

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 18 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23300231

研究課題名(和文) 運動に関わる要因と精神性要因が運動時の体温調節中枢に及ぼす影響

研究課題名(英文) Effects of exercise-related and mental factors on central system of thermoregulation during exercise

研究代表者

近藤 徳彦 (Kondo, Narihiko)

神戸大学・人間発達環境学研究科・教授

研究者番号：70215458

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,600,000円、(間接経費) 4,380,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では運動時における過度の体温上昇を予防するために重要な運動時の体温調節特性を検討するため、運動に関わる要因や精神性要因が運動時の体温調節中枢に及ぼす影響を検討した。

運動しようとする意識や筋の疲労を感知する受容器の刺激で発汗量は増加し、特に、後者は体温調節中枢へ影響していた。一方、皮膚血管拡張は影響されなかった。また、精神性要因は運動時の体温調節中枢にあまり影響していなかった。これらの結果から、運動に関わる要因と精神性要因が運動時の体温調節中枢に及ぼす影響が明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：To investigate thermoregulatory system during exercise for preventing an excessive increase in body temperature, we studied the effects of exercise-related and mental factors on central system of thermoregulation during exercise. Central command (an effort for exercise) and muscle metaboreceptors that are related to muscle fatigue induce to increase sweating, and the later factor would have affected central system of thermoregulation. However, cutaneous vasodilation was not influenced by those factors. Moreover, mental factor does not seem to markedly affect central system of thermoregulation during exercise. These results indicated directly the effects of exercise-related and mental factors on central system of thermoregulation during exercise.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学

キーワード：スポーツ環境学 体温調節 運動

### 1. 研究開始当初の背景

運動時における過度の体温上昇は脳の活動に影響を及ぼし、それが運動パフォーマンスを大きく低下させ、最悪の場合には生命を脅かす。このため高温下での運動時の体温維持はパフォーマンスとの関連で大変重要となる。また、これに関連して近年の夏の猛暑は熱中症の危険性とその課題を我々に突きつけた。運動トレーニングによって体温を維持する(体温調節)機能を改善することがこれらの課題対策と考えられるが、そのためには運動時の体温調節特性のさらなる理解が必要となる。

#### (1) 運動に関わる要因

運動時の体温を一定に保つ熱放散(皮膚血流と発汗)の調節は安静時のそれとは大きく異なり、体温などの要因(温熱性要因)以外に、運動時において独自に関係する要因(非温熱性要因: セントラルコマンド・運動しようとする意識や筋代謝受容器・筋の疲労を感知する受容器)にも影響される。2004~2006年度の科学研究費では各要因の単独の影響を、2007~2009年度のそれでは各要因の相互作用を明らかにしてきた。しかし、これら要因が運動時の体温上昇に関連する体温調節中枢にどのような影響を及ぼしているかは明らかではない。

#### (2) 精神的ストレス

運動時、特に競技スポーツにおいては精神的ストレスが運動時の身体機能調節に影響し、技術を要するような動作などはその影響を受け、そのパフォーマンスが低下する。しかし、実際の運動中における精神的ストレスが体温調節反応にどのような影響を及ぼすかは分かっていない。もし、精神的ストレスが持続的運動時(マラソンなど)の発汗量を増加させるようになると、運動時の発汗量が増え、体内からの水分損失が多くなり、運動パフォーマンスが低下する可能性がある。

### 2. 研究の目的

本研究では、運動に関わる要因が体温調節の中枢にどのように関わっているのか、また、運動中の精神的要因が運動パフォーマンスに影響を及ぼすが、それが体温調節機構にどのように影響しているかを明らかにする。

### 3. 研究の方法(図1)

#### (1) 運動に関わる要因が運動時の体温調節中枢に及ぼす影響(2011年度)

##### セントラルコマンドの影響

運動強度に関して嘘の情報(軽い運動でも強く感じる)を提示による方法を用いた。被験者は健康な男子学生とし、環境温 25℃、相対湿度 50%の環境制御室内で実験を実施した。被験者は環境条件に慣れるためにこの環境下で約 50 分間安静を保持し、その間に生

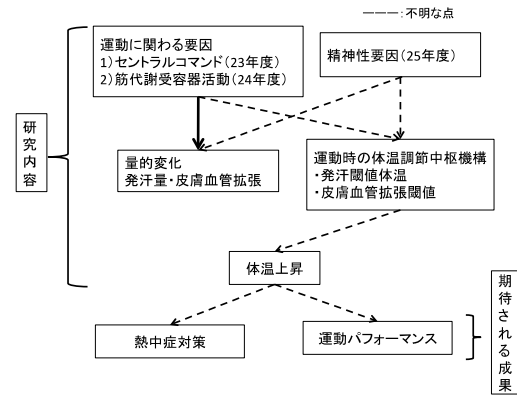


図1 研究の流れ

体パラメータ測定用センサーを装着した。その後、最大酸素摂取量 50%の自転車運動を実施した。運動時間は 30 分間とし、2 条件の実験は 2 日以上の間隔をあげた。条件 1 として被験者に最大酸素摂取量の 50% 負荷であることを告げる、条件 2 も最大酸素摂取量の 50% 負荷であるが、被験者には 60% 負荷であることを告げる。両条件は同じ運動強度であるが、条件 2 では負担が大きいと勘違いし、セントラルコマンドがより大きくなると思われる。この勘違いをさらに明確にするために運動中の心拍数を数値で提示した。その際、条件 2 の心拍数は実際の値より約 10 拍/分高くなるようにした。測定項目は心拍数、血圧、自覚的運動強度、体温(食道温)、皮膚温、発汗量・皮膚血流量(胸・前腕)、全身発汗量および脳活動状態とした。

#### 筋代謝受容器の活動が運動時の体温調節中枢に及ぼす影響(2012年度)

運動に関わる要因としての筋代謝受容器の活動が運動時の体温調節中枢に及ぼす影響を検討した。環境温 25℃、相対湿度 50%の環境制御室内で実験を実施した。健康な大学生を被験者とし、最大酸素摂取量の 40% 程度の自転車運動を 10~15 分間、次の 2 条件で実施した。a. 最大酸素摂取量の 40% 程度負荷の運動。b. 右手で最大随筋力の 35~40% の負荷で、静的掌握運動(一定の強さで握る運動)を 1 分間。運動終了直前に 250mmHg のカフ圧で運動と同じ側の上腕を阻血し、筋代謝受容器を賦活する。この状態で、条件 a と同じ自転車運動を実施する。また、負荷として下肢温浴も行い、安静時における筋代謝受容器の影響も検討した。測定項目は心拍数、血圧、自律神経活動、自覚的運動強度、体温、皮膚温、発汗量・皮膚血流量(胸・前腕)、全身発汗量および筋代謝受容器活動レベルであった。

#### (2) 精神的要因が運動時の体温調節中枢に及ぼす影響(2011年度)

環境温 28℃、相対湿度 50%の環境制御室内で実験を実施した。健康な大学生を被験者とし、外的温熱負荷と最大酸素摂取量の 50% の自転

車運動を 40 分間、次に示す 2 条件で実施した。a. 外的温熱負荷と最大酸素摂取量の 50% 負荷のみの運動。b. a の条件で、発汗開始まで精神性ストレスを負荷。精神性負荷として Stroop Color Word Conflict Test を用いた。この精神性負荷装置はタブレットを用いて行い、回答数等、ストレスの程度を実験後に確認した。測定項目は心拍数、血圧、自覚的運動強度、体温、皮膚温、発汗量、皮膚血流量、全身発汗量および脳活動状態であった。

#### 4. 研究成果

##### (1) 運動に関わる要因

###### セントラルコマンド

自覚的運動強度・発汗量は条件 2 の方が大きい値を示したが、その差は大きいものではなかった。皮膚血流には顕著な差がみられなかった。これらの結果は動的運動時の発汗中枢にはセントラルコマンドがいくらか影響している可能性を示している。また、計画にあったように精神性負荷との違いについても、暗算や掌握運動を用いて検討した。

###### 筋代謝受容器の影響

筋代謝受容器を賦活した状態で前述の運動を実施したが、発汗・皮膚血管拡張の開始時間等はそれを賦活せずに運動を行った場合と比較して大きな違いは認められなかった。これは運動による中枢からの調節機構の働きが筋代謝受容器からの入力の影響をキャンセルしたのかも知れない。そこで、運動ではなく下肢を 43 °の湯で温浴して安静状態で体温上昇・発汗・皮膚血管拡張を引き起こす方法を用い、再検討を行った。筋代謝受容器を賦活させて下肢温浴を行った場合とそうでない場合では前者の条件での発汗開始時間等は著しく早くなり、その量も多かった。

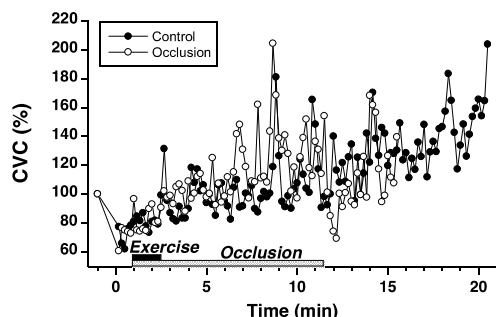
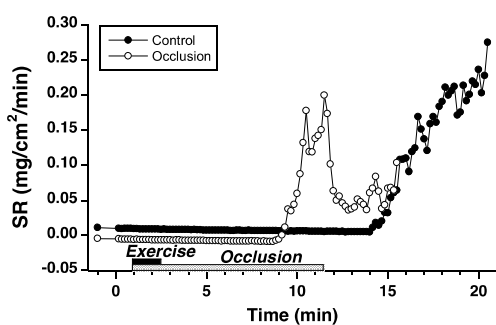


図 2 代謝受容器の影響

一方、皮膚血管拡張閾値には条件間に大きな差が認められなかった(図2)。このことから筋代謝受容器活動は発汗調節中枢に影響するが、その影響は運動時より安静時でみられる可能性がある。

##### その他の要因と調節系

運動に関わる要因が体温調節機構に及ぼす影響をより明らかにするために、運動に関わる要因の複合的な作用についても、海外の研究者と協力で検討した。また、運動に関わる要因と他の調節機構との関係についてもこれまでの研究を含め、検討を行った。運動に関わる要因、特に、筋からの求心性入力が循環調節中枢を経由し、体温調節中枢である視床下部に影響を及ぼし、さらに、それと運動野からの入力に関連して体温調節中枢の活動変化を引き起こす可能性を考察した。

##### (2) 精神性要因の影響

プログラムの追加や修正を行いながら、タブレットにより Stroop Color Word Conflict Test が実施できるシステムを構築した。その際、この精神性ストレスが妥当かどうか検討するため、上述の運動強度を 10 分間実施し、後半 5 分間に Stroop Color Word Conflict Test を負荷した。上述の条件で発汗開始がみられるまでこのテストを実施した。外的温熱負荷中は精神性ストレスが発汗開始をいくらか早めたが、皮膚血管拡張閾値には大きな変化がなかった。運動時にはそのような影響が顕著に認められなかった。今回の研究において、運動に関わる要因としてのセントラルコマンドと精神性要因がどのように異なるのか、海外の研究者から指摘を受けた。本研究においては、運動をするあるいは努力するという要因を前者とし、特に、運動するときに働くものとして区別した。

##### (3) 国際的協力

本研究では海外研究協力者として Kenny GP (オタワ大学) 他に、Taylor NAS (ウロンゴン大学), Green D (西オーストラリア大学), Rossiter H (リーズ大学), Cheung S (ブルック大学) から助言を得た。

##### 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 8 件)

Amano T, Ichinose M, Miwa M, Inoue Y, Nishiyasu T, and Kondo N, Sweating response to passive stretch of the calf muscle during activation of forearm muscle metaboreflex in heated humans. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol, 査読有, 2014, accepted.  
 Ichinose M, Maeda S, Kondo N, Nishiyasu T. Blood pressure regulation II: what

happens when one system must serve two masters- oxygen delivery and pressure regulation? Eur J Appl Physiol, 査読有, 114, 2014, 451- 465.

Ichinose M, Watanabe K, Fujii N, Kondo N, Nishiyasu T, Muscle metaboreflex activation speeds the recovery of arterial blood pressure following acute hypotension in humans, Am J Physiol Heart Circ Physiol, 査読有 304, 2013, H1568-1575.

Amano T, Ichinose M, Miwa M, Inoue Y, Kondo N, Sweating responses to passive calves stretch during activation of muscle metaboreflex in forearm in humans, Environmental Ergonomics, 査読有, 2012, 114-116.

Binder K, Lynn AG, Gagnon D, Kondo N, Kenny GP, Hyperthermia modifies muscle metaboreceptor and baroreceptor modulation of heat loss in humans, Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol, 査読有, 302, 2011, R417-R423.

Amano T, Kato Y, Machade-Moreira CA, Taylor NAS, Inoue Y, Nishiyasu T, Kondo N, Changes in eccrine sweating on the glabrous skin of the palm and finger during isometric exercise, Acta Physiol, 査読有, 202, 2011, 649-655.  
近藤徳彦, 井上芳光, 運動時における発汗調節特性とそれを修飾する要因, 発汗学, 査読無 18 巻, 2011, 80-81.

近藤徳彦, Kenny GP, 天野達郎, 藤井直人, 西保 岳, エネルギー代謝と運動時の体温調節, 体育の科学, 査読無, 61 巻, 2011, 589-594 .

#### 〔学会発表〕(計 3 件)

Amano T, Ichinose M, Miwa M, Inoue Y, Kondo N, Sweating responses to passive calves stretch during activation of muscle metaboreflex in forearm in humans, 15th International Conference on Environmental Ergonomics, 2013, New Zealand.

天野達郎, 一之瀬真志, 三輪樹生, 井上芳光, 西保岳, 近藤徳彦, 筋からの複合的な求心性入力が発汗反応に及ぼす影響, 第 26 回 運動と体温の研究会, 2012, 岐阜 .

Kondo N, Inoue Y, Nishiyasu Y, Integration of mechanisms of heat dissipation control during exercise, The 14th International Conference on Environmental Ergonomics, 2011, Greece.

#### 〔図書〕(計 1 件)

天野達郎, 近藤徳彦, 真興交易, ニュー運動生理学 第 12 章 運動と体温 - 熱放散 2014 ,

掲載確定 .

〔産業財産権〕  
なし

〔その他〕  
ホームページ  
<http://www2.kobe-u.ac.jp/~kondo/LaHp/Welcome.html>

#### 6 . 研究組織

##### (1)研究代表者

近藤 徳彦 (KONDO, Narihiko)  
神戸大学・人間発達環境学研究科・教授  
研究者番号 : 70215458

##### (2)研究分担者

古賀 俊策 (KOGA, Shunsaku)  
神戸芸術工科大学・デザイン学部・教授  
研究者番号 : 50125712

##### (3)連携研究者

西保 岳 (NISHIYASU, Takeshi)  
筑波大学・人間総合科学研究科・教授  
研究者番号 : 90237751

##### (4)連携研究者

井上 芳光 (INOUE, Yoshimitsu)  
大阪国際大学・人間科学部・教授  
研究者番号 : 70144566