abliz E., Greenbaum N., Agrawal A., Krauthamer V. Longitudinal vascular dynamics following cranial window and electrode implantation measured with speckle variance optical coherence angiography // *Biomed Opt Express*. – 2014. – Vol 5, № 8. – P. 2823–2836.

11. Kasatkin A.A., Urakov A.L., Urakova N.A. How to improve the indicators of the health of the newborns in pregnant woman in labour having epidural analgesia? // *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*. – 2013. – Vol.57, S120. – P. 16.

12. Rocha-Filho PA. Post-craniotomy headache: a clinical view with a focus on the persistent form // *Headache*. – 2015. – Vol.55, № 5. – P. 733–738.

13. Urakova N.A., Urakov A.L. Diagnosis of intrauterine newborn brain hypoxia using thermal imaging video // *Biomedical Engineering* – 2014. – Vol. 48, № 3. – P. 111–115.

14. Urakova N.A. Decrease of the temperature of the head of the fetus during birth as a symptom of hypoxia // *Thermology International* – 2013. – Vol. 23, № 2. – P. 74–75.

15. 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. – Vol. 41. – P. 473.

16. Zinovyev V.E., Pushkareva N.B., Shikhov Yu.A., Manzhuev V.M., Taluts S.G., Gorbatov V.I., Vlasov B.V., Sandakova M.I. Electrical and thermal properties of iron-cobalt alloys in the temperature range from 4.2 to 1800 K // *The Physics of Metals and Metallography*. – 1995. – T. 79, № 5. – С. 503.

References

1. Israfilov R.R. Zdorove i obrazovanie v XXI veke, 2014. no. 11, pp. 30–31.

2. Kasatkin A.A. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya, 2013, no. 5, pp. 327.

3. Urakov A.L. Jekonomicheskij vestnik farmacii, 2000, no. 8, pp. 101–104.

4. Urakov A.L. Advances in current natural sciences, 2014, no. 12, pp. 29–39.

5. Urakov A.L. Nauka i zhizn, 1989, no. 9, pp. 38–42.

6. Urakov A.L. Nauka v SSSR, 1987, no. 2, pp. 63–65.

7. Urakova N.A., Kasatkin A.A. International journal of applied and fundamental research, 2014, no 10, pp. 86–88.

8. Urakov A.L., Pugach V.N., Kravchuk A.P., Sabsay M.I., Baranov A.G. Patologicheskaya fiziologiya i eksperimentalnaya terapiya, 1984, no 5, pp. 43–46.

9. Urakov A.L., Urakova N.A., Kasatkin A.A., Reshetnikov A.P., Nikityuk D.B. International journal of applied and fundamental research, 2014, no 11, pp. 855–858.

10. Hammer D.X., Lozzi A., Abliz E., Greenbaum N., Agrawal A., Krauthamer V. Longitudinal vascular dynamics following cranial window and electrode implantation measured with speckle variance optical coherence angiography // *Biomed Opt Express*. 2014. Vol 5, no. 8. pp. 2823–2836.

11. Kasatkin A.A., Urakov A.L., Urakova N.A. How to improve the indicators of the health of the newborns in pregnant woman in labour having epidural analgesia? // *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*. 2013. Vol.57, S120. pp. 16.

12. Rocha-Filho PA. Post-craniotomy headache: a clinical view with a focus on the persistent form // *Headache*. 2015. Vol.55, no. 5. pp. 733–738.

13. Urakova N.A., Urakov A.L. Diagnosis of intrauterine newborn brain hypoxia using thermal imaging video // *Biomedical Engineering* 2014. Vol. 48, no. 3. pp. 111–115

14. Urakova N.A. Decrease of the temperature of the head of the fetus during birth as a symptom of hypoxia // *Thermology International* 2013. Vol. 23, no. 2. pp. 74–75.

15. 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. Vol. 41. pp. 473.

16. Zinovyev V.E., Pushkareva N.B., Shikhov Yu.A., Manzhuev V.M., Taluts S.G., Gorbatov V.I., Vlasov B.V., Sandakova M.I. Electrical and thermal properties of iron-cobalt alloys in the temperature range from 4.2 to 1800 K // *The Physics of Metals and Metallography*. 1995. T. 79, no. 5. pp. 503.

Рецензенты:

Ураков А.Л., д.м.н., профессор, заведующий кафедрой общей и клинической фармакологии, ГБОУ ВПО «Ижевская государственная медицинская академия» Минздрава России», г. Ижевск;

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