

УДК 61.612.556.563

## МОНИТОРИНГ КОЖНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

<sup>1</sup>Богданова Т.М., <sup>2</sup>Бакуткин В.В., <sup>3</sup>Большаков А.А., <sup>2</sup>Бакуткин И.В., <sup>3</sup>Мельников Л.А.,  
<sup>2</sup>Спирин В.Ф., <sup>1</sup>Наливаева А.В.

<sup>1</sup>ГОУ ВПО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского  
Минздрава России», Саратов, e-mail: bogtanmih@mail.ru;  
<sup>2</sup>ФБУН «Саратовский НИИ СГ Роспотребнадзора», Саратов;  
<sup>3</sup>ГОУ ВПО «Саратовский государственный технический  
университет им. Ю.А. Гагарина», Саратов

В современной медицине все большее место занимают высокотехнологичные методы исследования показателей функционального состояния организма человека. Одним из таких методов является мониторинг кожной температуры тела. Точность измерения средней температуры кожи растет с увеличением количества участков и частоты измерения. Мониторинг температуры рекомендован при многих заболеваниях внутренних органов и систем, педиатрии, анестезиологии, хирургии, инфекционных болезнях, онкологии, ожогах и отморожениях. Учитывая широкое распространение лихорадочного синдрома, большое значение имеют характеристики лихорадки: начало, выраженность, тип температурной кривой и др. Температурные кривые дают наглядное представление о характере лихорадки, и имеют существенное диагностическое и прогностическое значение. В настоящее время разработан быстродействующий термометр с беспроводным каналом передачи данных, который может использоваться для мониторинга кожной температуры тела человека.

**Ключевые слова:** термометрия, диагностика, лихорадочные состояния, температурные кривые, мониторинг термометрии

## MONITORING OF SKIN TEMPERATURE HUMAN BODY AND ITS APPLICATION IN CLINICAL PRACTICE

<sup>1</sup>Bogdanova T.M., <sup>2</sup>Bakutkin V.V., <sup>3</sup>Bolshakov A.A., <sup>2</sup>Bakutkin I.V., <sup>3</sup>Melnikov L.A.,  
<sup>2</sup>Spirin V.F., <sup>1</sup>Nalyvaeva A.V.

<sup>1</sup>Saratov State Medical University n.a. V.I. Razumovsky, Saratov, e-mail: bogtanmih@mail.ru;  
<sup>2</sup>Saratov Research Institute of Rural Hygiene, Saratov;  
<sup>3</sup>Saratov Technical University, Saratov

In modern medicine, an increasingly prominent place occupied by high-tech methods of research of the functional condition of the human body. One such method is the monitoring of skin temperature of the body. Accuracy average skin temperature increases with the number of sites and the frequency measurement. Temperature monitoring is recommended in many diseases of the internal organs and systems, pediatrics, anesthesiology, surgery, infectious diseases, oncology, burns and frostbite. Given the widespread febrile syndrome, are important characteristics of fever: the beginning, the severity, type of temperature curve, etc. The temperature curves give a clear idea of the nature of the fever, and have a significant diagnostic and prognostic value. Currently, a fast thermometer wireless data transmission channel which can be used to monitor the skin temperature of the human body.

**Keywords:** thermometry, diagnostics, fevers, temperature curves, monitoring thermometry

Первое измерение температуры тела было выполнено более 100 лет назад (Harvey Cushing 1895). Измерение производилось ртутным термометром. В настоящее время в медицинской практике используют ртутные, электронные, инфракрасные, жидкокристаллические термометры [4]. Ртутные термометры имеют наибольшее распространение, обладают достаточной точностью измерения. Основным недостатком их использования является наличие ртути, являющейся токсическим веществом. В связи с этим в странах Евросоюза с 2007 года отказались от эксплуатации ртутных термометров.

Наиболее распространенными видами электронных термометров являются термисторы и термопары. Чувствительность

довольно высока, так как поверхность контакта полупроводника с исследуемой поверхностью достаточно мала (меньше 1 мм в диаметре). Клинически используемые термисторы имеют разрешающую способность в 0,2 °С при температуре до 45 °С.

Жидкокристаллические термометры меняют цвет при изменении температуры и прикрепляются непосредственно к коже обследуемого. Оценка результатов измерения имеет некоторый субъективизм.

При использовании высокоэффективных приборов для систем дистанционного контроля кожной температуры повышается точность регистрации данных, возникает возможность измерений с заданными интервалами времени, обработки и архивирования полученных результатов. В настоя-

щее время разработан быстродействующий термометр с беспроводным каналом передачи данных, обладающий повышенной продолжительностью работы с временем измерения 1-2 с и погрешностью не более  $\pm 0,1^\circ\text{C}$ , который может использоваться для мониторинга кожной температуры [6, 7].

Температура тела человека поддерживается с высокой точностью. В процессе контроля температуры задействованы все отделы вегетативной нервной системы. Главным звеном в терморегуляции является гипоталамус [1, 23]. В него поступает тепловая информация от внутренних органов и тканей, при этом на пути от периферии к центру эта информация частично обрабатывается [11]. В норме температура тела человека колеблется в пределах  $35,5 - 37,2^\circ\text{C}$ , зависит от пола, возраста, факторов окружающей среды.

Принято выделять две основные зоны измерения температуры тела – ядро и оболочка. Под оболочкой понимают кожу и другие поверхностно расположенные структуры, а ядро – кровь и все внутренние органы. Температура ядра зависит от интенсивности физиологических процессов, происходящих во внутренних органах и несколько выше температуры оболочки [20]. Значение центральной температуры меньше  $36^\circ\text{C}$  и больше  $38^\circ\text{C}$ , свидетельствует либо о нарушении терморегуляции, либо о чрезвычайно неблагоприятной температуре окружающей среды, при которой терморегуляционные защитные механизмы оказываются неэффективными. Внутривидовой диапазон температуры составляет  $0,2-0,4^\circ\text{C}$ . Теплоотдача преимущественно производится через поверхность кожи [1, 2, 17].

Температура тела человека является результатом разницы между теплопродукцией и теплопотерей. Это может быть выражено следующим уравнением:

$$dH = M + W \pm R \pm C_n \pm C_v - E_v,$$

где  $dH$  – это изменение температуры.

Принято считать допустимой суммарную погрешность измерения (погрешность термометра + погрешность «около центральности» места измерения) не более  $0,5^\circ\text{C}$ . Одной из основ данной рекомендации являются данные, указывающие, что именно  $0,5^\circ\text{C}$  – это то минимально значимое изменение температуры, которое может привести к осложнениям.

Одним из спорных и обсуждаемых вопросов в медицине является место измерения температуры человека. При этом следует учитывать, что существует разница в значениях температуры органов и тканей поверхностно расположенных и в централь-

ных областях тела человека [22, 24]. В частности, температура поверхности кожи лба, на  $2^\circ\text{C}$  ниже центральной и мало зависит от степени вазодилатации и вазоконстрикции.

Подмышечная впадина является самой традиционной зоной термометрии. Термодатчик обычно располагается над подмышечной артерией. На результаты измерения влияют положение датчика и руки пациента, которая должна быть прижата к сухой боковой поверхности тела.

Ротовая полость – часто используется в клинике. Однако показатели зависят от температуры принятой пищи, вентиляции (дыхание ротовое или носовое). Рядом расположенная назофарингеальная зона используется у пациентов, у которых отсутствует носовое дыхание, иначе результаты термометрии будут неинформативны. Кроме того, при данном способе измерения температуры высока опасность носового кровотечения.

Барабанная перепонка также используется редко, ввиду высокого риска перфорации перепонки и кровотечений [10, 13]. В основном измерения температуры в этой зоне используется при патологии среднего уха для оценки эффективности проводимой терапии, в дифференциально-диагностическом поиске и как скрининг-метод при профилактическом осмотре.

Прямая кишка – наиболее частая зона термометрии, на показатели которой влияют наличие каловых масс, перитонеальный лаваж и другие факторы. Ректальная температура выше аксиллярной на  $0,5-1,0^\circ\text{C}$ .

Для измерения кожной температуры над областью височных артерий используются термометры, которые измеряют температуру с частотой 10 Гц и определяют наивысшую температуру по мере сканирования кожи лба с захватом области височных артерий.

На поверхности человеческого тела температура распределяется симметрично (разница не превышает  $0,24^\circ\text{C}$ ). Наличие большей разницы указывает на повреждение сосудисто-нервного пучка и другой патологии.

Точность измерения средней температуры кожи растет с увеличением количества участков измерения. Кроме того, точность измерения температуры тела зависит от частоты ее измерения. Самым лучшим способом является динамическое измерение или мониторинг температуры тела за определенный промежуток времени [14]. В первую очередь, это зависит от вида нозологии, тяжести протекания патологического процесса, а также играет неопределимую роль в дифференциальном поиске и скрининге пациентов, особенно в период эпидемий.

В связи с тем, что лихорадка является одним из самых ранних признаков болезни, когда еще нет других клинических симптомов заболевания, в том числе и параметров самой лихорадки (длительность, характер температурной кривой и др.) это представляет особенные трудности в дифференциальной диагностике [3]. Повышение температуры тела не всегда является признаком инфекционного заболевания. В некоторых случаях этот ответ организма на какой-либо другой патологический процесс (онкологические заболевания, ДБСТ и др.). Кроме того, повышенная температура тела может возникнуть в результате: а) нарушенного соотношения между теплопродукцией и теплоотдачей; б) при тепловых заболеваниях (тепловой удар, гипертиреоз и др.); в) физиологических процессах (физическая нагрузка, стресс, циркадные ритмы и др.) [19].

Злокачественная гипертермия – это состояние острого гиперметаболизма скелетной мускулатуры, которое возникает при проведении общей анестезии или сразу после нее [12, 21]. В педиатрической практике термометрия является одним из важных показателей здоровья малыша, особенно у детей в возрасте до 36 месяцев [5, 9, 15]. Термометрия является одним из старейших методов диагностики и в гинекологической практике. Так, примером служит тест на измерение базальной температуры [8, 18]. Субфебрилитет – повышение температуры тела в пределах 37-37,9°C, выявляемое постоянно или в какое-либо время суток на протяжении нескольких дней, месяцев и т.д. Сам по себе субфебрилитет имеет самостоятельное диагностическое значение, что особенно важно, когда он является единственным симптомом начавшегося патологического процесса, в то время как другие объективные признаки еще отсутствуют. Точек приложения мониторинга температуры бесконечное множество [16]. Нет ни одной специальности в клинической медицине, где бы ни применялся динамический контроль температуры.

Учитывая широкое распространение лихорадочного синдрома, большое значение в данной ситуации имеют характеристики лихорадки: начало, выраженность, тип температурной кривой и др. Начало лихорадки может быть острым и постепенным. Температурная кривая – это графическое изображение динамики температуры тела, фиксирующаяся через определенные промежутки времени. Температурные кривые дают наглядное представление о характере лихорадки, и, как правило, имеют существенное диагностическое и прогностическое значение.

Лихорадочные реакции различаются в зависимости от уровня подъема температуры на субфебрильную – 37,2 – 38,0°C, фебрильную – 38,1 – 39,0°C, пиретическую – 39,1 – 40,0°C, гиперпиретическую выше 40,0°C.

По характеру температурной кривой существуют следующие виды лихорадок:

1. Постоянная лихорадка (*febris continua*) – температура превышает 39°C, разница между утренней и вечерней температурой тела максимум 1°C. Температура тела в течение дня остается равномерно высокой. Такой тип лихорадки характерен при пневмококковой пневмонии, брюшном тифе, паратифе и др.

2. Послабляющая (ремитирующая) лихорадка (*febris remittens*) – температура тела может опускаться ниже 38°C, но не достигать нормальных цифр; суточные колебания температуры превышают 1°C (пневмонии, ОРВИ, острой ревматической лихорадке, ювенильном ревматоидном артрите, эндокардите, туберкулезе, абсцессах и др.).

3. Перебегающая (интермитирующая) лихорадка (*febris intermittens*) – характеризуется резким подъемом температуры тела до 39–40° и больше и спадом в короткий срок до нормальных и даже субнормальных цифр; суточные колебания максимальной и минимальной температуры не менее 1°C (малярия, пиелонефрит, плеврит, сепсис.).

4. Истошающая или гектическая, лихорадка (*febris hectica*) – характеризуется большими суточными колебаниями температуры тела (свыше 3°) и резким падением ее до нормальных и субнормальных цифр, но суточные ее колебания составляют более 2-3°C (туберкулез, сепсис).

5. Возвратная лихорадка (*febris recidivens*) – высокая лихорадка в течение 2-7 дней, чередующаяся с периодами нормальной температуры, длящейся несколько дней. Лихорадочный период начинается внезапно и также внезапно заканчивается. Подобный тип лихорадочной реакции наблюдается при возвратном тифе, малярии.

6. Волнообразная лихорадка (*febris undulans*) – постепенное нарастание температуры до высоких цифр с последующим снижением ее и повторным формированием отдельных волн (лимфогранулематоз, бруцеллезе и др.).

7. Извращенная (инверсная) лихорадка (*febris inverse*) – отмечается извращение суточного температурного ритма с более высокими подъемами температуры в утренние часы; подобный тип лихорадки встречается у больных туберкулезом, сепсисом, опухолями, свойственен некоторым ревматическим заболеваниям.

8. Неправильная или атипичная лихорадка (*irregularis* или *febris atypical*) – лихорадка, при которой отсутствуют какие-либо закономерности подъема и снижения температуры.

Только некоторые заболевания проявляются характерными температурными кривыми; однако важно знать их типы для проведения дифференциальной диагностики.

Следует отметить, что в современных условиях типичные температурные кривые встречаются редко, что связано с ранним и бесконтрольным приемом этиотропных и жаропонижающих лекарственных препаратов.

Однако в ряде случаев характер начала лихорадки может сразу же вывести на диагноз. Так, например, внезапное начало лихорадочного синдрома характерно для гриппа, менингита, малярии, подострое (2-3 дня) – для сыпного тифа, орнитоза, Ку-лихорадки, постепенное – брюшного тифа, бруцеллеза.

Таким образом, практически каждое заболевание имеет варианты температурных кривых, среди которых есть наиболее частые, т.е. типичные для той или иной нозологической формы, которые позволяют достаточно точно поставить диагноз. Для диагностики большое значение имеет изменение температурной кривой под влиянием лекарственных препаратов. Несмотря на то, что лихорадка развивается при многих патологических процессах в организме человека, существует ряд особенностей в ее протекании, которые могут использоваться для дифференциальной диагностики.

Таким образом, мониторинг температуры тела человека имеет высокую информативность в диагностике многих заболеваний. Появление новых технических решений, развитие информационных систем требует дальнейших исследований и внедрений высокотехнологичных устройств в области мониторинга кожной температуры тела человека. Это научное направление является интегральным, объединяющим как биофизические аспекты, так и медицинские.

#### Список литературы

- Адо А.Д., Свердлов Ю.С. // Патологическая физиология. – М.: Триада-Х. – 2000.
- Бачериков А.Н., Кузьминов В.Н., Ткаченко Т.В. Современные представления о системе терморегуляции // Вестник психиатрии и психофармакотерапии. – 2006. – № 1. – С. 178-182.
- Верткин А.Л., Таточенко В.К. Лихорадочный синдром у детей и взрослых: алгоритм диагностики и тактика ведения на догоспитальном этапе // Неотложная терапия. – 2002. – № 1. – С. 32-36.
- Гаджиев Х.М., Гусейнов А.Б. Термоэлектрическое устройство для точного измерения температуры // Приборостроение. – 2000. – № 5. – С. 36-39.
- Геппе Н.А., Зайцева О.В. Представления о механизмах лихорадки у детей, и принципах жаропонижающей терапии. // Российский медицинский журнал. – 2003. – Т. 11, № 1. – С. 31-37.
- Долгова, И.А., Шахов Э.К. Об одном алгоритме измерения температуры // Мехатроника, автоматизация, управление. – М.: Новые технологии, 2007. – № 8. – С.20-24.
- Зубенко В.Г., Морозов А.А., Шукин С.И. Результаты проектирования аппаратно-программного комплекса для дистанционного мониторинга параметров центральной термодинамики // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2002. – № 9. – С. 53-57.
- Краснопольская К.В., Горская О.С., Кабанова Д.И., Крстич Е.В. Роль гестагенов в лечении бесплодия и невынашивания беременности // Акушерство и гинекология. – 2012. – № 2. – С. 21-23.
- Шабалов Н.П. Детские болезни. Учеб. для вузов. – 5-е изд. – СПб.: Питер; 2006. – 736 с.
- Amoateng-Adjepong Y., Del Mundo J., Manthous C.A. Accuracy of an infrared tympanic thermometer // Chest 1999. – Vol.115, № 4. – P. 1002-1005.
- Brauchi S., Orta G., Salazar M., Rosenmann E., Latorre R. A hot-sensing cold receptor: C-terminal domain determines thermosensation in transient receptor potential channels // J Neurosci. – 2006. – № 26. – P. 4835-4840.
- Burgess G.E. III, Cooper J.R., Marino R.J., Peuler M.J. Continuous monitoring of skin temperature using a liquid-crystal thermometer during anesthesia // South Med J. – 1978. – № 71. – P. 516-518.
- Chamberlain J., Terndrup T., Alexander D. Determination of normal ear temperature with an infrared emission detection thermometer // Ann. Emerg. Med. – 1995. – № 25. – P. 15-20.
- Daniel I., Sessler M.D. Temperature Monitoring and Perioperative Thermoregulation // Anesthesiology. – 2008. – № 109. – P. 318-338.
- El-Radhi A.S., Barry W. Thermometry in pediatric practice // Arch. Dis. Child. – 2006. – № 91. – P. 351-356.
- Hassan M., Togawa T. Observation of skin thermal inertia distribution during reactive hyperemia using a singlehood measurement system // Physiol. Meas. – 2001. – Vol. 22, № 1. – P. 187-200.
- Hensel H. Thermoreception and Temperature Regulation. London, Academic Press, 1981
- Hessemer V., Bruck K. Influence of menstrual cycle on thermoregulatory, metabolic, and heart rate responses to exercise at night // J Appl Physiol. – 1985. – № 59. – P. 1911-1917.
- Khawar M., Naser A., Zhiying W. Digital thermal monitoring of vascular functions novel tool to improve cardiovascular risk assessment // Vascular Medicine. – 2009. – № 14. – P. 143-148.
- Lenhardt R., Sessler D.I. Estimation of mean body temperature from mean skin and core temperature // Anesthesiology. – 2006. – № 105. – P. 1117-1121.
- Lopez M., Ozaki M., Sessler D.I., Valdes M. Mild core hyperthermia does not alter electroencephalographic responses during epidural // J Clin Anesth. – 1993. – № 5. – P. 425-430.
- Nakamura K, Morrison SF. A thermosensory pathway that controls body temperature // Nat Neurosci. – 2008. – № 11. – P. 62-71.
- Poulos D.A. Central processing of cutaneous temperature information // FedProc. – 1981. – № 40. – P. 2825-2829.
- Stoner H.B., Barker P., Riding G.S. Relationships between skin temperature and perfusion in the arm and leg // Clin. Physiology. – 1991. – Vol. 11, № 1. – P. 27-40.