

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 2 日現在

機関番号：33919

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26440263

研究課題名(和文) Core Interthreshold Zoneの日内変化と性差に関する研究

研究課題名(英文) Diurnal variation of core interthreshold zone and its gender difference

研究代表者

垣 鏑 直 (Kakitsuba, Naoshi)

名城大学・理工学部・教授

研究者番号：30259874

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：男女を対象に、皮膚温を一定にした時の発汗とふるえの発現する体温の差(CIZと呼ぶ)を朝、昼、夕方に測定した。また、表面の温度が変化するプローブを皮膚に付け、温かい或いは冷たいと感じた時の皮膚温の差(温冷覚閾値と呼ぶ)を測定した結果、男女群共に温冷覚閾値差もCIZも日内変動は見られなかった。さらに1日1回の実験を実施した結果、男性では温冷覚閾値差と測定前皮膚温が反比例し、CIZが実験前の体温に比例すること、女性では温冷覚閾値差と測定前皮膚温が比例し、CIZが実験前の体温に反比例することを確かめた。従って、CIZは体温の日内リズムの影響を受けないが、体温とCIZの関係には性差があることを確かめた。

研究成果の概要(英文)：The CIZ and cutaneous sensation threshold zone (CSZ) were measured in 10 Japanese men and 10 women who underwent three experiments in a single day on the morning, afternoon, and evening. In addition, six Japanese men and women underwent the same experiments on the morning of day 1, the afternoon of day 2, and the evening of day 3. In the case of male subjects, the results demonstrated small change in the CIZ and core temperature prior to exercise (Tc-init) and continuous increase in the CIZ and Tc-init. The CSZ was inversely proportional to the average skin temperature at three sites prior to measurement (Tsk-av). In the case of female subjects, the results demonstrated that the CIZ was inversely proportional to Tc-init and the CSZ was also inversely proportional to the average skin temperature at three sites prior to measurement. Regarding this relationship, no gender difference was observed. However, gender difference of the relationship of the CIZ and Tc-init was revealed.

研究分野：生物学

キーワード：環境適応能 体温調節 Core interthreshold zone 皮膚温 体温 発汗 ふるえ

1. 研究開始当初の背景

1990年代初めに全身レベルでの体温調節反応の閾値、つまり冷却に対するふるえの発現と加温に対する発汗の発現で特定される範囲を深部体温の変化で評価する方法が Mekjavic ら (Core temperature “Null zone”. J. Appl. Physiol. 71(4), 1991) によって提案された。彼らは、被験者を 28 の水中での運動で、皮膚温を一定にして発汗を誘引させた。その時の体温を発汗閾値 (T_{bsw}) とし、運動後水中で静止し、体温が徐々に低下してふるえが発現した時の体温をふるえの閾値 (T_{bshiv}) とした。それら閾値間は Core Inter-threshold Zone ($CIZ = T_{bsw} - T_{bshiv}$) と定義されている。

ヒトは恒温動物であり、代謝と放熱のバランスで体温を維持している。暑さ寒さに対しては、ふるえや発汗で適応しているが、その適応パターンは幾つかあり、寒冷または暑熱環境に適応した人種や集団は体温調節反応に特徴があることが知られている (人間と気候、佐藤方彦、中公新書)。この体温調節反応の違いは個人差まで考慮すると千差万別である。この非温熱性因子の体温調節における重要性は、2006年に Mekjavic と Eiken (J. Appl. Physiol., 2006) が指摘している。ここで言う非温熱性因子とは、被験者の体質的特徴、季節差、照明などをいう。しかし、彼らは実験手法の有効性は証明していたが、実験データは少なく、CIZ に個人差があるのか、あるとすればそれが何に起因するかに関して具体的に検証していなかった。

2. 研究の目的

これまでの一連の研究で、多くの知見を得たが、CIZ の日内変動、性差、年齢差に関しては未検証であった。CIZ の日内変動は体温の概日リズムと関連が強いと考えられる。体温の概日リズムは中枢性と末梢性要因の両方の影響を受けることが認識されており (Tayefeh F et al, 1998)、血管収縮と発汗の閾値で特定される血管調節ゾーンの概日リズムは研究されているが、CIZ に関しては研究例が少ない。そこで、本研究では男女被験者群を対象に CIZ の日内変動と性差を検証することを目的とした。

3. 研究の方法

平成 26 年度の夏期に、CIZ の性差と日内変動に関する仮説を検証するために、20 歳代前半の男性 10 名、女性 10 名を対象に、朝、昼、夕方に CIZ を求める事件を繰り返した。各 CIZ の実験前に、温冷覚閾値の測定を行った。前腕、上腕、大腿にプローブを密着させ、プローブ温度を上昇または下降させ、暖かい或いは冷たいと感じる温度を特定した。続いて CIZ の実験を行った。被験者は短パンのみで入室し、測定用のセンサーを装着後、冷却循環スーツを着衣し

た。冷却循環スーツ内を循環する水温は供給側を 20 にコントロールし、平均皮膚温が 28 ~ 30 になるまで安静にし、その後、最大運動負荷の 50% でエルゴメータ作業を行い、前額の発汗をモニターし、発汗が発現するまで運動を継続した。発汗が確認できた時点で運動を中止し、その後は安静とし、酸素摂取量が亢進 (=ふるえの発現) するまで体冷却を継続した。実験中は、皮膚温、直腸温、発汗量、酸素摂取量を連続測定した。さらに、日常の体温の日内変動を再現するために、平成 27 年度には、男性被験者 6 名を対象に 1 日 1 回の実験を実施し、平成 28 年度は、女性被験者 6 名を対象に、同様の実験を行った。

4. 研究成果

図 1 に示すように、男性の場合、温覚の日内変動は小さく、冷覚は朝が低く、昼と夕方が高かった。従って、温冷覚閾値差は、朝が大きく、昼から夕方にかけ、小さくなる傾向を示した。一方、図 2 に示すように、女性の場合、やはり、日内変動は見られなかったが、男性と比べ、差は小さかった。また、冷覚に関しては、昼が朝より有意 ($p < 0.05$) に高くなった。男性の CIZ の日変化は、実験前の体温は朝から夕方にかけ低く、発汗閾値は朝が他の時間帯よりやや低く、昼が高く、夕方やや低下した。ふるえの閾値は朝から夕方にかけて上昇する傾向が見られたため、CIZ は朝から夕方にかけ小さくなる傾向となった。女性の場合、直腸温は朝から夕方にかけ低くなり、日内変動が小さくなったが、時刻間の有意差は見られなかった。平成 27 年度には、男性被験者 6 名を対象に 1 日 1 回の実験を実施した。また、平成 28 年度は、女性被験者 6 名を対象に、同様の実験を行った。その結果、図 3 に示すように、男性の場合、1cm 角のプローブで測定した温冷覚閾値差に日内変動が見られ、昼では朝より有意 ($p < 0.05$) に大きくなった。また、温冷覚閾値差が測定前皮膚温に反比例することを確かめた。CIZ は実験前の体温が高くなると大きくなる傾向を示した。一方、女性の場合、図 4 に示すように、2cm 角のプローブで測定した温冷覚閾値差に日内変動が見られ、測定前皮膚温が高くなると、閾値差が小さくなる傾向を確かめた。従って、この関係には性差は見られなかった。しかし、図 5 に示すように、温冷覚閾値差と CIZ に正の相関 ($R^2 = 0.71$) が見られ、実験前体温が高くなると CIZ が小さくなる傾向が見られた。以上の一連の実験の結果から、CIZ は体温の日内リズムの影響は受けませんが、体温の影響は受けることを確かめた。しかし、図 6 に示すように、体温と CIZ の関係には性差が見られ、男性は高体温で CIZ は広くなり、女性は逆に狭くなることが確かめられた。

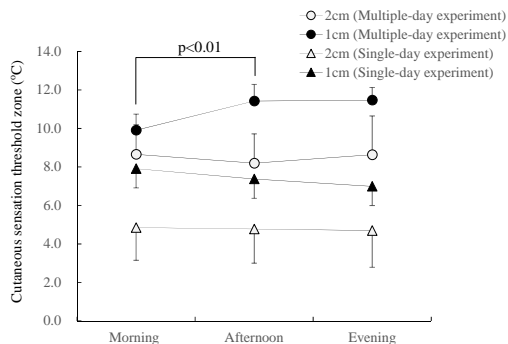


図 1 . 温冷覚閾値の日内変動(男性被験者)

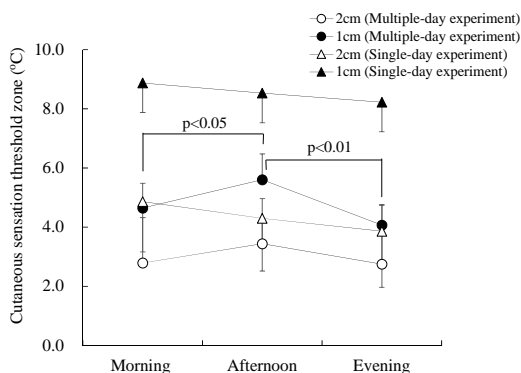


図 2 . 温冷覚閾値の日内変動(女性被験者)

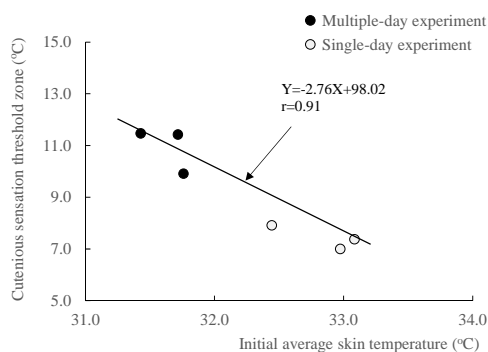


図 3 . 実験前皮膚温と温冷覚閾値の関係 (男性被験者)

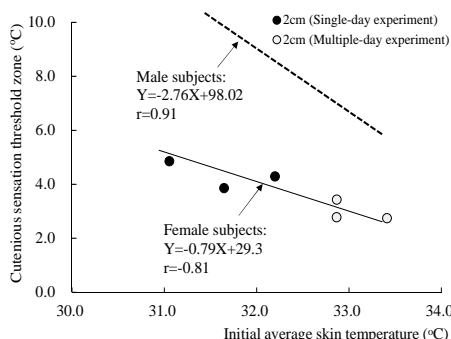


図 4 . 実験前皮膚温と温冷覚閾値の関係 (女性被験者)

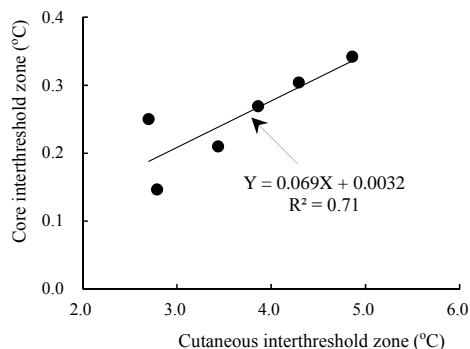


図 5 . 温冷覚閾値とCIZの関係 (女性被験者)

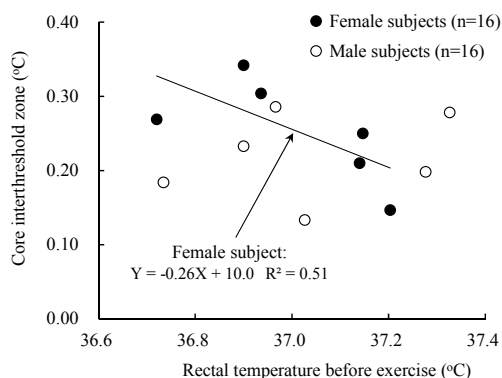


図 6 . 実験前の体温とCIZの関係

引用文献

Mekjavic IB, Sundberg CJ, Linnasson D. Core temperature "Null zone". J Appl Physiol. 1991; 71(4):1289-1295.

Leslie K, Sessler DI, Bjorksten A, Ozaki M, Matsukawa T, Schroeder M, Lin S. Propofol causes a dose-dependent decrease in the thermoregulatory threshold for vasoconstriction, but has little effect on sweating. Anesthesiology 1994, 81:353-360.

Cheng C, Matsukawa T, Sessler DI, Kurz A, Merrifield B, Lin H, Olofsson P. Increasing mean skin temperature linearly reduces the core-temperature thresholds for vasoconstriction and shivering in humans. Anesthesiology 1995, 82:1160-1168.

Kakitsuba N, Mekjavic IB, Katsuura T. Individual variability in the core interthreshold zone as related to body physique, somatotype, and physical constitution. J Physiol Anthropol. 2009;

28(6), 275-281.

Kakitsuba N, Mekjavic IB, Katsuura T. The effect of season and light intensity on the core interthreshold zone. *J Physiol Anthropol*. 2011; 30(4), 161-167.

Kakitsuba N, Mekjavic IB, Katsuura T. Individual variability in the peripheral and core interthreshold zones. *J Physiol Anthropol*. 2007; 26(3) 403-408.

Kakitsuba N, Mekjavic IB. Diurnal variation in the core interthreshold zone and its relation to cutaneous sensation threshold zone. *J Physiol Anthropol*. (Accepted).

Tayefeh F, Plattner O, Sessler OD, Ikeda T, Marder T. Circadian changes in the sweating-to-vasoconstriction interthreshold range. *Pflügers Arch-Eur J Physiol*. 1998; 435:402-406.

Anderson GS, R. Ward, Mekjavic IB. Gender differences in physiological reactions to thermal stress. *Eur J Appl Physiol* 1995, 71: 95-101.

Lopez M, Sessler, DI, Walter K, Emerick T, Ozaki M. Rate and gender dependence of the sweating, vasoconstriction, and shivering threshold in humans. 1994, 80: 780-788.

Drinkwater DT. Anthropometric fractionation of body mass. In: *Kinanthropometry*. Osytn M, Beunen G, Simons J, editors, Baltimore, USA: University Park Press; 1980, 177-189.

Kakitsuba N, Mekjavic IB. Determining the rate of body heat storage by incorporating body composition, *Aviat. Space Environ. Med.*, 1987, 58(4):301-307.

Kurazumi Y, Horikoshi T, Tsuchikawa T, Matsubara M. A study on Japanese body surface area. *J Japan Biometeology* 1994; 31(1):5-29. (Abstract in English)

Hardy JD, DuBois EF. The technic of measuring radiation and convection. *J Nutr*. 1938; 15:461-475.

Golja P, Tipton MJ, Mekjavic IB. Cutaneous thermal thresholds-the reproducibility of their measurements and the effect of gender, *J Thermal Biology* 2003; 28: 341-346.

Lee J,Y, Saat M, Chou C, Hashiguchi N, Wijayanto T, Wakabayashi H, Tochiara Y. Cutaneous warm and cool sensation thresholds and the inter-threshold zone in Malaysian and Japanese Males, *J Thermal Biology* 2009; DOI: 10.1016/j.jtherbio. 2009.11.002.

Uchida Y, Tamura T, Iwasaki F. Change in cold/warm thresholds with advancing age-The case of adult women aged from the

20s to 80s-, *Transaction SENI GAKKAISHI* 2009; 65(5), 132-138.

Jakovljevic M, Mekjavic IB. Reliability of the method of levels for determining cutaneous temperature sensitivity, *Int J Biometeorol*. 2011; DOI 10.1007/s00484-011-0483-9.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 1件)

Kakitsuba N, Mekjavic IB. Diurnal variation in the core interthreshold zone and its relation to cutaneous sensation threshold zone. *J Physiol Anthropol*. (DOI:10.1186/s40101-017-0141-y)

Kakitsuba N. Diurnal Variation and Gender Difference in the Core Threshold Zone. *J Physiol Anthropol*. (Under review)

[学会発表](計 2件)

N.Kakitsuba: Diurnal Change in the Core Interthreshold Zone in the Case of Male Subjects, *ICPA2015, Proceedings* p. 67, Chiba, JAPAN, 2015

N.Kakitsuba: Diurnal Change in the Core Interthreshold Zone in the Case of Female Subjects and Its Gender Difference, *ICPA2015, Proceedings* p.78, Chiba, JAPAN, 2015

Kakitsuba N, Mekjavic IB. Diurnal variation in the core interthreshold zone and its relation to cutaneous sensation threshold zone. *ICEE, Kobe*, 12-17 Kobe, Japan (submitted)

[図書](計 0件)

[産業財産権]

出願状況(計 0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：

取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

<http://env.meijo-u.ac.jp/lab/naoshi/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

垣鏝 直 (Kakitsuba, Naoshi)
名城大学・理工学部・教授

研究者番号：30259874

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

()