

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2009

課題番号：19500566

研究課題名（和文）

脊髄損傷陸上・水泳競技者の暑熱・寒冷環境下における体温調節、ホルモン及び免疫応答

研究課題名（英文）

Studies of physiological responses of thermoregulatory, hormonal, and immune in track and field and swimming athletes with spinal cord injury in hot and cold environments

研究代表者

管原 正志（SGAWARA 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）：

本研究は、暑熱・寒冷環境下での脊髄損傷陸上および水泳競技者に対する運動ストレスが体温調節反応、ホルモン反応、免疫反応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、脊髄損傷の男子車椅子長距離競技者5名（車椅子陸上競技者）及び脊髄損傷の男子水泳競技者5名（脊髄損傷水泳競技者）、健康な男子大学長距離競技者5名（大学陸上競技者）及び男子大学水泳競技者5名（大学水泳競技者）である。測定時期は、2007年9月及び12月～2月と2008年9月～12月、2009年は9月と12～3月である。測定条件は、2007年は28℃、60%RHの人工気象室で運動負荷した。2008年は28℃、60%RHの人工気象室でコントロールチュービングスーツ内の温度負荷を15℃の冷水及び42℃の温水を循環させる条件下で運動負荷した。2007年および2008年の運動負荷は、arm crankingエルゴメータを用い60%Vo2maxで60分間実施した。2009年は、400m陸上競技場及び50m室内プールで実施した。夏季の環境温度は、陸上競技場が気温27℃、WBGT29℃、室内プールが水温30℃、WBGT28℃であった。冬季の環境温度は、陸上競技場が気温12℃、室内プールが水温32℃であった。陸上運動は10,000m走を車椅子陸上競技者が25分以内、大学陸上競技者が45分以内、水泳運動は1,000mを自由形で脊髄損傷水泳競技者、大学水泳競技者ともに40分以内で終了するようにした。測定項目は、体温調節系（発汗量、食道温、平均皮膚温、浸透圧など）、ホルモン（カテコールアミン）、免疫（好中球の活性酸素産生能）である。結果は、以下に示した。

A. 暑熱順応下（夏季）における運動負荷では、体温調節系反応、ホルモン反応において、車椅子陸上競技者及び脊髄損傷水泳競技者と大学陸上競技者及び大学水泳競技者の各群間に差異がなかった。しかし、免疫反応は、陸上運動で車椅子陸上競技者が大学陸上競技者より亢進傾向が示された。寒冷順応下（冬季）における運動負荷では、各群間に差異がなかった。

B. 全身をコントロールチュービングスーツで15℃（冷水）と42℃（温水）暴露下での運動負荷での体温調節系、ホルモン、免疫の各反応は、冷水において各群間に差異を認めなかった。温水では、車椅子陸上競技者及び脊髄損傷水泳競技者が大学陸上競技者及び大学水泳競技者より体温調節系反応が劣る傾向にあった。免疫反応は、群間に差異がなかった。

C. 競技形態下での夏季の体温調節系反応は、車椅子陸上競技者が脊髄損傷水泳競技者より劣る傾向であった。冬季において各群間に差異がなかった。

以上の結果は、脊髄損傷車椅子運動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、その対策として冷却ジャケット等での対策が望まれる。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重要である。

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 track and field and swimming athletes with spinal cord injury. The subjects consisted of 5 male wheelchair long-distance athletes with spinal cord injury (wheelchair long-distance athlete group: WLG), 5 male wheelchair-using swimming athletes with spinal cord injury (wheelchair-using swimming athlete group: WSG), 5 healthy male college long-distance athletes (school long-distance athlete group: SLG), and 5 healthy male college swimming athletes (school swimming athlete group: SSG). Informed consent was obtained from all subjects. The measurement periods were September 2007 and December–February in 2007/2008, September–December 2008, and September 2009 and December–March 2009/2010. In 2007, exercise was performed in a climatic chamber at a temperature of 28°C with 60% RH. In 2008, exercise was performed in a climatic chamber (28°C, 60% RH) while hot (42°C) or cold (15°C) water was circulated through a control tubing suit. In 2007 and 2008, exercise was performed using an arm cranking ergometer at 60%Vo<sub>2</sub>max for 60 minutes. In 2009 and 2010, exercise was performed on a 400-m track or in a 50-m indoor pool. Concerning the environmental temperature in summer, the air temperature and WBGT of the track were 27 and 29°C, respectively, and the water temperature and WBGT in the indoor pool were 30 and 28°C, respectively. In winter, the air temperature of the track was 12°C, and the water temperature in the indoor pool was 32°C. As track and field exercise, completing a 10,000-m distance within 25 minutes was used for WLG and that within 45 minutes for SLG. As swimming exercise, a 1,000-m freestyle swim within 40 minutes was used for both WSG and SSG. The measurement items were thermoregulatory parameters (such as the perspiration rate, esophageal temperature, mean skin temperature, and osmotic pressure), a hormone (catecholamine), and an immunological parameter (reactive oxygen production by neutrophils). The results were as follows:

A. After exercise in a hot environment (summer), no differences were observed in the thermoregulatory or hormonal responses among WLG, WSG, SLG, and SSG. However, immune responses tended to increase more in WLG than in SLG. After exercise in a cold environment (winter), no difference was observed among the 4 groups.

B. After exercise at 15(cold water) or 42°C (warm water) using the control tubing suit, no differences were observed in thermoregulatory, hormonal, or immune responses among the 4 groups. Using warm water, thermoregulatory responses tended to be poorer in WLG and WSG than in SLG and SSG. Immune responses did not differ among the 4 groups.

C. In summer, thermoregulatory responses after the track/swimming event tended to be poorer in WLG than in WSG. In winter, no differences were observed among the 4 groups.

These results 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
2007年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2008年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

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

脊髄損傷者の運動・スポーツに対する関心は高まり、車椅子による競技人口が増加している。生体が暑熱・寒冷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・寒冷環境下における脊髄損傷競技者について、運動形態の異なる車椅子長距離競技者及び水泳競技者の運動時における体温調節能や免疫を中心とする恒常性維持機序については、いまだ十分に解明されていない。

2. 研究の目的

生体が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、環境に対する適応機転が図られる。ところが感染症や外傷、強い運動ストレス状態により恒常性維持機構が破綻し死に至る機序として、サイトカインの分泌が亢進し高サイトカイン血症が惹起され、炎症反応が全身に波及する。この際、末梢血中の白血球の過半数を占める好中球は、通常は比較的不活性な状態にあるものが、サイトカイン等の血中濃度上昇によって刺激応答性が増した状態へと移行し（プライミング現象）、さらにプライミングされた好中球が生体内で何らかの刺激を受けると活性酸素（フリーラジカル）やリゾゾーム酵素を放出して循環障害や組織障害などの生活習慣病や熱障害による熱中症を惹起するとされている。

これまで健常者の寒冷下運動負荷での体温調節反応と末梢血管反応や暑熱環境下でのスポーツ活動中の水分摂取と体温調節反応についての観察や、車椅子競技者の寒冷環

境下での運動負荷時における体温調節反応と末梢血管調節反応により運動経験年数によって耐寒性の獲得に差異があることを認め自律神経調節系もこれに同調していることを報告してきた。本研究では、暑熱・寒冷環境下での脊髄損傷で陸上と水泳競技者（車椅子長距離競技者、水泳競技者）、比較対象として健康な大学生の長距離競技者と水泳競技者との体温調節反応、浸透圧、ホルモン及び免疫の動態を比較検討し、脊髄損傷により下肢に麻痺が生じた、障害者の運動ストレスにおける恒常性維持機序について、①夏季と冬季に中性温度環境下にて相対的運動、②温度コントロールチュービングスーツ着用による暑熱・寒冷暴露下での運動、そして③夏季と冬季に競技形態（陸上トラック、室内プール）での運動について実施し、体温調節反応、浸透圧、ホルモン及び免疫の動態について明らかにする。従って、暑熱・寒冷環境下での運動系・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「暑熱と寒冷障害対策」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

被験者は、研究の主旨を十分に説明した上で同意を得た、脊髄損傷の男子車椅子長距離競技者 5 名（車椅子陸上競技者：WLG）及び脊髄損傷の男子水泳競技者 5 名（脊髄損傷水泳競技者：WSG）、健康な男子大学長距離競技者 5 名（大学陸上競技者：SLG）及び男子大学水泳競技者 5 名（大学水泳競技者：SSG）を対象とした。

(2) 測定時期

測定は、平成 19 年度 9 月及び 12~2 月と平成 20 年度 9~12 月、平成 21 年度は 9 月と 12~3 月にそれぞれ実施した。

(3) 測定条件

測定は、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 19 年度は、長袖シャツにトレーニングパンツで人工気象室内条件 35℃ (暑熱環境)、60%RH で 60 分間安静を保ち、その間の生体反応を測定した。次に、28℃ (温度中性域)、60%RH で arm cranking ergometer を用いた運動負荷を 60%Vo2max で 60 分間実施した。最大酸素摂取量 (Vo2max) は arm cranking エルゴメータ運動により漸増負荷法によって求めた。

平成 20 年度は、水着で人工気象室内条件 28℃、60%RH で 60 分間安静を保ち、その間の生体反応を測定した。次に、コントロールチュービングスーツ内の温度負荷を 15℃、42℃で arm cranking ergometer を用いた運動負荷を 60%Vo2max で 60 分間実施した。最大酸素摂取量 (Vo2max) は、arm cranking エルゴメータ運動により漸増負荷法によって求めた。

平成 21 年度は、400m 陸上競技場及び 50 m 室内プールにおいて夏季及び冬季に実施した。夏季の環境温度は、陸上競技場が気温 27℃、湿度 80%、WBGT 29℃、室内プールが水温 30℃、湿度 90%、WBGT 28℃であった。冬季の環境温度は、陸上競技場が気温 12℃、湿度 60%、室内プールが水温 32℃、湿度 88%であった。陸上運動はトレーニングウェア着用で 10,000m 走を車椅子競技者 25 分以内、大学陸上競技者 45 分以内、水泳運動は 1,000m を自由形で脊髄損傷水泳競技者、大学水泳競技者ともに 40 分以内で終了するようにした。

(4) 測定項目

測定項目は、心拍数、胸部と背部の発汗量 (水泳については体重変動によった) と皮膚血流量、平均皮膚温 (Tsk、全身 6ヶ所 (額・胸・腹・背・上腕・前腕) の皮膚温 (K923、Technol Seven) を計測し、面積比率を加重負荷した緒方の方法で求めた。)、酸素摂取量、食道温 (Tty) は 1 分間隔で記録し、5 分間の平均値とした。採血は、運動前後、回復 60 分経過時に行い、アドレナリン、ノルアドレナリン、ドーパミン、浸透圧、好中球の活性酸素産生能、血清総抗酸化能 (TAA) を測定した。また、発汗量は、50g 精度のデジタル体重計 (A&D、UC-300) 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

4. 研究成果

(1) 結果

表 1 に年齢、身長、体重、Vo2max を平均値 ± SD として示した。Vo2max に車椅子陸上競技者 (WLG) 及び脊髄損傷水泳競技者 (WSG)、大学陸上競技者 (SLG) 及び大学水泳競技者 (SSG) 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
WLG (N=5)	mean	35.7	162.4	52.4	2.94
	SD	±8.1	±3.2	±2.3	±1.86
WSG (N=5)	mean	32.1	164.3	53.5	3.01
	SD	±4.3	±4.1	±3.8	±2.08
SLG (N=5)	mean	21.3	167.2	54.8	3.17
	SD	±1.8	±2.4	±4.1	±0.99
SSG (N=5)	mean	21.2	171.70	61.1	3.18
	SD	±1.5	±2.1	±4.1	±1.04

WLG : 車椅子陸上競技者  
WSG : 脊髄損傷水泳競技者  
SLG : 大学陸上競技者  
SSG : 大学水泳競技者

2007 年の結果によると、夏季における運動負荷時の体温調節諸反応は発汗量、皮膚血流量、食道温 (図 1)、産熱量、カテコールアミン、免疫反応等において、脊髄損傷者の車椅子長距離競技者及び水泳競技者と大学生の長距離競技者及び水泳競技者との差異が認められた。

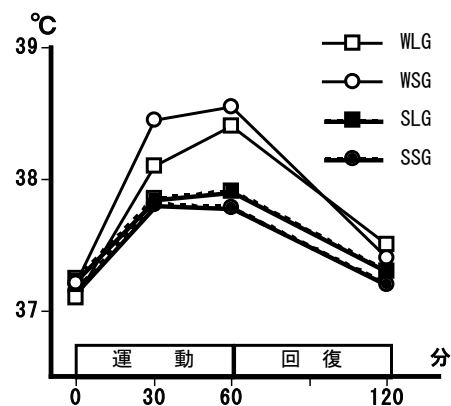


図 1 中性温域 (28℃) での食道温変化 (2007夏)  
WLG : 車椅子陸上競技、WSG : 脊髄損傷水泳競技  
SLG : 大学陸上競技、SSG : 大学水泳競技

また、好中球より見た免疫反応は、脊髄損傷車椅子競技者が大学生競技者より亢進していた。冬季における運動負荷時の体温調節諸反応は、脊髄損傷者の車椅子長距離競技者及び水泳競技者と、大学生の長距離競技者及び水泳競技者とに差異が認められなかった。同様に、陸上競技者と水泳競技者の間、脊髄損傷者と大学生との陸上・水泳競技者間での差異については、認められなかった。更に、35℃（暑熱環境）での安静における生体反応に差異はなかった。

暑熱順応下では体温調節の感受性や熱産生反応は、大学生競技者が脊髄損傷車椅子競技者より強い傾向であり、競技者のレベルでは脊髄損傷の体温調節が大学生より劣る傾向であった。

2008年の結果によると、安静時の各測定項目は脊髄損傷者（車椅子長距離競技者、）と大学生（長距離競技者及び水泳競技者）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、15℃冷水暴露の発汗量、皮膚血流量、産熱量、平均皮膚温、カテコールアミンは、脊髄損傷者と大学生ともに運動、回復において差異を認めなかった。

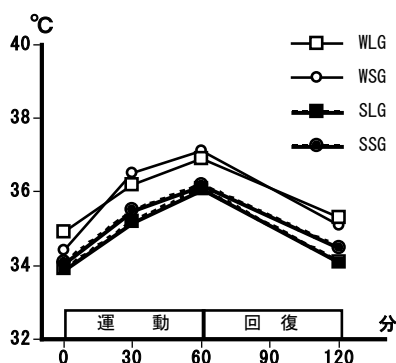


図2 温度コントロールスーツ着用42℃温水循環による平均皮膚の変化(2008)  
WLG: 車椅子陸上競技, WSG: 脊髄損傷水泳競技  
SLG: 大学陸上競技, SSG: 大学水泳競技

しかし、42℃温水暴露は、脊髄損傷者が大学生より平均皮膚温（図2）等の体温調節反応が劣る傾向にあった。

活性酸素産生能は脊髄損傷者と大学生との差はないが、運動経過とともに増加傾向にあったのは冷水水いずれの条件でも同様であった。運動中の生体反応は、冷水暴露下では脊髄損傷者、大学生ともに差異はないが、温水暴露下での体温調節の感受性や熱産生反応は、脊髄損傷者が大学生より劣る傾向であり、脊髄損傷が暑熱下運動時の体温調節に影響を及ぼしていることが示唆された。

2009年の結果によると、安静時の体温調節反応は夏季と冬季、脊髄損傷者（車椅子競技者及び水泳競技者）と大学生（陸上競技者及び水泳競技者）ともに大きな差異はなかつ

た。運動負荷による体温調節反応は、車椅子競技者と大学陸上競技者の夏季で運動前後の発汗量と平均皮膚温、産熱量、深部体温等について車椅子競技者が大学陸上競技者より劣る傾向であったが、カテコールアミン（ノルアドレナリン、図3）には脊髄損傷者と大学生ともに運動、回復において差異を認めなかった。冬季では、車椅子競技者、大学陸上競技者ともに差異がなかった。また、脊髄損傷水泳競技者と大学水泳競技者の比較では、夏季と冬季において運動や回復において差異は認められなかった。

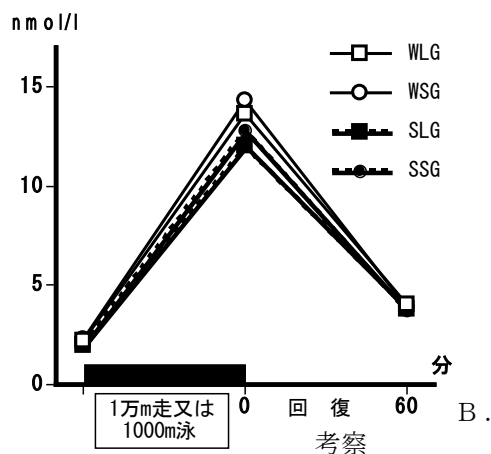


図3 夏季における1万m走, 1000m泳時及び回復60分後のノルアドレナリンの変化(2009)  
WLG: 車椅子陸上競技, WSG: 脊髄損傷水泳競技  
SLG: 大学陸上競技, SSG: 大学水泳競技

活性酸素産生能（図4）については、全ての競技者で差異は認められなかった。脊髄損傷競技者の体温調節反応は、夏季の陸上運動において健常者との差異があるが、水泳運動では健常者との違いは認められなかった。

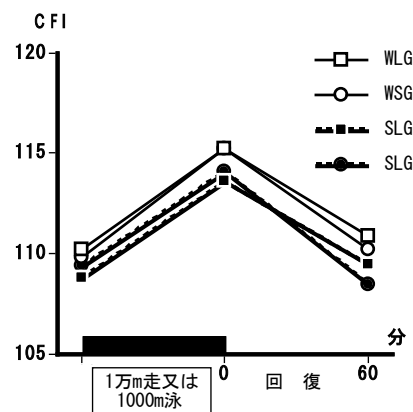


図4 夏季における1万m走, 1000m泳時及び回復60分後の好中球の活性酸素種総産生能の変化(2009)  
WLG: 車椅子陸上競技, WSG: 脊髄損傷水泳競技  
SLG: 大学陸上競技, SSG: 大学水泳競技

## (2) 考察

本研究での車椅子陸上競技者、脊髄損傷水泳競技者は、運動経験年数は比較的長く、最大酸素摂取量から見ても健常者である大学陸上競技者、大学水泳競技者と差異がなかった。脊髄損傷による体温調節能への影響が、高温環境下で顕著に見られたのは、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、それが食道温（深部体温）や平均皮膚温の上昇とも関係があり、脊髄損傷が暑熱下運動時の体温調節に少なからず影響を及ぼしていることが示唆され、暑熱下での車椅子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温度の高い時間帯を避けるなどの工夫が望まれる。

また、活性酸素種総産生能は、環境温度に関係なく運動により亢進していた。活性酸素種総産生能は、運動後に増加する場合や減少する場合があります、負荷の程度やその時のストレスにより異なることが推察される。

## (3) まとめ

本研究は、暑熱・寒冷環境下での脊髄損傷陸上および水泳競技者に対する運動ストレスが体温調節反応、ホルモン反応、免疫反応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、脊髄損傷の男子車椅子長距離競技者5名（車椅子陸上競技者）及び脊髄損傷の男子水泳競技者5名（脊髄損傷水泳競技者）、健康な男子大学長距離競技者5名（大学陸上競技者）及び男子大学水泳競技者5名（大学水泳競技者）である。測定時期は、2007年9月及び12月～2月と2008年9月～12月、2009年は9月と12～3月にそれぞれ実施した。測定条件は、2007年は28℃、60%RHの人工気象室で運動負荷した。2008年は28℃、60%RHの人工気象室でコントロールチュービングスーツ内の温度負荷を15℃の冷水及び42℃の温水を循環させる条件下で運動負荷した。2007年および2008年の運動負荷は、arm cranking エルゴメータを用い60%Vo<sub>2max</sub>で60分間実施した。2009年は、400m陸上競技場及び50m室内プールで実施した。夏季の環境温度は、陸上競技場が気温27℃、WBGT29℃、室内プールが水温30℃、WBGT28℃であった。冬季の環境温度は、陸上競技場が気温12℃、室内プールが水温32℃であった。陸上運動は10、000m走を車椅子陸上競技者25分以内、大学陸上競技者45分以内、水泳運動は1、000mを自由形で脊髄損傷水泳競技者、大学水泳競技者ともに40分以内で終了するようにした。測定項目は、体温調節系（発汗量、食道温、平均皮膚温、浸透圧など）、ホルモン（カテコールアミン）、免疫（好中球の活性酸素産生能）である。

①暑熱順応下（夏季）における運動負荷で

は、体温調節系反応、ホルモン反応において、車椅子陸上競技者及び脊髄損傷水泳競技者と大学陸上競技者及び大学水泳競技者の4群間に差異がなかった。しかし、免疫反応は、陸上運動で車椅子陸上競技者が大学陸上競技者より亢進傾向が示された。寒冷順応下（冬季）における運動負荷での体温調節系、ホルモン、免疫の各反応は、車椅子陸上競技者及び脊髄損傷水泳競技者、大学陸上競技者及び大学水泳競技者の各群間に差異がなかった。

②全身をコントロールチュービングスーツで15℃（冷水）と42℃（温水）暴露下での運動負荷での体温調節系、ホルモン、免疫の各反応は、冷水において車椅子陸上競技者、脊髄損傷水泳競技者と大学陸上競技者及び大学水泳競技者の4群間に差異を認めなかった。温水では、車椅子陸上競技者、脊髄損傷水泳競技者が大学陸上競技者及び大学水泳競技者より体温調節系反応が劣る傾向にあった。免疫反応は車椅子陸上競技者、脊髄損傷水泳競技者と大学陸上競技者及び大学水泳競技者の各群間に差異がなかった。

③競技形態下での夏季の体温調節系反応は、車椅子陸上競技者が脊髄損傷水泳競技者より劣る傾向であった。冬季の体温調節系、ホルモン、免疫の各反応は、車椅子陸上競技者、脊髄損傷水泳競技者、大学陸上競技者及び大学水泳競技者の各群間に差異がなかった。

以上の結果は、脊髄損傷車椅子運動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、その対策として冷却ジャケット等での対策が望まれる。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る。

## (4) 参考文献

- ①緒方維弘（1970）：日本人の耐寒性とその測定法，日本人の適応能．講談社，東京，18-31.
- ②山田敏男，佐藤尚武，田中信雄，千賀康利，長谷川豪志，辻忠，堀清記（1978）：運動鍛錬者と非鍛錬者との耐熱性の比較．体力科学，27，56-63.
- ③Scott, J.M. and Edwaed, F.C(1992) : Fluid ingestion during exercise increases skin blood flow independent of increases in blood volume., J. Appl. Physiol., 73(3), 903-910.
- ④Suzuki, K., Naganuma, S. and Totsuka, M. (1996) : Effects of exhaustive endurance exercise and its one-week daily repetition on neutrophil count and functional status in untrained men. Int. J. Sports Med., 17:205-212.
- ⑤Suzuki, K., Sato, H. and Kikuchi, T. (1996) : Capacity of

circulation neutrophils to produce reactive oxygen species after exhaustive exercise. *J. Appl. Physiol.*, 81:1213-1222.

- ⑥中井誠一, 朝山正己, 花輪啓一, 菅原正志 (1999): ジュニア期の夏期トレーニングに関する研究-第2報-3-3 夏期における高校野球の練習および競技会の実態. 平成10年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, 74-94.
- ⑦中井誠一, 朝山正己, 菅原正志, 田中英登, 小松裕 (1999): ジュニア期の夏期トレーニングに関する研究-第2報-3-3 夏期における高校野球の練習および競技会の実態. 平成10年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, 74-94.
- ⑧菅原正志, 田井村明博, 大渡伸, 上平憲 (1999): 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, 140-147.
- ⑨菅原正志, 田井村明博 (2000): 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, 39-45.
- ⑩菅原正志, 金ヶ江光生 (2000): ジュニア期における夏季スポーツ活動時の水分補給の実態-野球とバレーボールの検討-. *体力栄養免疫学雑誌*, 10, 82-90.
- ⑪Sugawara, M. and Taimura, A. (2001): Influence of radiant heat during exercise in a hot environment, *Exercise and Sports Physiology*, 7(4), 165.
- ⑫田中英登, 大貫義人, 菅原正志 (2001): ジュニア期の夏期スポーツ活動に関する研究-第1報-5. 小・中学生における夏期剣道練習時の脱水率実態調査. 平成12年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, 27-31.
- ⑬菅原正志 (2002): ジュニア期の夏期スポーツ活動に関する研究-第2報-中学生・高校生の夏期バレーボール練習時の水分補給の実態. 平成13年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, 126-132.
- ⑭Sugawara, M. and Taimura, A. (2002): Influence of aerobic performance on thermoregulation responses and catecholamines during exercise in a cold environment. 5<sup>th</sup> Asian federation of Sports Med. Congress, 95-96.
- ⑮菅原正志, 田井村明博 (2003): ジュニア期における夏季バレーボール練習時の飲水量調査. *体力・栄養・免疫学雑誌*, 13, 56-64.
- ⑯Taimura, A., Matsunami, M., Sugawara, M., Taguchi, M. and Taba, S. (2008): Sweat loss and fluid intake during swimming training in winter and summer at an indoor swimming pool.: A field study, Proc. of the 1st International Scientific Conference of

Aquatic Space Activities, 227-232.

- ⑰Sugawara, M., Taimura, A. (2008): Effects of exercise training on heat-induced vasoconstriction and cold-induced vasodilation in the finger, 13th Annual Congress of the Eur. College of Sports Sci., 220-221.
- ⑱Taimura, A., Matsunami, M., Nakagaichi, M. and Sugawara, M. (2009): The relationship between finger skin temperature and thermal sensation during cold water immersion, 14th Annual Congress of the Eur. College of Sports Sci., 255-256.
- ⑲菅原正志 (2010): 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.

## 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7件)

- ①田井村明博, 中川淑子, 松波勝, 菅原正志: 低水温環境における高濃度人工炭酸泉が血液循環に及ぼす影響、*体力・栄養・免疫学雑誌*, 17(2)、144-145、2007。
- ②TAIMURA, A., MATSUNAMI, M., SUGAWARA, M., TAGUCHI, M. and Taba, S.: Sweat loss and fluid intake during swimming training in winter and summer at an indoor swimming pool.: A field study, Proc. of the 1st International Scientific Conference of Aquatic Space Activities, 227-232, 2008.
- ③SUGAWARA, M., TAIMURA, A.: Effects of exercise training on heat-induced vasoconstriction and cold-induced vasodilation in the finger, 13th Annual Congress of the Eur. College of Sports Sci., 220-221, 2008.
- ④菅原正志: 運動鍛錬者の喫煙習慣が手指の寒冷血管拡張反応に及ぼす影響、長崎大学教育学部紀要、自然科学、76、21-26、2008。
- ⑤TAIMURA, A., MATSUNAMI, M., NAKAGAICHI, M. and SUGAWARA, M.: The relationship between finger skin temperature and thermal sensation during cold water immersion, 14th Annual Congress of the Eur. College of Sports Sci., 255-256, 2009.
- ⑥SUGAWARA, M. and TAIMURA, A.: Effects of a custom-made mouth guard on the muscle strength and power, 14th Annual Congress of the Eur. College of Sports Sci., 44-45, 2009.
- ⑦菅原正志: 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、2010。

〔学会発表〕(計5件)

- ①管原正志：熱中症による長崎市消防局救急車出動の過去3年間の実態、第62回日本体力医学会、2007年9月(秋田市)
- ②管原正志：禁煙期間の違いが手指の寒冷血管拡張反応に及ぼす影響、第63回日本体力医学会、2008年9月(大分市)
- ③SUGAWARA, M. : Effects of exercise training on heat-induced vasoconstriction and cold-induced vasodilation in the finger, 13th Congress of the European College of Sport Science, 2008.06 (Estoril, Portugal)
- ④管原正志：素足での運動習慣が突起物による足裏刺激に及ぼす温熱効果、第64回日本体力医学会、2009年9月(新潟市)
- ⑤SUGAWARA, M. : Effects of a Custom-made mouth guard on the muscle strength and power, 14th Congress of the Eur. College of Sport Science, 2009.06 (Oslo, Norway)

## 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・環境科学部・教授  
研究者番号：10136624

### (3) 研究分担者

中垣内 真樹 (NAKAICHI MAKI)  
長崎大学・大学機能開発センター・准教授  
研究者番号：10312836

### (4) 研究分担者

上平 憲 (KAMIHIRA SHIMERU)  
長崎大学・大学院医歯薬学総合研究科・教授  
研究者番号：80108290

### (5) 研究分担者

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

### (6) 連携研究者

( )

研究者番号：