

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 8月 23日現在

機関番号：17301

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22500610

研究課題名（和文）暑熱環境下における脊髄損傷競技者の発汗機能と自律神経、内分泌、免疫応

研究課題名（英文）Studies of physiological responses of perspiration function, hormonal, and immune in athletes with spinal cord injury in hot environments

研究代表者

管原 正志（SUGAWARA MASASHI）

長崎大学・教育学部・教授

研究者番号：20039564

研究成果の概要（和文）：研究は脊髄損傷競技者の発汗機能レベルによる暑熱環境下での体温調節反応、浸透圧、ホルモン及び免疫の動態を明らかにすることである。結果は、脊髄損傷車椅子競技者の夏季や高温下での運動の際に発汗機能低下による熱障害が危惧され、その対策が望まれた。また、脊髄損傷車椅子運動競技者の発汗機能障害の程度を知ることが必要であり、それが脊髄損傷者の quality of life (QOL) の向上の意義は大きい。

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 environments in athletes with spinal cord injury of perspiration functional level. The result were suggest a risk of heat disorder due to impaired perspiration on exercise at a high temperature in wheelchair athletes with spinal cord injury. Preventive measures such as the use of a cooling jacket are required. In addition, it is important to clarify the degree of perspiration impairment in wheelchair athletes with spinal cord injury.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2012年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	2,800,000	840,000	3,640,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・スポーツ科学

キーワード：スポーツ生理学

1. 研究開始当初の背景

生体が暑熱といった温熱環境や運動のストレスにさらされた際に、神経系・内分泌系を介して恒常性が維持され、ストレスに対する適応機転が図られることは周知の通りであるが、暑熱環境下での脊髄損傷者で損傷部位レベルによりスポーツ活動時の発汗機能が異なる脊髄損傷競技者の体温調節能や免疫を中心とする恒常性維持機序の特徴とその対策については、十分に明らかにされていない。

2. 研究の目的

本研究では、脊髄損傷競技者の発汗機能レベルによる暑熱環境下での体温調節反応、浸透圧、ホルモン及び免疫の動態を比較検討するため、①発汗機能レベルの特定、②温度コントロールチュービングスーツ着用による温水暴露下での運動、そして③夏季に競技形態（陸上トラック）での運動について実施する。従って、暑熱環境下での運動系・自律神経系・内分泌系・免疫系の相互関連性を具体的に同定できれば脊髄損傷競技者への「暑熱障害対策」ができるとともに脊髄損傷者の 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、脊髄損傷男子競技者8名及び健康な男子大学競技者5名（大学生競技者S群）を対象とした。また、脊髄損傷競技者8名は、暑熱環境下での一定の運動負荷により発汗量が8名の平均発汗量より多かった4名を脊髄損傷競技者N群、少なかった4名を脊髄損傷競技者L群とした。

(2)測定時期は、平成22年度9月、平成23年度9月、平成24年度9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22年度は、人工気象室内を30℃（暑熱環境）、60%RHの条件で長袖シャツにトレーニングパンツで arm cranking ergometer を用いた運動負荷を60%Vo2maxで60分間実施した。また、最大酸素摂取量（Vo2max）は、arm cranking エルゴメータにより漸増負荷法によって求めた。平成23年度は、人工気象室内を28℃（温度中性域）、60%RHの条件下において水着で温

度コントロールスーツを上半身着用後に温度負荷35℃及び40℃の温水をスーツ内に流し、arm cranking ergometer を用いて60%Vo2maxの運動負荷を30分間実施した。平成24年度は、400m陸上競技場において実施した。陸上競技場の環境温度は気温28℃、湿度85%、WBGTで28℃であった。運動負荷条件を脊髄損傷競技者N群及び脊髄損傷競技者L群は24Km/時、大学生競技者S群は13Km/時のペースで60分間とし水分補給は自由とした。

(4)測定項目は、胸部と背部の発汗量、全身4か所（胸・腹・背・上腕）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、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、血清総抗酸化能（TAA）を測定した。採血は、運動前後、回復30分経過時に行った。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、Vo2maxを平均値±SDとして示した。Vo2maxに脊髄損傷競技者N群、脊髄損傷競技者L群、大学生競技者S群の違いは認められなかった。

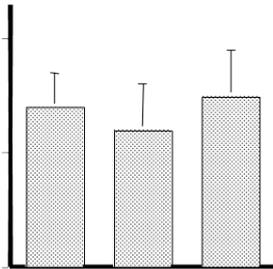
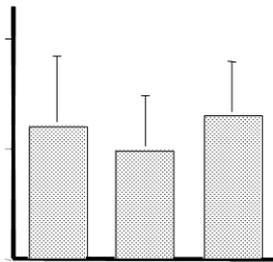
表1 被験者の特性

		年齢 yr	身長 cm	体重 kg	VO2max l/min
N群 (N=4)	mean	38.1	161.8	48.9	3.06
	SD	±12.5	±5.3	±5.8	±2.07
L群 (N=4)	mean	35.3	162.8	51.2	2.92
	SD	±9.5	±7.5	±4.2	±3.11
S群 (N=5)	mean	21.6	169.7	53.6	3.61
	SD	±3.4	±4.2	±2.8	±1.64

N群：発汗量多い脊髄損傷競技者
L群：発汗量少ない脊髄損傷競技者
S群：大学生競技者

(2)発汗機能レベルについて。温熱性発汗は視床下部に存在する発汗中枢が興奮することにより起こる。汗腺に向かう発汗神経は第

一胸椎 (T1) ~ 第三腰椎 (L3) より出発し、傍脊髄神経節を介して分節的に全身の汗腺に分布する。脊髄損傷により発汗神経に影響が及ぶと障害部位に対応した分節レベルの領域に無汗部位がみられる。発汗量 (図1)、脱水率 (図2) については、平均発汗量より多かった4名の脊髄損傷競技者N群、平均発汗量より少なかった4名の脊髄損傷競技者L群、大学生競技者S群の間に差異が認められた。



運動中の体温調節反応、内分泌系、免疫系において、脊髄損傷競技者N群、脊髄損傷競技者L群、大学生競技者S群の間に差異が認められ、体温調節、内分泌および免疫系より総合的に見ると、大学生競技者S群、次いで脊髄損傷競技者L群、脊髄損傷競技者N群の順に反応が鈍る傾向であり、発汗機能の抑制の影響が推測される。

(3) 温度コントロールチューピングスーツ着用による反応について。安静時の体温調節反応、内分泌系、免疫系各測定項目の変化は、脊髄損傷競技者N群・L群と大学生競技者S群ともにほぼ同様であった。運動時の各測定

項目については、40℃暴露の発汗機能と自律神経、内分泌は、脊髄損傷競技者N群と大学生競技者S群ともに運動、回復において差異を認めなかったが、平均皮膚温 (図3) でも明らかのように発汗機能が劣る脊髄損傷競技者L群の平均皮膚温の上昇が大きい。また、免疫機能は脊髄損傷競技者N群・L群と大学生競技者S群との差はないものの運動経過とともに増加傾向にあった。

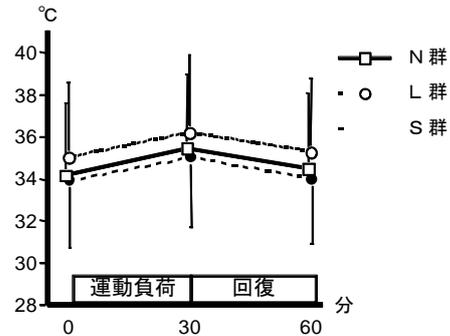


図3 温度コントロールスーツ着用40℃温水循環による平均皮膚温の変化

N群: 発汗量多い脊髄損傷競技者
L群: 発汗量少ない脊髄損傷競技者
S群: 大学生競技者

(4) 夏季に競技形態 (陸上トラック) での反応について。暑熱環境下 (WBGT28℃) での安静時の体温調節反応は、脊髄損傷競技者N群、脊髄損傷競技者L群と大学生競技者S群ともに大きな差異はなかった。60分間の運動負荷による体温調節反応、すなわち発汗量と鼓膜温 (図4) でも明らかのように運動前後の差は、発汗量で脊髄損傷競技者N群の方が脊髄損傷競技者L群より多かった結果として、鼓膜温の上昇が脊髄損傷競技者L群より脊髄損傷競技者N群が抑えられている。

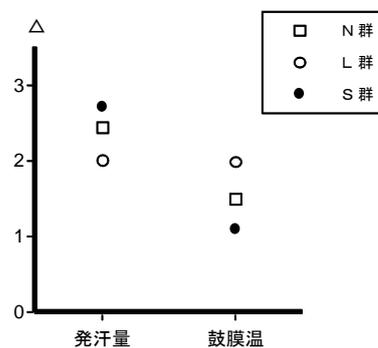


図4 夏季における60分走前後の発汗量と鼓膜温の変化 (偏差値)

N群: 発汗量多い脊髄損傷競技者
L群: 発汗量少ない脊髄損傷競技者
S群: 大学生競技者

ノルアドレナリン (図5) は、脊髄損傷競技者N群、脊髄損傷競技者L群と大学生競技者S群ともに運動、回復において明瞭な差異を認めなかった。また、好中球の活性酸素種総産生能 (図6) については、脊髄損傷競技者N群、脊髄損傷競技者L群と大学生競技者S群で差異は認められなかった。

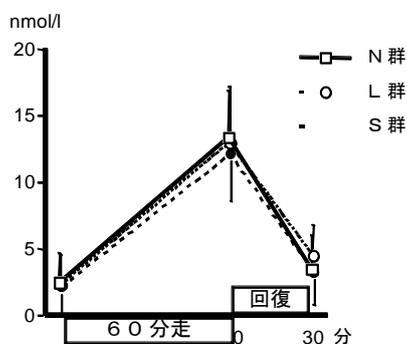


図5 夏季における60分走及び回復30分後のノルアドレナリンの変化

N群: 発汗量多い脊髄損傷競技者
L群: 発汗量少ない脊髄損傷競技者
S群: 大学生競技者

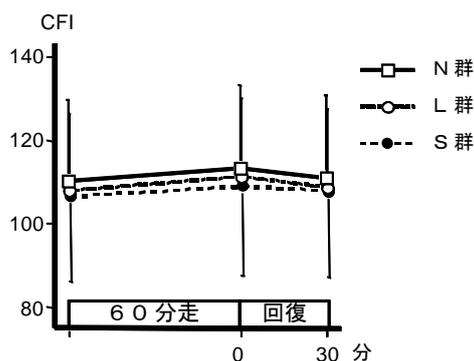


図6 夏季における60分走及び回復30分後の好中球の活性酸素種総産生能の変化

N群: 発汗量多い脊髄損傷競技者
L群: 発汗量少ない脊髄損傷競技者
S群: 大学生競技者

(5) 考察。本研究での脊髄損傷競技者N群、脊髄損傷競技者L群は、最大酸素摂取量から見ても健常者である大学生競技者S群と差異がなかった。しかし、脊髄損傷による発汗機能への影響が高温環境下で認められ、発汗量の違いが鼓膜温 (深部体温) の上昇とも関係があり、同じく平均皮膚温の差異にも影響したことより、暑熱下運動時の体温調節に脊髄損傷の程度による発汗機能抑制が少なからず影響を及ぼしていることが示唆される。暑熱下での脊髄損傷競技者の運動に際しては、熱障害発生の予防として十分な水分補給や冷却ジャケット着用などの工夫が望まれる。

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16件)

- ① Sugawara M., Taimura A.: Influence of physical training on cold-induced vasodilation of finger, 17th Annual Congress of the Eur. *College of Sports Sci.*, 599, 2012.
- ② Taimura A., Matsunami M., Sugawara M., Arakawa T.: Examination of Warm-up Effects by Highly Concentrated Artificial Carbonic Acid Water Forearm-Bathing: *Med. and Sci. in Sports Exercise*, 44(5), s787, 2012.
- ③ Matsunami M., Taimura A.: The Role of High Volume Endurance Training in Competitive Swimming: *Med. and Sci. in Sports Exercise*, 44(5), s364, 2012.
- ④ 朱文龍, 鷲塚愛, 大塚雄記, 田井村明博: 日本滞在中国人の手指における温熱血管収縮反応に関する基礎研究. 日本生理人類学会誌, 17(S1), 24-25, 2012.
- ⑤ Sugawara M., Taimura A.: Study of physiological responses of thermoregulatory, hormonal, and immune in track and field and swimming athletes with spinal cord injury in hot and cold environments, 16th Annual Congress of the Eur. *College of Sports Sci.*, 196, 2011.
- ⑥ 管原正志, 田井村明博: 水温の違いによる寒冷血管拡張反応とその評価に関する検討. 体力・栄養・免疫学会, 体力・栄養・免疫学雑誌, 21(3), 276-279, 2011.
- ⑦ 朱文龍, 田井村明博: 日本滞在中国人の手指における寒冷血管拡張反応に関する基礎的研究について. 日本生理人類学会誌, 16(S1), 84-85, 2011.
- ⑧ Taimura A., Matsunami M., Nakagaichi M., Sugawara M.: Chlorine Gas Levels in Indoor Swimming Pools: *Med. and Sci. in Sports Exercise*, 43(5), s467 2011.
- ⑨ 朱文龍, 田井村明博, 管原正志: 手指における寒冷血管拡張反応と温度感覚に関する研究. 体力・栄養・免疫学雑誌, 21(3), 272-275, 2011.
- ⑩ 朱文龍, 田井村明博: 日本人と日本滞在中国人の局所寒冷負荷時の皮膚温、温度感覚の検討. 日本生理人類学会誌, 16(S2), 42-43, 2011.
- ⑪ 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, 17-26, 2011.

⑫ Sugawara M.: Human cold adaptation, The Proceedings of the 18th Annual Meeting of Japan Society of Exercise and Sports Physiology. *Advances in Exercise and Sports Physiology*, 16(2), 40, 2010.

⑬ 管原正志, 田井村明博: 手指の寒冷血管拡張反応に見られた加齢の特性. 体力・栄養・免疫学会, 体力・栄養・免疫学雑誌, 20(2), 144-146, 2010.

⑭ Taimura A., Matsunami M., Nakagaichi M., Sugawara M.: Effects of Highly Concentrated Artificial Carbonic Acid Forearm-Bathing on a Core Temperature Cooling for Hyperthermia: *Med. and Sci. in Sports Exercise*, 42(5), s542 2010.

⑮ 管原正志, 田井村明博: 中強度の運動強度における脚部冷却の効果. 体力科学, 59(6), 692, 2010.

⑯ 田井村明博, 松波 勝, 管原正志: 局所寒冷暴露時における心拍変動からみた自律神経活動について. 体力科学, 59(6), 690, 2010.

[学会発表] (計 5件)

① SUGAWARA, M. : Influence of physical training on cold-induced vasodilation of finger, 17th Congress of the European College of Sport Science, 2012. 07 (Bruges, Belgium)

② SUGAWARA, M. : Study of physiological responses of thermoregulatory, hormonal, and immune in track and field and swimming athletes with spinal cord injury in hot and cold environments, 16th Congress of the European College of Sport Science, 2011. 07 (Liverpool, United Kingdom)

③ 管原正志: 水温の違いによる寒冷血管拡張反応とその評価に関する検討、第 21 回体力・栄養・免疫学会、2011年8月(東京都)

④ 管原正志: 手指の寒冷血管拡張反応に見られた加齢の特性、2010年8月(青森県中津軽郡)

⑤ 管原正志: 中強度の運動時における脚部冷却の効果、第 65 回日本体力医学会、2010年9月(千葉市)

[図書] (計 件)

[産業財産権]

○出願状況(計 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 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)
長崎大学・教育学部・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・水産・環境科学総合研究科・教授
研究者番号: 10136624

(3) 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

(4) 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