

## 短 報

### 核心温の指標としての尿温測定の意義

## Significance of Measurement of Urine Temperature as an Index for Core Temperature

太田雅規<sup>1</sup>, 村瀬陽一<sup>2</sup>, 輪島尚人<sup>2</sup>,  
瀧上知恵子<sup>1</sup>, 江口将史<sup>1</sup>, 大和 浩<sup>1</sup>

<sup>1</sup>産業医科大学産業生態科学研究所健康開発科学,

<sup>2</sup>TOTO 株式会社総合研究所小倉研究部

Masanori OHTA<sup>1</sup>, Yoichi MURASE<sup>2</sup>, Naohito WAJIMA<sup>2</sup>,  
Chieko TAKIGAMI<sup>1</sup>, Masafumi EGUCHI<sup>1</sup> and  
Hiroshi YAMATO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Health Development, Institute of  
Industrial Ecological Sciences, University of  
Occupational and Environmental Health, Japan and

<sup>2</sup>TOTO Ltd. Research Institute, Kokura Development

**キーワード** : Core temperature, Urinary temperature,  
Thermal strain in hot environment, Thermal strain in cold  
environment, Exercise stress

### はじめに

ISO9886によると寒冷・暑熱環境下における個人が受ける生体負担を評価するための4種の生理測定方法として核心温, 皮膚温, 心拍数, 体重減少量が挙げられている<sup>1)</sup>。また, 暑熱環境下におけるWet-Bulb Globe Temperature Index (WBGT)の基準は直腸温38℃を許容限界として設定してあり<sup>2)</sup>, 日本産業衛生学会の「許容濃度等の勧告」の寒冷の許容基準には, 直腸温などの中核部温は36℃以下にならないようにすべきであるとの記載がある<sup>3)</sup>。従って, 暑熱・寒冷環境における健康障害の防止において, 核心温の把握は重要である。核心温の指標として食道温や直腸温が知られているが, それらを用いて随時測定を行い健康障害の防止に利用することは困難である。核心温を表すとされているものと

しては, 上記のもの以外に尿の温度が考えられる<sup>1)</sup>。1970年代を中心に尿温についての検証がなされているが, 水銀柱を用いていたこと, 尿をためて測定する測定機器であったこと, 測定時間もかかっていたことから信頼性が高いとは言えなかった<sup>4, 5)</sup>。近年, サーミスタが開発され, それを用いることで容易に素早く正確に温度を測定することができるようになっている。そこで, サーミスタを用いた尿温測定機器により測定した尿温と核心温との関係について, 一般に広く測定に用いられている舌下温や腋下温との比較検証を行った。

### 方 法

#### 実験1. 日常生活における核心温と尿温の比較

健康な男性15名(38.2 ± 7.9歳), 女性6名(36.8 ± 2.9歳)を被験者とし, 飲用温度センサー(CoreTemp: HQ Inc, Palmetto, Fla)を飲用し, 30秒毎の核心温のデータを測定した。尿温は, 尿温測定器(Digi-Sense60010-75, サーミスタITP311-01:日機装ワイエスアイ)を用いて, 排尿時の尿温を測定した。同時に舌下・腋下温を測定し核心温との差の比較および一致度の検証を行った。尿温測定器の容器の形状は, Fig. 1に示すとおりで, 本体はナイロン材にウレタン塗装でできており, 光造形にて作製しており, メッシュ部はポリプロピレン製でできている(Fig. 1)。なお, 舌下温と腋下温の測定時間は舌下温が5分間, 腋下温が10分間とした。

#### 実験2. 負荷時の核心温と尿温の比較

1) 運動負荷: 健常男性3名(36.0 ± 10.0歳)を被験者とし, 実験開始1週間前に, 亜最大負荷の運動負荷試験を自転車エルゴメーターで実施し, 最大酸素摂取量を推定した。最大酸素摂取量の50%強度を30分, 70%強度を15分の運動負荷を1週間以上あけて行い, 運動前, 後, 運動後30分, 60分における尿・舌下・腋下温を記録しCoreTempによる核心温との差を比較した。室温は25℃に設定して行った。

2) 環境温度による負荷: 健常男性3名(36.7 ± 10.0歳)を被験者とし, 30℃の環境で3時間, 16℃の環境で2時間30分過ごし, CoreTempによる核心温と尿・舌下・腋下温を測定し比較した。

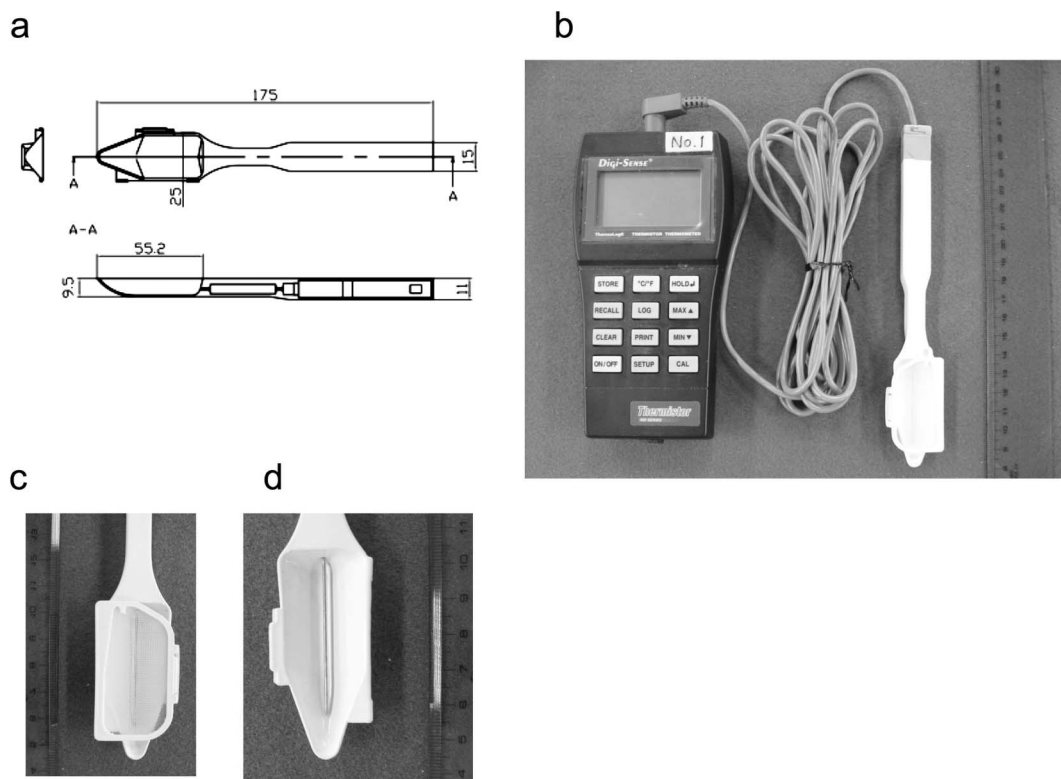
なお, 本研究に関しては, 産業医科大学倫理委員会より承認されており, 実験1, 2いずれの被験者に対しても事前にインフォームドコンセントを得た。

解析には, JMP v 7.0 (SAS Institute, Cary, NC)を用いて, 一元配置分散分析, 反復測定分散分析にて解析を行った。なお, 多重比較には, Tukey-KramerのHSD検定を用いた。また, 核心温の変動を尿温, 舌下温, 腋下温が反映するかをみるために回帰分析および一

2008年2月18日受付; 2008年8月4日受理

J-STAGE 早期公開日: 2008年10月28日

連絡先: 太田雅規 〒807-8555 北九州市八幡西区医生ヶ丘  
1-1 産業医科大学産業生態科学研究所健康開発科学。  
Correspondence to: M. Ohta, Department of Health  
Development, Institute of Industrial Ecological Sciences,  
University of Occupational and Environmental Health, Japan,  
1-1 Iseigaoka, Yahatanishi-ku, Kitakyushu 807-8555, Japan  
(e-mail: ohta-msn@med.uoeh-u.ac.jp)



**Fig. 1.** Container for measurement of urinary temperature.

a) Design of container, b) whole image of container, c) and d) extended picture of measurement site with (c) and without mesh (d).

致度の検証を行った。  $p < 0.05$  を有意差有り と判断した。

## 結 果

### 実験1

Table 1 に示すとおり、男女 21 名の 1 日から数日間の測定期間により、252 点の尿温測定値が得られた。核心温との差は、尿  $-0.16^{\circ}\text{C}$ 、舌下  $-0.39^{\circ}\text{C}$ 、腋下  $-0.67^{\circ}\text{C}$  と尿温との差が最も少なかった。なお、排尿時の環境温は平均値  $25.6 \pm 1.8^{\circ}\text{C}$ 、最小値  $20.6^{\circ}\text{C}$ 、最大値  $29.9^{\circ}\text{C}$  であった。

核心温と尿温、舌下温、腋下温との相関を見ると Fig. 2 に示すとおり、尿温との相関が最も良く ( $R^2 = 0.72$ )、また、一致度の検証においても尿温が最もよく、尿温が核心温の変動を他の指標に比べよりよく表していると考えられる。

### 実験2

#### 1) 運動負荷

Table 1 に示すとおり、有酸素レベルに相当する 50% 強度の運動では、運動後に核心温との差が舌下では  $-1.03^{\circ}\text{C}$ 、腋下は  $-1.27^{\circ}\text{C}$  と  $1^{\circ}\text{C}$  以上の差がみられたが、尿では  $-0.35^{\circ}\text{C}$  の差で、核心温の上昇に追隨していた。その傾向は無酸素運動強度に相当する 70% 強度の運動

でもみられ、運動強度による差を認めなかった (時間と運動強度の交互作用:  $p = 0.44$ , Table 1)。

50% と 70% 強度の運動負荷をまとめて、経時的に核心温と各温度指標との差を解析したところ、核心温との差は運動前では尿  $-0.24^{\circ}\text{C}$ 、舌下  $-0.58^{\circ}\text{C}$ 、腋下  $-0.59^{\circ}\text{C}$  で有意な差を認めなかったが、運動後では尿  $-0.34^{\circ}\text{C}$ 、舌下  $-1.02^{\circ}\text{C}$ 、腋下  $-1.31^{\circ}\text{C}$ 、運動後 30 分では尿  $-0.35^{\circ}\text{C}$ 、舌下  $-0.81^{\circ}\text{C}$ 、腋下  $-0.94^{\circ}\text{C}$ 、運動後 60 分には尿  $-0.18^{\circ}\text{C}$ 、舌下  $-0.50^{\circ}\text{C}$ 、腋下  $-0.59^{\circ}\text{C}$  と尿温は核心温の変化に追隨した (Table 1)。

#### 2) 環境温度による負荷

3 人の被験者から合計で、 $30^{\circ}\text{C}$  での測定点 13 点、 $16^{\circ}\text{C}$  での測定点 18 点の結果が得られた。核心温との差は、 $30^{\circ}\text{C}$  の環境では尿  $-0.25^{\circ}\text{C}$ 、舌下  $-0.32^{\circ}\text{C}$ 、腋下  $-0.37^{\circ}\text{C}$  で、 $16^{\circ}\text{C}$  の環境では尿  $-0.25^{\circ}\text{C}$ 、舌下  $-1.29^{\circ}\text{C}$ 、腋下  $-0.52^{\circ}\text{C}$  で尿温との差は環境温度によらず安定していた (Table 1)。

## 考 察

核心温に追隨して、時間的な差異もなく尿温も変化することが示された。尿温の測定は、容易にでき、随時排尿時に把握できるという大きな利点がある。

**Table 1.** Differences between core temperature and other indexes for temperature

| Measurement condition                   | Urine (U)    | Sublingual (S) | Axillary (A) | p for ANOVA | Post hoc analysis |        |        |
|---|--------------|----------------|--------------|-------------|-------------------|--------|--------|
|   |              |                |              |             | U vs S            | U vs A | S vs A |
| Daily life (n=21, 252 points)           | -0.16 ± 0.21 | -0.39 ± 0.25   | -0.67 ± 0.35 | <0.0001     | *                 | *      | *      |
| Exercise load                           |              |                |              |             |                   |        |        |
| 50% of maximum oxygen consumption (n=3) |              |                |              |             |                   |        |        |
| Pre <sup>†</sup>                        | -0.23 ± 0.09 | -0.27 ± 0.01   | -0.27 ± 0.31 | 0.94        | NS                | NS     | NS     |
| Post                                    | -0.35 ± 0.21 | -1.03 ± 0.27   | -1.27 ± 0.14 | 0.005       | *                 | *      | NS     |
| 30 min                                  | -0.42 ± 0.43 | -0.67 ± 0.26   | -0.88 ± 0.22 | 0.28        | NS                | NS     | NS     |
| 60 min                                  | -0.17 ± 0.02 | -0.39 ± 0.20   | -0.55 ± 0.22 | 0.09        | NS                | NS     | NS     |
| repeated ANOVA (time*position)          | 0.74         |                |              |             |                   |        |        |
| 70% of maximum oxygen consumption (n=3) |              |                |              |             |                   |        |        |
| Pre                                     | -0.25 ± 0.04 | -0.78 ± 0.62   | -0.81 ± 0.35 | 0.26        | NS                | NS     | NS     |
| Post                                    | -0.33 ± 0.31 | -1.01 ± 0.40   | -1.35 ± 0.11 | 0.02        | NS                | *      | NS     |
| 30 min                                  | -0.29 ± 0.33 | -0.96 ± 0.77   | -0.99 ± 0.27 | 0.24        | NS                | NS     | NS     |
| 60 min                                  | -0.19 ± 0.12 | -0.60 ± 0.33   | -0.63 ± 0.16 | 0.09        | NS                | NS     | NS     |
| repeated ANOVA (time*position)          | 0.29         |                |              |             |                   |        |        |
| Overall trials (n=6)                    |              |                |              |             |                   |        |        |
| Pre                                     | -0.24 ± 0.07 | -0.58 ± 0.52   | -0.59 ± 0.41 | 0.24        | NS                | NS     | NS     |
| Post                                    | -0.34 ± 0.23 | -1.02 ± 0.31   | -1.31 ± 0.13 | <0.0001     | *                 | *      | NS     |
| 30 min                                  | -0.35 ± 0.35 | -0.81 ± 0.54   | -0.94 ± 0.23 | 0.05        | NS                | NS     | NS     |
| 60 min                                  | -0.18 ± 0.08 | -0.50 ± 0.27   | -0.59 ± 0.18 | 0.01        | *                 | *      | NS     |
| repeated ANOVA (time*position)          | 0.04         |                |              |             |                   |        |        |
| time*exercise intensity                 | 0.45         |                |              |             |                   |        |        |
| time*position*exercise intensity        | 0.96         |                |              |             |                   |        |        |
| Climate load (n=3)                      |              |                |              |             |                   |        |        |
| Warm (30°C)                             | -0.25 ± 0.13 | -0.32 ± 0.25   | -0.37 ± 0.25 | 0.38        | NS                | NS     | NS     |
| Cool (16°C)                             | -0.25 ± 0.10 | -1.29 ± 1.22   | -0.52 ± 0.25 | 0.0002      | *                 | NS     | *      |

\*: p<0.05, NS: not significant.

Time: pre, post, 30 min after, 60 min after of exercise

Position: urine, sublingual, axillary

Exercise intensity: 50% or 70% of maximum oxygen consumption

<sup>†</sup>: these data include the observed values at wake-up time.

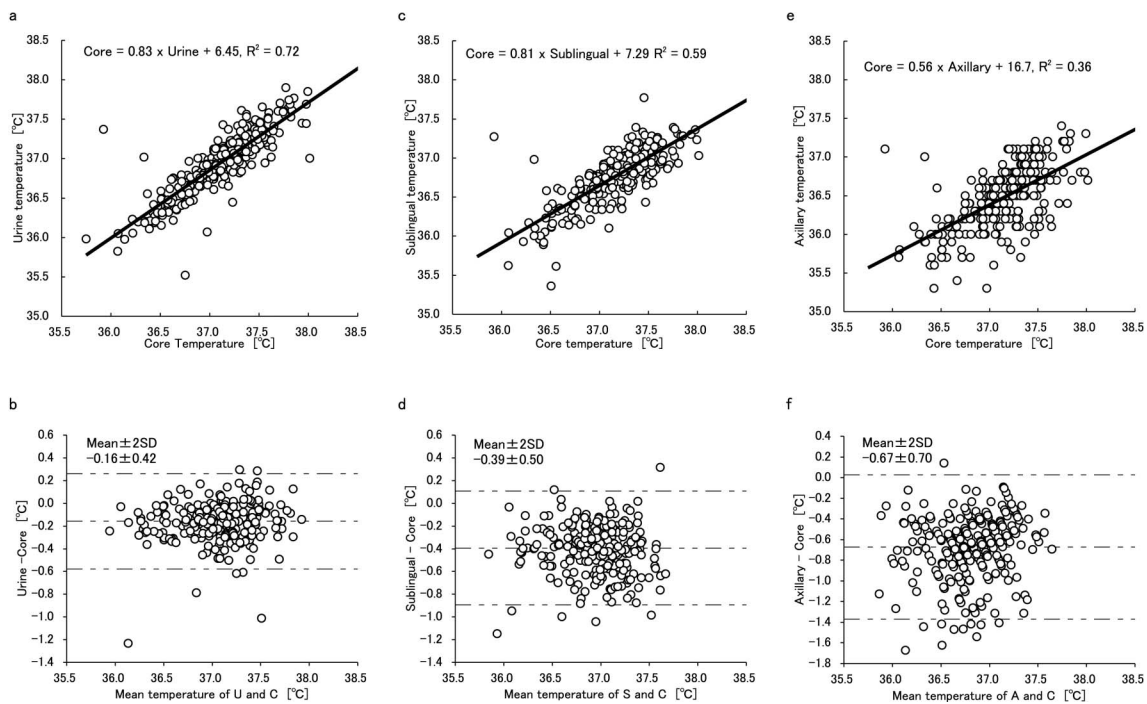
労働衛生の3管理において、作業環境管理や作業管理は重要であるが、尿温測定を適宜実施することにより、核心温の変化を把握することができ、暑熱環境での作業や寒冷環境での作業における健康障害の予防に有用であると考えられる。

今回、核心温として飲用温度センサー CoreTemp を用いた。本センサーは、直腸温を良く反映するとされており、米国では臨床研究への応用もなされている<sup>6,7)</sup>。しかしながら、核心部温度のゴールドスタンダードとしては、直腸温が用いられており、今後直腸温と尿温の検証も必要であろう。また、熱中症となってしまった場合、排尿することが困難となり、健康障害の防止に使えない可能性もある。しかし、尿温は核心温の上昇を舌下や腋下温よりも鋭敏に反応していることから、早期に捉える

ことができると考えられ、健康障害の予防という観点からは重要であるといえる。現場で利用できるかについて、今後実際に暑熱・寒冷環境下で作業あるいは運動負荷における尿温を測定する必要がある。

## 結 論

簡便で適宜実施可能な尿温の測定は、核心温の把握に有用であると考えられる。



**Fig. 2.** Relationship between core temperature and the other measurements.

a), c), e) Relationship between core temperature and urine, sublingual, and axillary temperature. The tops of the figures represent the estimated regression equations. b), d), f) Figure for coincidence. Wavy lines represent mean and 2SD. The range of 2SD is the narrowest in the differences between urine and core temperature.

Abbreviations

C: core temperature, U: urine temperature, S: sublingual temperature, A: axillary temperature, SD: standard deviation.

## 文 献

- 1) Ergonomics-Evaluation of thermal strain by physiological measurements. International Standard. ISO9886 Second edition. Switzerland: ISO, 2004: 1-8.
- 2) 人間工学—WBGT (湿球黒球温度) 指数に基づく作業者の熱ストレスの評価—暑熱環境. 日本規格協会編. JISハンドブック 37安全Ⅱ. 東京: 財団法人日本規格協会発行, 2003: 480-487.
- 3) 寒冷の許容基準. 許容濃度等の勧告 (2007年度). 産衛誌 2007: 49: 164-166.
- 4) Fox RH, Woodward PM, Fry AJ, Collins JC, MacDonald IC. Diagnosis of accidental hypothermia of the elderly.

Lancet 1971; 27: 424-427.

- 5) Fox RH, Brooke OG, Collins JC, Bailey CS, Healey FB. Measurement of deep body temperature from the urine. Clin Sci Mol Med 1975; 48: 1-7.
- 6) O'Brien C, Hoyt RW, Buller MJ, Castellani JW, Young AJ. Telemetry pill measurement of core temperature in humans during active heating and cooling. Med Sci Sports Exerc 1998; 30: 468-472.
- 7) Heilbronn LK, de Jonge L, Frisard MI, et al.; Pennington CALERIE Team. Effect of 6-month calorie restriction on biomarkers of longevity, metabolic adaptation, and oxidative stress in overweight individuals: a randomized controlled trial. JAMA 2006; 295: 1539-1548.