

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 20 日現在

機関番号：37201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350817

研究課題名(和文) 中高年運動実践者の暑熱・寒冷環境下における体温調節、浸透圧、ホルモン及び免疫反応

研究課題名(英文) Studies of physiological responses of thermoregulatory, osmolality, hormonal, and immune during exercise in middle-aged athletes in hot and cold environments

研究代表者

菅原 正志 (Sugawara, Masashi)

西九州大学・健康福祉学部・教授

研究者番号：20039564

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)：本研究は、暑熱・寒冷環境下での中高年運動実践者の運動ストレスが体温調節、浸透圧、ホルモン、免疫に及ぼす影響を明らかにすることである。被験者は、研究の主旨を十分に説明した上で同意を得た、60歳から70歳代のウォーキング実践者男子8名及び水泳実践者男子8名、対照者として運動を實踐しない者男子9名について実施した。運動負荷による測定は、人工気象室内での自転車エルゴメータ運動を暑熱・寒冷暴露について、屋外運動施設でのウォーキング運動を夏季と冬季にそれぞれ実施した。その結果、中高年の日常的な運動トレーニングは、暑さや寒さの環境に対して体温調節、免疫反応の改善が認められた。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to clarify the influences of exercise-related stress on thermoregulatory, hormonal, and immune responses in hot/cold environments in walking and swimming athletes with middle-age. The subjects consisted of 8 male walking and 8 male swimming athletes, 9 males control. Informed consent was obtained from all subjects. The exercise was performed in a climatic chamber while hot and cold air/water using bicycle ergometer. Walking exercise was performed in a 400-m athletic field in summer and winter. The results were suggested, physical training of middle-age may improve thermal sensibilities and Immune responses during hot and cold environment become clearer.

研究分野：運動生理学

キーワード：中高年者 暑熱環境 寒冷環境 運動トレーニング 体温調節反応 発汗量 内分泌 免疫

1. 研究開始当初の背景

近年、健康寿命の伸びが重要視され、中高年者の運動・スポーツに対する関心の高まりとともに、身体活動が日常生活に定着している。しかし、老化に伴い暑さや寒さに対する抵抗性の低下や、内分泌ホルモンの変容による、中高年者の夏季高温下での「暑熱障害」や冬季低温下での「低体温症」などの不慮の事故発生が問題となっており、持続的運動実施による体温調節能を中心とする恒常性維持機序についての解明が十分でない。

2. 研究の目的

高齢化社会の到来に伴い健康寿命への関心は高まり、スポーツの大衆化による中高年者の身体活動が日常生活に定着している。しかし、中高年者が様々な温度環境の中での身体活動中に引き起こされる「暑熱障害」、「低体温症」などの不慮の事故発生が危惧されている。本研究では、中高年運動実践者の暑熱及び寒冷環境下での自律神経系(体温調節)・内分泌系(浸透圧、ホルモン)・免疫系(抗炎症)の相互関連性について明らかにすることにより、老化に伴い暑さや寒さに対する抵抗性の特徴を明らかにすることで、中高年者の quality of life (QOL) の向上に資する研究としての意義は大きい。

3. 研究の方法

(1)被験者は、研究の主旨を十分に説明した上で同意を得た、中高年者のウォーキング実践者男子 8 名(ウォーキング群)、水泳実践者男子 8 名(水泳群)及び対照者として運動を實踐しない者男子 9 名(対照群)である。ウォーキング実践者及び水泳実践者の運動頻度は、週 6~7 回である。本研究課題は研究科倫理委員会で承認されている。

(2)測定時期は、平成 25 年度 7~8 月及び 12~1 月、平成 26 年度 9~12 月、平成 27 年度 9 月と 12 月にそれぞれ実施した。

(3)測定条件は、食事後の特異動的作用による代謝への影響を考慮し食後 6 時間以上経過することを条件にした。平成 25 年度は、人工気象室内での暑熱・寒冷環境適応下での安静及び運動中の検討を行った。長袖に長ズボン着用で人工気象室内条件 28 (暑熱暴露) 相対湿度 60% で 60 分間安静後、35 (暑熱暴露) 及び 15 (寒冷暴露) 相対湿度 60% の条件下で自転車エルゴメータ運動負荷を 50%Vo2max で 30 分間実施した。最大酸素摂取量 (Vo2max) は、PWC_{75%HRmax} の測定プロトコルによって求めた。平成 26 年度は、温度コントロールチューピングスーツ着用による温水・冷水暴露下での運動の検討を行った。水着着用で人工気象室内条件 28、相対湿度 60% で 60 分間安静を保ち、次に、コントロールチューピングスーツ内の温度負荷を 25 (冷水) 及び 42 (温水) の条件で自転

車エルゴメータによる運動負荷を 50% Vo2max で 30 分間実施した。平成 27 年度は、暑熱適応下(夏季)及び寒冷適応下(冬季)に陸上運動ウォーキングによる検討を行った。夏季の陸上競技場環境温度は、気温 28、湿度 85%、WBGT 29、冬季の陸上競技場環境温度は、気温 13、湿度 60%であった。陸上運動ウォーキングは、毎分 80~100m の速度で 60 分間実施した。尚、運動中の飲水は自由とした。

(4)生体反応測定は、安静時、運動負荷後、回復 30 分後にそれぞれ行った。測定項目は、発汗量、平均皮膚温(全身 4ヶ所(上腕・胸・腹・背)の皮膚温を計測し、面積比率を加重負荷した緒方の方法で求めた。)、心拍数、鼓膜温、乳酸、ヘマトクリット値、カテコールアミン(アドレナリン、ノルアドレナリン、ドーパミン)、好中球の活性酸素産生能である。採血は、運動前後、回復 30 分経過時に行った。また、発汗量及び脱水率は、50g 精度のデジタル体重計を用いて測定前と測定後に汗を十分拭き取った状態のパンツ 1 枚で計測し、次式により算出した。発汗量(kg) = (練習前体重 + 飲水量) - 練習後体重、脱水率(%) = (練習前体重 - 練習後体重) ÷ 練習前体重。

4. 研究成果

(1)被験者の特性を表 1 に年齢、身長、体重、運動歴を平均値 ± SD として示した。ウォーキング群の運動実施頻度は週 6 日、水泳群の運動実施頻度は週 4 日であり、ライフコーダー(スズケン)での運動実施日の活動量平均は、ウォーキング群 294.4 ± 73.3kcal、水泳群 286.8 ± 89.1kcal であった。

表 1 被験者の特性

		年齢	身長	体重	運動歴
		yr	cm	kg	yr
W群 (N=8)	mean	65.6	159.7	50.4	20.9
	SD	±2.1	±4.4	±3.9	±8.2
S群 (N=8)	mean	66.3	160.6	54.1	16.5
	SD	±2.2	±5.4	±4.1	±8.8
C群 (N=9)	mean	66.5	157.2	62.8	
	SD	±2.4	±4.1	±6.7	

W群：ウォーキング群
S群：水泳群
C群：対照群

(2)人工気象室内での暑熱・寒冷環境適応下での反応について：暑熱暴露及び寒冷暴露での安静時の体温調節、浸透圧、ホルモン及び免疫反応は、ウォーキング群、水泳群及び対照群ほぼ同様であった。運動時は、暑熱暴露の運動後の発汗量はウォーキング群、水泳群が対照群よりも多く、平均皮膚温はウォーキング群、水泳群が対照群よりも低く抑えられ

ていた。カテコールアミンはウォーキング群、水泳群が対照群よりも亢進していた。寒冷暴露の鼓膜温、平均皮膚温は運動終了時(30分経過時)及び回復30分においてウォーキング群、水泳群が対照群よりも高く維持し、カテコールアミンも同様に亢進していた。好中球の活性酸素産生能は、安静時の暑熱・寒冷暴露においてウォーキング群、水泳群、対照群の差はないが、運動後に増加傾向にあったのは暑熱暴露、寒冷暴露で同様であった。各群の運動中の体温調節反応は、暑熱暴露及び寒冷暴露でウォーキング群、水泳群が対照群よりも良好であった。

(3)温度コントロールチューピングスーツ着用による温水・冷水暴露下での反応について：温水・冷水暴露での安静時の体温調節、浸透圧、ホルモン及び免疫反応は、ウォーキング群、水泳群及び対照群ともに差異がなかった。運動時は、温水暴露の運動後の発汗量はウォーキング群、水泳群が対照群よりも多く、平均皮膚温はウォーキング群、水泳群が対照群よりも低く抑えられていた(図1)。カテコールアミンはウォーキング群、水泳群が対照群よりも亢進していた。冷水暴露の平均皮膚温、鼓膜温が運動期及び回復期においてウォーキング群、水泳群が対照群よりも高く維持され、カテコールアミンも亢進が認められた。好中球の活性酸素産生能は、安静時の暑熱・冷水暴露においてウォーキング群、水泳群、対照群との差はないが、運動後に温水および暴露共に増加した。

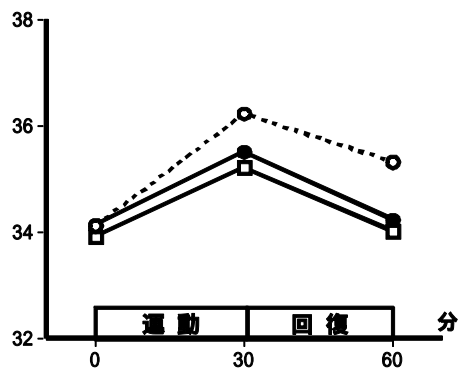


図1 温度コントロールスーツ着用温水(42℃)循環による平均皮膚温の変化
 ○ : ウォーキング群 ● : 水泳群 ▲ : 対照群

(4)夏季及び冬季の陸上運動ウォーキング中の反応について：安静時の平均皮膚温は、夏季においてウォーキング群、水泳群、対照群の差異がなかったが、冬季ではウォーキング群及び水泳群が対照群より高い傾向であった。陸上運動ウォーキング中の体温調節反応は、夏季においてウォーキング群と水泳群が発汗に見合った水分補給(発汗率)により深部体温維持が対照群より顕著であった。冬季においてもウォーキング群と水泳群の深部体温を維持する傾向は対照群より亢進して

いた。夏季及び冬季のウォーキング運動後のカテコールアミンはウォーキング群、水泳群が対照群よりも亢進していた。夏季及び冬季の陸上運動ウォーキング後の好中球の活性酸素産生能は、ウォーキング群、水泳群が対照群よりも亢進していた。中高年者の暑熱・寒冷に対する生体の自律性体温調節反応は、日常的な身体運動が有効であると示唆された。

(5)まとめ

本研究でのウォーキング群、水泳群の運動経験年数は比較的長かった。暑熱環境下で体温調節能への影響は、運動に伴う血漿浸透圧の上昇が血液の濃縮と密接に関係し、それが深部体温(鼓膜温)や平均皮膚温の上昇に繋がっているため、ウォーキング群及び水泳群が対照群よりも暑熱下運動時の体温調節上昇が抑制されており、定期的な運動トレーニングが少なからず影響を及ぼしていることが示唆される。また、好中球の活性酸素産生能は、環境温度に関係なく運動により亢進していた。活性酸素産生能は、運動後に増加する場合や減少する場合があります。その時のストレスにより異なることが推察される。

引用文献

- 管原正志, 田井村明博, 大渡伸, 上平憲, 寒冷下運動負荷時の体温調節反応と寒冷血管反応に及ぼす体力水準の差異. デサントスポーツ科学, 20, 1999, 140-147.
 管原正志, 田井村明博, 寒冷下運動負荷時の体温調節反応とカテコールアミンに及ぼす有酸素能力の影響. 体力栄養免疫学会誌, 10, 2000, 39-45.
 管原正志, 脊髄損傷競技者の暑熱環境下における体温調節、皮膚血流及び浸透圧、ホルモン反応. 長崎大学教育学部紀要、自然科学, 78, 2010, 17-26.

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10件)

- 管原正志, 手指の寒冷血管拡張反応と耐寒性. 体力科学, 査読無, 64(1), 2015, 1-2.
 足利さくら, 長野央歩, KAHTUN A, 田井村明博, 定期的な運動が局所寒冷負荷時の皮膚温と温度感覚に与える影響. 日本生理人類学会誌, 査読無, 20(S1), 2015, 56.
 Khatun A, Ashikaga S, Nagano H, Taimura Akihiro, Linguistic Expression in Thermal Sensation of Bangladeshi Students, *Jap. J. Physiol. Anthropol.*, 査読無, 20(S1), 2015, 72.
 Murakami M, Ohba T, Kushikata T, Niwa H, Nakaji Sigeyuki, Involvement of the orexin system in sympathetic nerve regulation, *Biochem Biophys Res Commun.*, 査読有, 460(4), 2015, 1076-81.

管原正志, 75%HRmax 持久運動が性周期のコンディショニングに及ぼす影響, 長崎大学教育学部紀要自然科学, 査読有, 第82号, 2014, 1-8.

管原正志, 田添奈央子, 田井村明博, 性周期が持久運動時の生理機能に及ぼす影響, 体力・栄養・免疫学雑誌, 査読無, 24(3), 2014, 202-203.

中垣内真樹, 濱原健太郎, 谷崎真二, 江頭郁子, 浦谷創, 阿南祐也, 地域在住高齢女性に対するスクエアステップエクササイズの効果 - 身体機能、認知機能、健康感に及ぼす影響 -, 保健学研究, 査読有, 26, 2014, 1-6.

Taimura Akihiro, Matsunami M, Sugawara Masashi, Sweat loss and fluid intake during swimming training in spring and summer at an outdoor swimming pool; A field study; *Abstract Book of 18th Annual Congress of European College of Sport Science*, Barcelona, 査読有, June, 2013.

足利さくら, 本村麻衣子, 鷲塚愛, 宮城舜, 田井村明博, 局所寒冷血管拡張反応からみた寒冷耐性と温度感覚の関連性の検討, 日本生理人類学会誌, 査読無, 18(S2), 2013, 150-151.

Shigematsu R, Okura T, Nakagaichi Masaki, Nakata Y., Adherence to and effects of multidirectional stepping exercise in the elderly: A long-term observational study following a randomized controlled trial, *The Journal of Physical Fitness and Sports Med*, 査読有, 2, 2013, 127-134.

〔学会発表〕(計 6 件)

管原正志: 手指の寒冷血管反応, 第 69 回日本体力医学会, 2014 年 9 月 19 日、長崎大学(長崎県・長崎市)

足利さくら, 長野央歩, KAHTUN A, 田井村明博: 局所寒冷血管拡張反応時の温度感覚と皮膚温のパターン分析, 第 71 回日本生理人類学会, 2014 年 11 月 1 日、神戸大学(兵庫県・神戸市)

管原正志, 田添奈央子, 田井村明博: 性周期が持久運動時の生理機能に及ぼす影響, 第 24 回体力・栄養・免疫学会, 2014 年 8 月 31 日、同志社大学(京都府・京都市)

中垣内真樹: 高齢者同士で運動を習慣化する高齢者サロン育成の試み~継続化を促すための工夫~, 第 65 回日本体育学会, 2014 年 8 月 27 日、岩手大学(岩手県・盛岡市)

Matsunami M, Taba S, Ichikawa H, Taguchi M, Taimura Akihiro, Funai Y: How should competitive swimmers perform power swim-training?, *19th annual Congress of the European College of Sport Science*, 5th July 2014, The RAI Convention Centre (Amsterdam, Nederland)

Taimura Akihiro, Matsunami M, Sugawara Masashi, Sweat loss and fluid intake during swimming training in spring and summer at an outdoor swimming pool, *18th Annual Congress of European College of Sport Science*, 28th June 2013, INEFC Barcelona (Barcelona, Spain)

〔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

6. 研究組織

(1) 研究代表者

管原 正志 (SUGAWARA MASASHI)
西九州大学・健康福祉学部・教授
研究者番号: 20039564

(2) 研究分担者

田井村 明博 (TAIMURA AKIHIRO)
長崎大学・大学院水産・環境科学研究科・教授
研究者番号: 10136624

(3) 研究分担者

近藤 芳昭 (KONDOU YOSHIAKI)
西九州大学・健康福祉学部・准教授
研究者番号: 20321309

(4) 研究分担者

中山 正教 (NAKAYAMA MASANORI)
西九州大学・健康福祉学部・講師
研究者番号: 70709550

(5) 連携研究者

中垣内 真樹 (NAKAICHI MAKI)
長崎大学・医歯薬学研究科・准教授
研究者番号: 10312836

(6)連携研究者

中路 重之 (NAKAJI SHIGEYUKI)
長崎大学・医学系研究科・教授
研究者番号：10192220