

RYTMIKA DOBOWA TEMPERATURY GŁĘBOKIEJ CIAŁA (CZĘŚĆ I): ZASTOSOWANIE NOWOCZESNYCH SYSTEMÓW TELEMTRYCZNYCH W MONITOROWANIU ZMIENNOŚCI TEMPERATURY GŁĘBOKIEJ CIAŁA

Joanna Słomko, Paweł Zalewski

Katedra Higieny, Epidemiologii i Ergonomii CM UMK w Bydgoszczy

STRESZCZENIE

Najlepiej poznane rytmy dobowe człowieka to: rytm sen–czuwanie, okołodobowa zmienność temperatury głębokiej ciała, dobowe zmiany ciśnienia tętniczego krwi oraz częstości skurczów serca, dobowe zmiany wydzielania hormonów: m.in. melatoniny, kortyzolu, hormonu wzrostu, prolaktyny. Temperatura głęboka ciała u ludzi ma swój charakterystyczny, sinusoidalny przebieg, z wartościami maksymalną około godz. 15:00-17:00 i minimalną, około godz. 03:00-05:00 rano. Analiza piśmiennictwa wskazuje, że na uzyskiwane wyniki dotyczące temperatury głębokiej ciała w dużej mierze ma rodzaj zastosowanej metody pomiaru. W literaturze można spotkać różne sposoby pomiaru temperatury głębokiej ciała, stosowane w zależności od protokołu badania. Jedną z nowszych metod pomiaru wewnętrznej i zewnętrznej temperatury ciała jest zastosowanie zdalnych czujników temperatury, transmitujących zmierzone wartości drogą radiową. Zaletami tej metody są: możliwość uzyskania ciągłego pomiaru temperatury głębokiej, obserwacja dynamicznych zmian temperatury głębokiej ciała zachodzących w cyklu okołodobowym oraz dokładność pomiaru, powtarzalność i wiarygodność uzyskanych wyników, co prezentowane jest w wielu doniesieniach naukowych.

Słowa kluczowe: temperatura ciała, rytmy okołodobowe, pomiar telemetryczny.

ARTICLE INFO

PolHypRes 2016 Vol. 55 Issue 2 pp. 79 - 83

ISSN: 1734-7009 eISSN: 2084-0535

DOI: 10.1515/phr-2016-00014

Strony:4, rysunki: 0, tabele: 0

page **www of the periodical:** www.phr.net.pl

Typ artykułu: przeglądowy

Termin nadesłania: 14.05.2016r.

Termin zatwierdzenia do druku: 10.06.2016r.

Publisher

Polish Hyperbaric Medicine and Technology Society



RYTMIKA OKOŁODOBOWA TEMPERATURY GŁĘBOKIEJ CIAŁA

Rytmika okołodobowa warunkuje prawidłowe funkcjonowanie organizmu, pozwala na dostosowanie wielu procesów wewnętrznych do zmieniających się cyklicznie warunków środowiskowych, wynikających z ruchu obrotowego Ziemi. Najlepiej poznane rytmy dobowe człowieka to: rytm sen-czuwanie, okołodobowa zmienność temperatury głębokiej ciała, dobowe zmiany ciśnienia tętniczego krwi oraz częstości skurczów serca, dobowe zmiany wydzielania hormonów: m.in. melatoniny, kortyzolu, hormonu wzrostu, prolaktyny [1].

Temperatura głęboka ciała u ludzi ma swój charakterystyczny, sinusoidalny przebieg, z wartościami maksymalną około godz. 15:00-17:00 i minimalną, około godz. 03:00-05:00 rano. Różnica pomiędzy najwyższą a najniższą temperaturą w ciągu doby może sięgać nawet 1°C. Zmienność temperatury jest ściśle związana z funkcjonowaniem autonomicznego układu nerwowego oraz stanowi wyraz okołodobowej zmienności metabolizmu produkcji i utraty ciepła (Tab. 1).

Temperatura głęboka ciała obniża się w nocy, gdy dominują mechanizmy utraty ciepła z organizmu. Ponadto kluczową rolę w regulacji temperatury głębokiej ciała w nocy, w czasie snu, stanowi wydzielanie melatoniny, która działając na podwzgórzowy ośrodek termoregulacji, przyczynia się bezpośrednio do jej obniżenia.

Tab. 1.

Mechanizmy produkcji i utraty ciepła z organizmu.

Produkcja ciepła w organizmie	Utrata ciepła z organizmu
<ul style="list-style-type: none"> - podstawowe przemiany metaboliczne, - wzmożona aktywność mięśniowa, - aktywny wpływ hormonów (m.in. tarczycy), - wzmożona aktywność metaboliczna na skutek działania układu współczulnego, - wzrost aktywności metabolicznej na skutek trawienia pokarmów. 	<ul style="list-style-type: none"> - radiacja (emisja promieniowania elektromagnetycznego w zakresie podczerwieni 5-20 μm), - kondukcja (przewodzenie energii cieplnej do otaczającego powietrza oraz przedmiotów będących w kontakcie z powierzchnią skóry), - konwekcja (wymuszony ruch wydzielonej energii cieplnej na skutek prądów powietrza środowiska zewnętrznego działającego na powierzchnię skóry), - ewaporacja (utrata ciepła poprzez ogrzanie i odparowanie wody wydzielanej przez gruczoły potowe skóry).

Na szczególną uwagę zasługuje wpływ czynników środowiskowych (niedobór snu, przyjmowanie posiłków, aktywność fizyczna) na procesy termoregulacyjne, które w dużej mierze podlegają kontroli autonomicznej m. in. poprzez regulację przepływu krwi oraz unerwienie gruczołów potowych. Stąd wielu autorów w swoich pracach przedstawia wiele zależności pomiędzy temperaturą głęboką ciała a autonomicznym układem nerwowym [2-6].

ZABURZENIA RYTMIKI OKOŁODOBOWEJ TEMPERATURY GŁĘBOKIEJ CIAŁA

Występowanie zegara biologicznego i jego istotna rola w utrzymaniu homeostazy organizmu pozwala przepuszczać, że zakłócenia jego funkcjonowania mogą powodować negatywne konsekwencje dla organizmu człowieka.

W dostępnym piśmiennictwie brakuje prac oceniających cykliczne, w sposób ciągły zmiany temperatury głębokiej ciała, a najczęstszą wykorzystywaną metodą jest pomiar rektalny. Launay i wsp. wykazali, że deprivacja snu powoduje znaczne zwiększenie minimum temperatury z 36,1°C przed eksperymentem do 36,5°C po 62 godzinach braku snu [7].

Podobne wyniki uzyskane przez Murray i wsp. ukazują, że podczas 98-godzinnej deprivacji snu temperatura głęboka ciała zachowuje swój sinusoidalny przebieg z towarzyszącym stopniowym obniżaniem jej amplitudy [8]. Przyczyną tego zjawiska wg Vaara i wsp. może być bezpośredni wpływ deprivacji snu na obniżenie aktywności ośrodków mózgowych m.in. podwzgórze powodując zaburzenia rytmu dobowego temperatury głębokiej ciała [9].

Liczne badania opisują wpływ pracy zmianowej na zaburzenia rytmiki dobowej temperatury głębokiej ciała. U osób z nietolerancją pracy w systemie zmianowym zaobserwowano obniżenie amplitudy wahań dobowych temperatury głębokiej ciała, przesunięcie maksimum dobowego oraz pojawienie się rytmów swobodnie biegnących tj. o częstotliwości innej niż 24 godziny [10,11].

ZASTOSOWANIE NOWOCZESNYCH SYSTEMÓW TELEMTRYCZNYCH W MONITOROWANIU TEMPERATURY GŁĘBOKIEJ CIAŁA

Analiza piśmiennictwa wskazuje, że na uzyskiwane wyniki dotyczące temperatury głębokiej ciała w dużej mierze ma rodzaj zastosowanej metody pomiaru. W literaturze można spotkać różne sposoby pomiaru temperatury głębokiej ciała, stosowane w zależności od protokołu badania.

Za właściwą temperaturę wnętrza ciała wielu badaczy wskazuje temperaturę krwi w tętnicy płucnej. Najbardziej powszechnym ze względu na swoją łatwą dostępność, jest pomiar temperatury ciała w dole pachowym oraz pomiar przy użyciu czujnika podczerwieni umieszczonego w okolicy błony bębenkowej.

Istotnym mankamentem tych metod pomiaru jest fakt, że wartość temperatury błony bębenkowej oraz w dole pachowym często wykazuje dość duże zróżnicowanie po obu stronach oraz pomiędzy kolejnymi pomiarami. Jedną z nowszych metod pomiaru wewnętrznej i zewnętrznej temperatury ciała jest zastosowanie zdalnych czujników temperatury, transmitujących zmierzone wartości drogą radiową. Stosowanie kapsułki telemetrycznej oraz czujnika

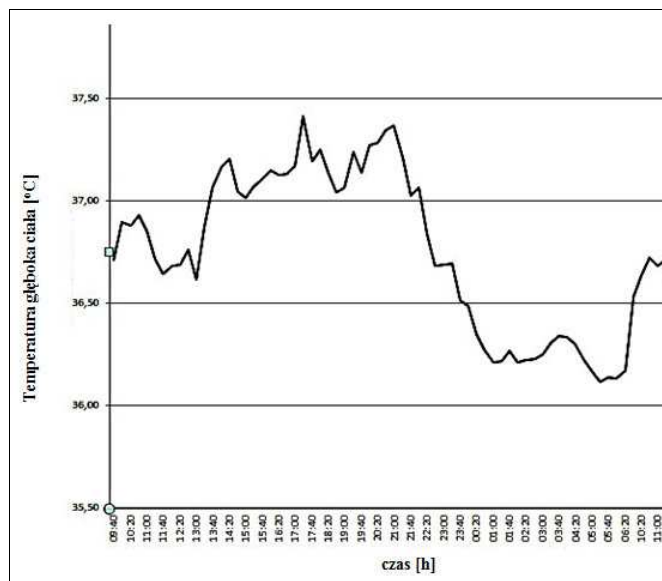
dermalnego (skórnego) zostało zapoczątkowane już w 1968 roku.

Dynamiczny rozwój technologii elektronicznych pozwolił na opracowanie tego łatwo dostępnego, nieinwazyjnego oraz bardzo wiarygodnego sposobu pomiaru temperatury [12]. System Vital Sense, firmy *Mini Mitter*, obecnie *Philips Respironics (Vital Sense, Mini Mitter Co. Inc., Bend Oregon, USA)*, jest atestowanym urządzeniem do zdalnego pomiaru temperatury zewnętrznej i wewnętrznej ciała.

System składa się z dwóch komponentów: mobilnego monitora rejestrującego, przechowującego i eksportującego dane cyfrowe zmierzonych wartości temperatury oraz kapsułki telemetrycznej- *Core Body Temperature Capsule (CBTC)*. Kapsułka telemetryczna transmituje mierzone wartości temperatury głębokiej ciała drogą radiową. Osoba badana połyka kapsułkę, popijając ją niewielką ilością ciepłej wody. Po około minucie kapsułka rozpoczyna pomiar temperatury wnętrza ciała oraz emisję sygnału radiowego w 15 sekundowych interwałach, w pamięci monitora zapisywana jest uśredniona wartość z czterech kolejnych pomiarów.

Zarejestrowane i przesłane wartości temperatury wewnętrznej zapisywane są w pamięci wewnętrznej monitora. Kapsułka telemetryczna jest odporna na działanie enzymów trawiennych, wydalana jest z organizmu osoby badanej bez jakichkolwiek skutków ubocznych i wpływu na czynność układu pokarmowego [13,14].

Zaletami tej metody są: możliwość uzyskania ciągłego pomiaru temperatury głębokiej (Ryc. 1), obserwacja dynamicznych zmian temperatury głębokiej ciała zachodzących w cyklu okołodobowym oraz dokładność pomiaru, powtarzalność i wiarygodność uzyskanych wyników, co prezentowane jest w wielu doniesieniach naukowych [15].



Rys. 1. Wykres zmian okołodobowych temperatury głębokiej ciała.

Ponadto wyniki badań wskazują, że korelacja pomiędzy pomiarami temperatury głębokiej ciała przy użyciu systemu Vital Sense a temperaturą krwi w tętnicy płucnej, uznawaną za temperaturę właściwą wnętrza ciała, jest bardzo silna i wynosi $r=0,96$ ($p<0,0001$) [16].

Podsumowując, wykorzystanie nowoczesnych systemów telemetrycznych umożliwia wiarygodną, w sposób ciągły ocenę temperatury głębokiej ciała co ma istotne znaczenie w badaniach chronobiologicznych.

BIBLIOGRAFIA

- Morris Ch. J., Aeschbach D., Scheer F.: Circadian System, Sleep and Endocrinology. *Mol Cell Endocrinol.* 2012; 5, 349(1): 91–104;
- Mowery N.T., Morris Jr J.A., Jenkins J.M., Ozdas A., Norris P.R.: Core temperature variation is associated with heart rate variability independent of cardiac index: A study of 278 trauma patients. *Journal of Critical Care* 2011; 26, 534.e9- 534.e17;
- Someren E.J.W., Raymann R.J.E.M., Scherder E.J.A., Daanen H.A.M., Swabb D.F.: Circadian and age-related modulation of thermoreception and temperature regulation: mechanisms and functional implications. *Ageing Research Reviews* 2002; 1, 721- 778;
- Krauchi K.: How is the circadian rhythm of core body temperature regulated? *Clin Auton Res* (2002) 12 : 147-149;
- Pracka D., Pracki T.: Chronobiology of the sleep-wake rhythm. *Sen* 2002; Supl. A, A7- A12;
- Krauchi K., Wirz-Justice A.: Circadian Clues to Sleep Onset Mechanisms. *Neuropsychopharmacology* 2001; 25: S92-S96;
- Launay J.C., Savourey G., Guinet A., Lallement G., Besnard Y., Bittel J.: Circadian rhythm of rectal temperature during sleep deprivation with modafinil. *Aviat Space Environ Med.* 2002;73(10):985-90;
- Murray E.J., Williams H.L., Lubin A.: Body temperature and psychological ratings during sleep deprivation. *J Exp Psychol* 1958; 56:271-273;
- Vaara J., Kyrolainen H., Koivu M., Tulppo M., Finni T.: The effect of 60-h sleep deprivation on cardiovascular regulation and body temperature. *Eur J Appl Physiol* 2009; 105: 439-444;
- Andlauer P., Reinberg A., Fourre L., et al.: Amplitude of the oral temperature circadian rhythm and the tolerance to shift-work. *J Physiol (Paris)* 1979;75:507-512;
- Gupta S., Pati A.K.: Desynchronization of circadian rhythms in a group of shift working nurses: effects of pattern of shift rotation. *J Hum Ergol (Tokyo)* 1994;23:121-131;
- Fulbrook P.: Core body temperature measurement: a comparison of axilla, tympanic membrane and pulmonary artery blood temperature. *Intensive Crit Care Nurs* 1997; 13(5):266-72;
- McKenzie J. E., Osgood D. W.: Validation of a new telemetric core temperature monitor. *Journal of Thermal Biology* 29, 2004;
- Zalewski P., Klawe J. J., Buszko K., Tafil-Klawe M., Łukowicz M.: Dobowy pomiar temperatury wewnętrznej i zewnętrznej ciała za pomocą systemu VitalSense. *Acta Bio-Optica et Informatica Medica* 2 (14), 2008;
- Byrne Ch., Lim Ch. L.: The ingestible telemetric body core temperature sensor: a review of validity and exercise applications. *Br J Sports Med* 2007; 41: 126- 133;

16. Giuliano K. K., Scott S. S., Elliot S., Giuliano A., J.: Temperature measurement in critically ill orally intubated adults: a comparison of pulmonary artery core, tympanic, and oral methods. *Crit. Care Med.* 27 (10), 1999.

Joanna Słomko

Katedra Higieny, Epidemiologii i Ergonomii CM UMK

ul. M. Skłodowskiej-Curie 9

85-094 Bydgoszcz

e-mail: jslomko@cm.umk.pl