

暑熱環境下における脊髄損傷競技者の発汗機能

管原 正志

(西九州大学健康福祉学部)

(2022年1月22日受理)

Studies of physiological responses of perspiration function in athletes with spinal cord injury in hot environments

Masashi SUGAWARA

Nisikyushu University, Faculty of Health and Social Welfare Sciences

(Accepted: January 22, 2022)

Abstract

The purpose of this study was to clarify the influences of exercise-related stress on thermoregulatory in hot environments in athletes with spinal cord injury of perspiration functional level. The subjects consisted of 8 male wheelchair athletes with spinal cord injury, 4 healthy male college athletes (SG). Informed consent was obtained from all subjects. The measurement periods were in each year September. Examination of the perspiration functional level carried out 30°C of arm cranking ergometer at 60% VO_2 max for 60 minutes by the artificial climate chamber of 30°C, RH 60%. The exercise was performed using an arm cranking ergometer at 60% VO_2 max for 30 minutes, in a climatic chamber while hot (35°C or 40°C) water was circulated through a control tubing suit. Ass track and field exercise, examination of movement with the track and field exercise of a summer was carried out for 60 minutes in the athletic field (WBGT 28°C) at the pace of a 24 km/hour of 8 male wheelchair athletes with spinal cord injury and 13 km/hour of SG. The measurement items were the perspiration rate, tympanic temperature and mean skin temperature. The results were as follows:

1. From the level of the perspiration function, 4 persons who were than 8 cord injury athletes' amount of average perspiration were made into the cord injury athlete (NG), 4 persons who were made into the cord injury athlete (LG), and the college student athlete was made into SG. About the amount of perspiration of each group, and the drying rate, the difference was accepted between the NG, LG, and SG.

2. The thermoregulatory response by thermal control tubing suit wear had [the perspiration function of 40°C warm water exposure, autonomic nerves, and internal secretion] the large rise of the average skin temperature of the LG which is inferior in a perspiration function, although NG and SG did not accept a difference.

3. As for the difference before and behind the movement load in the game form under summer heat environment (WBGT 28°C), the rise of tympanic temperature was suppressed for NG from LG in the amount of perspiration as a result which had more NG than LG.

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.

キーワード：脊髄損傷、暑熱環境、発汗機能

Key words : spinal cord injury, hot environments, perspiration function

1. 緒 言

生体が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¹⁻³⁾、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。

本研究は、脊髄損傷車椅子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」について測定を実施し、脊髄損傷競技者の暑熱環境下での生体負担を明らかにして「暑熱障害予防対策」に資することである。

2. 研究方法

(1) 対象者は、研究の主旨を十分に説明した上で同意を得た、脊髄損傷男子車椅子競技者8名及び健康な男子大学競技者4名（大学生競技者S群）を対象とした。脊髄損傷車椅子競技者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9より平成24年9月に実施した。

(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年は、人工気象室内を30℃（暑熱環境）、相対湿度60%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年は、人工気象室内を28℃（温度中性域）、相対湿度60%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℃、相対湿度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（車椅子）、大学生競技者S群は13Km/時（ランニング）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、発汗量（胸部と背部）、平均皮膚温（全身4か所（胸・腹・背・上腕）の皮膚温を計測し緒

方の方法⁴⁾で求めた)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、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
尚、統計的有意差検定はカイ二乗検定及びt検定を用いてP<0.05を有意水準とした。

3. 結果と考察

(1) 対象者の特性を表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群の統計的差異は認められなかった。

表1 対象者の特性

		年齢 yr	身長 cm	体重 kg	VO ₂ max L/min
N群	mean	38.1	161.8	48.9	3.06
(N = 4)	SD	±12.5	±5.3	±5.8	±2.07
L群	mean	35.3	162.8	51.2	2.92
(N = 4)	SD	±9.5	±7.5	±4.2	±3.11
S群	mean	21.6	169.7	53.6	3.61
(N = 4)	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) 発汗機能として温熱性発汗は、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群及び大学生競技者S群と、平均発汗量より少なかった4名の脊髄損傷

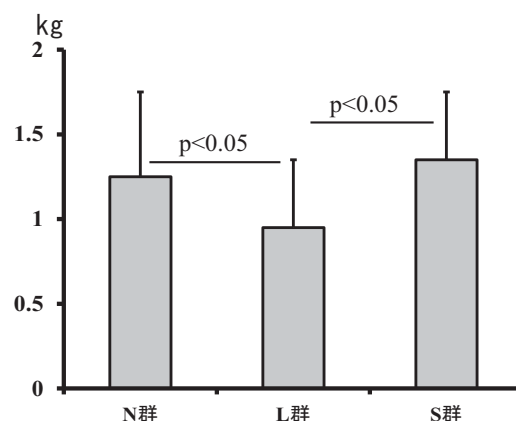


図1 暑熱環境(30℃)における運動時の発汗量

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

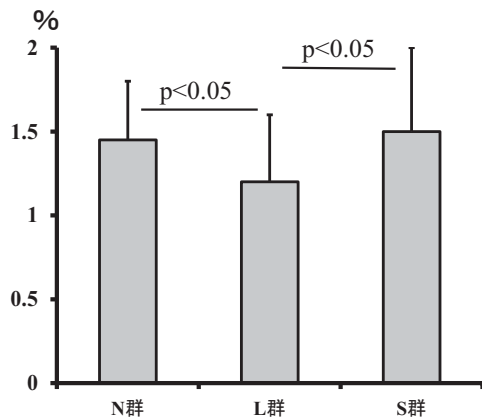


図2 暑熱環境 (30°C) における運動時の脱水率

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

競技者L群の間に差異 ($p < 0.05$) が認められた。

運動中の体温調節反応では、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、脊髄損傷競技者L群の発汗機能抑制の影響が推測された。

(3) 温度コントロールスーツ着用による反応については、安静時の体温調節反応の変化が、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。運動時については、40°C暴露の発汗機能は、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、図3の平均皮膚温でも明らかのように発汗機能が劣る脊髄損傷競技者L群の平均皮膚温が高かった ($p < 0.05$)。

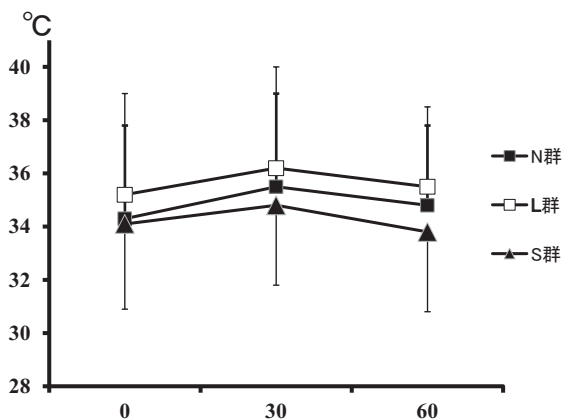


図3 温度コントロールスーツ着用40°C温水循環による平均皮膚温の変化

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) 夏季の競技形態 (陸上トラック) での反応については、暑熱環境下 (WBGT28°C) 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⁵⁾。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負荷前後の差は、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

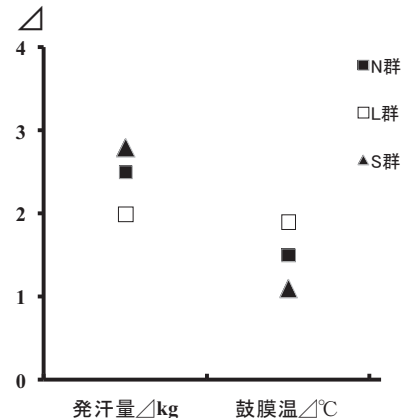


図4 夏季における60分走前後の発汗量と鼓膜温の変化 (偏差値)

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

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群が抑えられていた ($p < 0.05$)。

本研究での脊髄損傷競技者N群、脊髄損傷競技者L群の有酸素能力は、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た。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。

4. まとめ

本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の動態を明らかにすることである。対象者は、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車椅子競技者8名及び健康な男子大学競技者4名である。測定は、各年度9月に実施した。発汗機能レベルの検討は、30°C(暑熱環境)、相対湿度60%の人工気象室で arm cranking ergometer を60%VO₂max で60分間実施した。温度コントロールスーツ着用による温水暴露の検討は、35°C及び40°Cの温水をスーツ内に流し arm cranking ergometer にて60%VO₂max で30分間実施した。そして夏季の競技形態(陸上トラック)での運動の検討は、陸上競技場(WBGT28°C)で脊髄損傷競技者24Km/時(車椅子)、大学生競技者13Km/時(ランニング)のペースで60分間とした。測定項目は、発汗量、平均皮膚温、鼓膜温である。

1. 発汗機能のレベルより脊髄損傷車椅子競技者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、大学生競技者4名をS群とした。各群の発汗量、脱水率については、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た。

2. 温度コントロールスーツ着用による体温調節反応は、40℃温水暴露の発汗機能は、脊髄損傷競技者N群と大学生競技者S群ともに差異を認めなかったが、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かった。

3. 暑熱環境下(WBGT28℃)の競技形態での運動負荷前後の差は、発汗量で脊髄損傷競技者N群が脊髄損傷競技者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群が抑えられていた。

以上の結果は、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り、それが脊髄損傷者の quality of life (QOL) の向上の意義は大きい。

5. 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) 緒方維弘：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、1970.
- 5) 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.

本研究の一部は、科学研究費補助金、基盤研究C（平成22年～平成24年、課題番号：22500610）によるものである。