

令和 6 年 6 月 27 日現在

機関番号：37201

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2023

課題番号：18K10878

研究課題名（和文）暑熱環境下における脊髄損傷運動実践者の熱障害予防ガイドライン策定に関する研究

研究課題名（英文）Studies on heat injury prevention guideline of athletes with spinal cord injury under summer heat environment

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） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、脊髄損傷運動実践者の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。本研究の成果より、暑熱環境下での運動時における体温調節の感受性や熱産生反応は、脊髄損傷運動実践者が健常運動実践者より劣ってお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た。暑熱下での脊髄損傷運動実践者の運動に際しては、熱障害発生の予防として身体を冷却するジャケットの着用、体重の減少を2%未満、水分補給率を80%以上、脱水率を1%未満にするなどの対策や温度の高い時間帯を避けるなどの工夫が望まれる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

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能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（頸髄・胸髄・腰髄）によりスポーツ活動時の発汗機能が異なる脊髄損傷運動実践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を明らかにすることは意義がある。

研究成果の概要（英文）：This study was carried out to clarify characteristics of responses of thermoregulation and other physiological responses in wheelchair athletes with spinal cord injury during exercise in a hot environment to avoid heatstroke. The sensitivity of thermoregulation during exercise was lower in the wheelchair athletes than in normal college students in the indoor and exercise situations, probably because spinal cord injury has a considerable effect on thermoregulation during exercise in a hot environment. When wheelchair athletes exercise in a hot environment, special precautions such as a sufficient fluid intake and avoiding hot hours are recommended to avoid heatstroke.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：脊髄損傷運動実践者 暑熱環境 体温調節反応 熱障害予防 水分補給

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、脊髄損傷者の運動・スポーツへの関心が高まり、車椅子等による身体活動が日常生活に定着しつつある。しかし、脊髄損傷運動実践者が高温環境下の身体活動中に発生する「暑熱障害」による不慮の事故発生が近年多発傾向にあり危惧され、実態の把握とガイドライン策定のためのエビデンスが求められる。

2. 研究の目的

障がい者の行動は、その種別にかかわらず制限を伴うことで、活動不足により健康が損なわれることが多く積極的な運動が望まれる。近年、脊髄損傷者の運動・スポーツへの関心が高まり、車椅子等による身体活動が日常生活に定着しつつある。しかし、脊髄損傷運動実践者が高温環境下の身体活動中に発生する「暑熱障害」による不慮の事故発生が近年多発傾向にあり危惧される。

本研究では、総数 100 万人とされる脊髄損傷者の「障害の程度に応じた機能を維持する期間」の延伸と生活の質向上を目的として、脊髄損傷運動実践者の暑さに対する抵抗性の特徴を明らかにして、暑熱障害の予防ガイドラインを策定し脊髄損傷者の生活の質 (QOL) の向上に寄与できる。

3. 研究の方法

研究は、脊髄損傷運動実践者の暑熱環境下での身体活動に伴う「体温調節反応、内分泌及び免疫の動態に関する検討」を 暑熱環境適応状態(夏季)で中性温度条件下(温度コントロール室)において相対的運動負荷時の観察、中性温度環境下(温度コントロール室)及び下肢温浴(42℃)暑熱暴露下での観察、また 暑熱適応下(夏季)での運動形態(屋外運動、室内運動)での飲水量の実態調査及び体温調節反応の観察である。

(1) 対象者として、A は脊髄損傷運動実践者 5 名(脊髄損傷者で車椅子バスケットボール運動実践者 30 歳代)と対照者として健常運動実践者 5 名(健康なバスケット運動実践者で 20 歳代大学生)である。B は脊髄損傷運動実践者 7 名(脊髄損傷者で車椅子陸上競技運動実践者 30 歳代の 5 名及び脊髄損傷者で車椅子テニス運動実践者 30 歳代の 2 名)と対照者として健常運動実践者 4 名(健康な陸上競技運動実践者で 20 歳代大学生)である。C については、30 歳代の脊髄損傷運動実践者 12 名(車椅子陸上競技 5 名、車椅子バスケット 5 名、車椅子テニス 2 名)及び対照者として 20 歳代の健常運動実践者 5 名(陸上競技 3 名、テニス 2 名)である。対象者は、全て男子で研究の主旨を十分に説明した上で同意を得た。

(2) 時期は、7 月より 10 月の 10 時より 14 時の間に実施した。

(3) 測定条件及び測定項目は、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とし、室温 35℃ (暑熱環境)で 60 分間安静を保ち、その間の生体反応測定。次に室温 28℃ (温度中性域)で arm cranking ergometer を用い、運動を 50%Vo₂max の負荷で 30 分間実施した。室温 28℃ (温度中性域)で下肢温浴(42℃)を 60 分間実施した。

及び D の測定項目は、全身 6ヶ所の皮膚温、胸部と背部の皮膚血流量、心拍数、酸素摂取量、鼓膜温、乳酸、ヘマトクリット値、カテコールアミン、好中球の活性酸素種産生能、血清総抗酸化能、体重である。C については、スポーツ活動の現場において実施し、測定項目として運動前後の体重及び鼓膜温度、運動中の飲水量調査である。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、

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 により算出した。

4. 研究成果

(1) 対象者の特性

対象者の特性は、表1に年齢、身長、体重、Vo2maxについて平均値±SDとして示した。Vo2maxに脊髄損傷運動実践者と健常運動実践者の有意な違いは認められなかった。

表1 被験者の特性

| | | 年齢 | 身長 | 体重 | VO2max | |
|--------|-------------|------|-------|-------|--------|-------|
| | | yr | cm | kg | l/min | |
| ①運動群 | 車椅子群 (N=5) | mean | 35.2 | 161.8 | 52.1 | 2.81 |
| | | SD | ±10.5 | ±5.3 | ±5.8 | ±2.07 |
| | 健常群 (N=5) | mean | 23.2 | 168.3 | 56.4 | 3.02 |
| | | SD | ±12.5 | ±4.8 | ±4.9 | ±2.07 |
| ②暑熱群 | 車椅子群 (N=7) | mean | 36.5 | 162.8 | 53.2 | 2.92 |
| | | SD | ±10.5 | ±7.5 | ±5.3 | ±3.02 |
| | 健常群 (N=4) | mean | 21.4 | 167.3 | 56.8 | 3.03 |
| | | SD | ±1.3 | ±5.3 | ±5.8 | ±2.07 |
| ③飲水調査群 | 車椅子群 (N=12) | mean | 35.5 | 158.2 | 49.5 | 2.89 |
| | | SD | ±3.4 | ±4.2 | ±2.8 | ±1.64 |
| | 健常群 (N=5) | mean | 20.4 | 168.8 | 55.8 | 3.12 |
| | | SD | ±3.4 | 170.5 | ±3.4 | ±1.64 |

(2) 温熱環境下での運動負荷時の生体反応

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、カテコールアミンにおいて、脊髄損傷運動実践者と健常運動実践者との若干の差異が認められ、鼓膜温の上昇と皮膚温の上昇が脊髄損傷運動実践者に大きい傾向であった。更に、活性酸素産生能、血清総抗酸化能(TAA)は、脊髄損傷運動実践者が健常運動実践者より亢進の傾向を示していた。また、35(暑熱環境)での安静における生体反応に脊髄損傷運動実践者と健常運動実践者に差異はなかった。暑熱順応下の脊髄損傷運動実践者の体温調節の感受性や熱産生反応では、健常運動実践者より劣る傾向であった。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～第三腰椎より出発し、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が傷害されると障害部位に対応した分節レベルの領域に無汗の部位がみられることから、脊髄損傷運動実践者の運動時の身体冷却の必要性が示唆される。

(3) 暑熱環境下での生体反応

安静時の脊髄損傷運動実践者(7名)と健常運動実践者(4名)との各測定値については、脊髄損傷運動実践者と健常運動実践者ともに同レベルで差異は無かった。下肢温浴(42℃)の各測定項目については、脊髄損傷運動実践者が健常運動実践者より平均皮膚温、皮膚血流量、鼓膜温の上昇が大きく、体温調節反応の差異が顕著であった。活性酸素産生能、血清総抗酸化能(TAA)は脊髄損傷運動実践者と健常運動実践者との差はないが、経過とともに増加傾向にあった。下肢温浴下での体温調節の感受性や熱産生反応は、脊髄損傷運動実践者が健常運動実践者より鈍い傾向であり、脊髄損傷運動実践者に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

たが、温熱性発汗は、脊髄損傷により発汗神経が傷害されると障害部位に対応した分節レベルの領域に無汗の部位を認められることから、脊髄損傷の運動実践が発汗機能に有効であることが示唆される結果となった。

(4) 暑熱環境下での運動時水分補給負荷

「暑熱適応下(夏季)での運動形態別による活動中の飲水量及び体温調節反応」について熱中症発生危険度の高い環境温(WBGT28.2)で実施された結果、水分補給率は車椅子陸上競技 65.2%、車椅子バスケット 60.5%、車椅子テニス 60.5%に対し、健常者陸上競技 85.6%、健常者テニス 82.4%であった。脱水率は、車椅子陸上競技 1.8%、車椅子バスケット 2.2%、車椅子テニス 2.1%に対し、健常者陸上競技 1.1%、健常者テニス 1.2%であった。飲水頻度は時間当たり車椅子陸上競技 4.2回、車椅子バスケット 3.8回、車椅子テニス 2.1回、健常者陸上競技 5.1回、健常者テニス 2.3回であった(表2)。練習後の鼓膜温上昇は、車椅子運動実践者が健常者より高かった。体重減少量と鼓膜温上昇の相関係数は0.76であった。心拍数(拍/分)は車椅子運動実践者 132.6、健常運動実践者 128.6であった。対象となった車椅子運動実践者は、暑熱環境下での水分補給及び暑熱対策の対策が必要である。

表2 飲水調査群の水分補給率、脱水率

| | | 水分補給率 | 脱水率 | |
|--------|----------------|------------|--------------|---------------|
| | | % | % | |
| ③飲水調査群 | 車椅子群 (N=12) | mean SD | 63.2 ±5.6 | 2.03 ±0.84 |
| | 健常群 (N=5) | mean SD | 84.5 ±3.7 | 1.21 ±0.41 |

以上の結果より、暑熱環境下での運動時における体温調節の感受性や熱産生反応は、脊髄損傷運動実践者が健常運動実践者より劣っていたのは、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、暑熱下での脊髄損傷運動実践者の運動に際しては、熱障害発生の予防として身体を冷却するジャケットの着用、体重の減少を2%未満、水分補給率を80%以上、脱水率を1%未満にするなどの対策や温度の高い時間帯を避けるなどの工夫が望まれる。

<参考文献>

- 1) 丹羽健市、中井誠一、朝山正巳、平田耕造、花輪啓一、井川正治、平下政美、管原正志、伊藤静夫：運動時の環境温度と飲水量・発汗量及び体温に関する実態調査、体力科学、45、9(1)、151-158、1996。
- 2) 管原正志、田井村明博：暑熱環境下での運動時における輻射熱が生体に及ぼす影響、長崎大学教育学部紀要-自然科学、65、15-20、2001。
- 3) 管原正志、田井村明博：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(1)、56-64、2003。
- 4) 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、2010。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

| |
|--|
| 1. 発表者名 管原正志 |
| 2. 発表標題 暑熱環境下での車椅子テニス選手の練習時における水分補給 |
| 3. 学会等名 第29回体力・栄養・免疫学会 |
| 4. 発表年 2019年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------|---|--------------------------------|----|
| 研究分担者 | 甲木 秀典 (KATSUKI Hidenori) (00783375) | 西九州大学・健康福祉学部・講師 (37201) | |
| 研究分担者 | 山口 裕嗣 (YAMAGUCHI Yuji) (00826513) | 西九州大学・健康福祉学部・講師 (37201) | |

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| | |
|---------|---------|
| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|