



2021年7月30日

報道関係者各位

国立大学法人筑波大学
学校法人 新潟総合学園 新潟医療福祉大学

運動中は体温の低下を感じにくくなる ～スポーツ中の低体温症の発生要因を解明～

運動中には筋肉で熱が産生されます。それにもかかわらず、寒い環境や冷たい水の中で運動をしていると、低体温症に陥ることがあります。なぜでしょうか。

私たちヒトは寒さを感じると、「上着を着る」「体を震わす」など体温の低下を防ぐ行動を取ります。そのためには、身体各部からの温度情報を基に、寒さを感じることが重要になります。これまで、皮膚の温度感覚は運動によって鈍くなることが知られていますが、運動中に体温が低下する場合に、皮膚や全身の温度感覚がどのように変化するかについては明らかになっていませんでした。そこで本研究では、運動中でも低体温症が生じるメカニズムを明らかにするため、体温が低下した場合の温度感覚の特徴と運動との関係について検討しました。

冷たい水の中に体を入れると、体の深部の温度が徐々に低下します。実験では、このような状況で安静を維持する場合と、低強度の運動をする場合の二つの状態について、皮膚と全身の温度感覚を測定しました。その結果、特に体の深部の温度が大きく低下した際の全身の温度感覚は、低強度の運動をしている場合の方が安静を維持している場合よりも鈍くなることが分かりました。

つまり、運動をしていると、体温が低下しても、“寒い”という感覚を感じにくくなるのです。これにより、低水温の海や川での水泳や冬季のスポーツ、雪山でのハイキングなどでは、体温の低下に気付かず、低体温症に陥ってしまう可能性が考えられます。このような状況を防ぐためには、事前に体温を十分に高めておくことや、寒さを感じる前に上着を着用し体温の低下を防ぐことが重要であることが示唆されます。

研究代表者

筑波大学 体育系

西保 岳 教授

新潟医療福祉大学 健康科学部 健康スポーツ学科

藤本 知臣 講師



研究の背景

寒冷環境に曝されると、私たちヒトは行動性（暖房をつける、上着を着など）と自律性（血管収縮やふるえなど）の二つの体温調節反応によって深部体温を約 37°Cの一定に保ちます。そして、行動性の体温調節反応の場合は、皮膚表面や体の深部に存在する温度センサーからの温度情報が重要です（図 1）。

本研究チームは、身体各部からの温度変化の情報を基に生じる温度感覚に着目しました。これまで、皮膚の温度感覚は、運動を行うことで鈍くなることが報告されていましたが（Gerrett et al. *Physiology & Behavior*, 2014）、運動が皮膚の温度感覚に及ぼす影響が深部体温の低下した低体温時にも同様に生じるかは明らかではありませんでした。また、皮膚の温度や深部体温の低下によって起こる全身の温度感覚の変化に、運動がどのような影響を及ぼすかについても分かっていませんでした。そこで本研究では、運動中に低体温症が生じるメカニズムを解明するために、体温が低下した場合の温度感覚の特徴と運動との関係について検討しました。

研究内容と成果

本研究では、11 人の若年男性（24±2 歳）を対象とし、体温低下時の胸部皮膚および全身の温度感覚を測定しました。実験では、下腹部までを 18°Cの冷水に入れ、座位安静を維持する条件と、半仰臥位姿勢（仰向けの状態から上半身を立ち上げた状態）を取りながら低強度の自転車運動（30-60 W）を行う条件に分けて測定を行いました。

全身の主観的溫度感覚は、0（我慢できないほど寒い）から 8（我慢できないほど熱い）まで 9 段階（4 が中立）のスケールを用いて測定しました。

皮膚の温度感覚は、皮膚温冷覚閾値測定装置^{注1}）を用いて胸部で測定しました。胸部皮膚温と同じ温度に設定した測定装置を胸部に押し当て、装置の温度を徐々に低下させていきます。研究対象者は、胸部に冷たさを感じた時点でボタンを押し、その時点の装置の温度を測定します。測定開始時の胸部皮膚温と冷たさを感じた時の装置の温度との温度差を皮膚温度感覚の指標として用いました。

いずれの温度感覚測定も、陸上安静時、冷水に浸水後の深部体温が低下し始める以前、深部体温が 0.5°C、1.0°C低下した時点の 4 時点で測定し、安静を維持する条件と低強度の運動を行う条件で比較することで運動が温度感覚に及ぼす影響を検討しました。

その結果、胸部の皮膚温度感覚は、いずれの深部体温レベルにおいても安静時と運動時で違いが見られませんでした。その一方で、全身の温度感覚は、深部体温が 1.0°C低下した時点において二つの条件間の差が見られ、低強度の運動を行う条件の方が、深部体温の低下による寒さを感じにくくなっていました（図 2）。測定中の深部体温および皮膚温は二つの条件間で差がなかったことから、運動自体もしくは運動によって生じる生理学的変化（例えば脳から出る運動指令や運動に伴う呼吸・循環応答など）が温度感覚の鈍化に関連している可能性を示唆しました。

今後の展開

本研究の結果は、低強度の運動時には体の深部の温度が低下したことによる寒さを感じにくくなることを示しています。この深部体温低下による温度感覚の鈍化は、行動性の体温調節反応の減弱につながります。低水温の海や川でのレクリエーション活動や雪山での登山など、比較的低強度の活動中に生じる低体温症の発症を助長しているメカニズムの一つかもしれません。今後は、運動によって生じるどのような生理学的変化が温度感覚の鈍化に影響を及ぼしているのか、更には運動が温度感覚に及ぼす影響に関して、運動強度や運動様式、男女間の差についても検討していくことで、低温環境下での運動時の安全性向上や低体温症発症予防につながると考えられます。

参考図

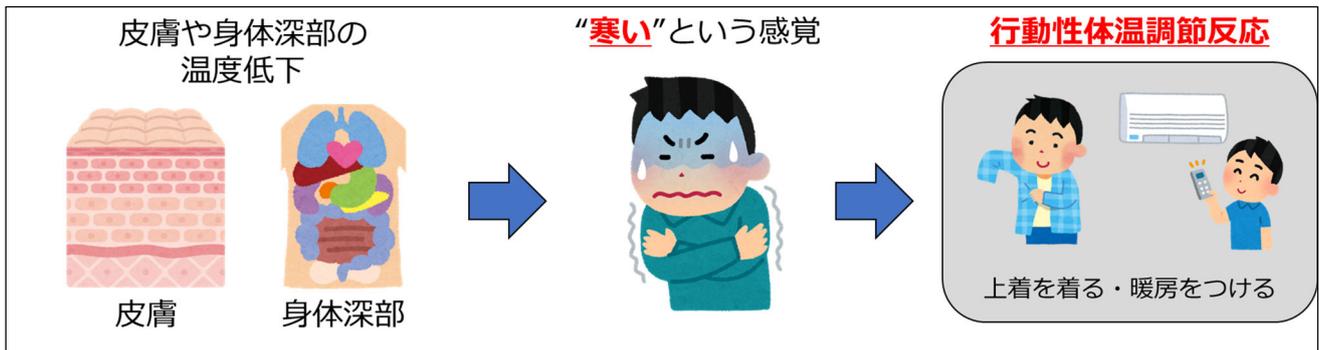


図1 行動性体温調節反応が生じるメカニズム

寒冷環境に暴露されることで皮膚や身体深部の温度が低下すると、私たちヒトは寒さを感じます。この寒いという感覚は、「上着を着る」や「暖房をつける」といった行動性体温調節反応を引き起こします。

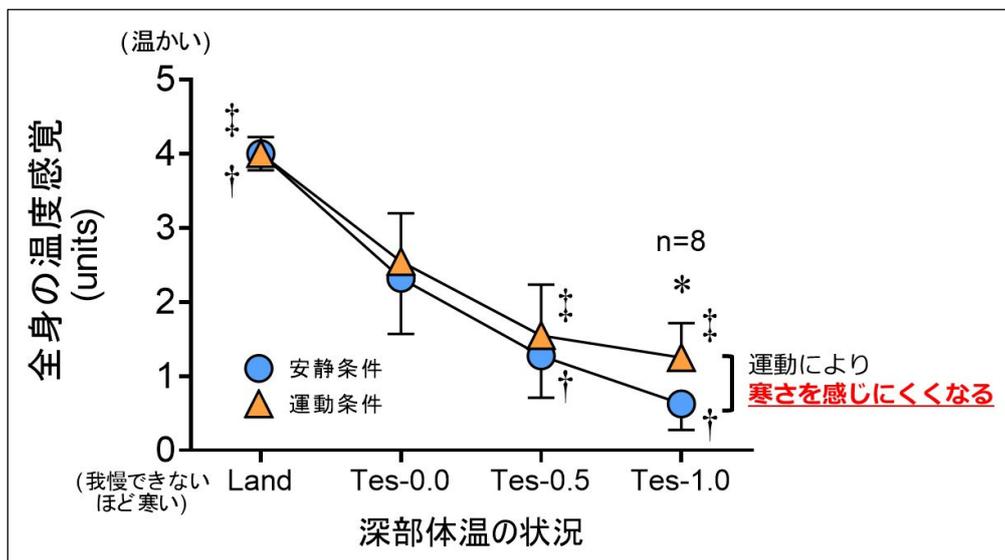


図2 各体温レベルにおける全身の温度感覚

安静条件と運動条件のいずれにおいても、深部体温の低下に伴い全身の温度感覚のスコアは低下する（寒さを感じる）が、深部体温が1.0°C低下した時点（Tes-1.0）では運動条件で、安静条件よりも寒さを感じにくくなっている。

Tes: 深部体温、*: $p < 0.05$, vs. 安静条件、†: $p < 0.05$, vs. 安静条件の Tes-0.0、

‡: $p < 0.05$, vs. 運動条件の Tes-0.0

用語解説

注1) 皮膚温冷覚測定装置

温度制御装置、温度・熱流センサーおよび表面にペルチェ素子（25mm 四方）がついたプローブで構成された測定装置。プローブ表面の温度を一定の割合で変化させることができる。

研究資金

本研究は、科研費（JP 19K24280）、筑波大学体育系ヒューマン・ハイ・パフォーマンス先端研究センター（ARIHHP）の支援により実施されました。

掲載論文

- 【題名】 Effects of low-intensity exercise on local skin and whole-body thermal sensation in hypothermic young males. (低強度運動が若年男性における低体温時の局所皮膚温度感覚と全身の温度感覚に及ぼす影響)
- 【著者名】 Tomomi Fujimoto^{a,b,c}, Naoto Fujii^a, Kohei Dobashi^a, Yinhang Cao^{a,d}, Ryoko Matsutake^a, Masataka Takayanagi^a, Narihiko Kondo^e, Takeshi Nishiyasu^a
- 【所属】 ^a Faculty of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba, Ibaraki, Japan, ^b Department of Health and Sports, Niigata University of Health and Welfare, Niigata, Japan, ^c Institute for Human Movement and Medical Sciences, Niigata University of Health and Welfare, Niigata, Japan, ^d School of Physical Education and Sport Training, Shanghai University of Sport, Shanghai, China, ^e Laboratory for Applied Human Physiology, Graduate School of Human Development and Environment, Kobe University, Kobe, Japan
- 【掲載誌】 Physiology & Behavior
- 【掲載日】 2021年7月17日（オンライン先行公開）
- 【DOI】 10.1016/j.physbeh.2021.113531.

問合わせ先

【研究に関すること】

西保 岳（にしやす たけし）

筑波大学体育系 教授

URL: <https://exerphysiol.taiiku.tsukuba.ac.jp/>

藤本 知臣（ふじもと ともみ）

新潟医療福祉大学 健康科学部 健康スポーツ学科 講師

TEL: 025-257-4675

E-mail: fujimoto@nuhw.ac.jp

【取材・報道に関すること】

筑波大学広報室

TEL: 029-853-2040

E-mail: kohositu@un.tsukuba.ac.jp

新潟医療福祉大学 事務局 入試広報部 広報課

TEL: 025-257-4459

E-mail: toshiyuki-minami@nuhw.ac.jp