

上肢運動時における脊髄損傷者の鼓膜温及び皮膚温

石井好二郎* 山崎昌廣* 村木里志* 小村 堯*
 菊地邦雄* 宮側敏明** 藤本繁夫** 前田如矢***

TYMPANIC TEMPERATURE AND SKIN TEMPERATURES DURING UPPER LIMB EXERCISE IN PATIENTS WITH SPINAL CORD INJURY

KOJIRO ISHII, MASAHIRO YAMASAKI, SATOSHI MURAKI, TAKASHI KOMURA,
 KUNIO KIKUCHI, TOSHIKI MIYAGAWA, SHIGEO FUJIMOTO and KAZUYA MAEDA

Abstract

To clarify changes in body temperature during endurance exercise in patients with spinal cord injury (SCI), we measured tympanic temperature (Tty) and skin temperature in the head, arm, chest, thigh, shin and calf in 5 patients with SCI (T6-T12) and 7 normal controls during 30 minutes arm cranking exercise (20 watts) from 10 minutes before the initiation of exercise until 10 minutes after the termination of exercise in an artificial climate room at a temperature of about 25°C with a relative humidity of about 50%. The Tty in the SCI group was lower than that in the control group from 10 minutes before the initiation of exercise to 10 minutes after the termination of exercise with a significant difference only at the initiation of exercise. The difference in Tty slightly decreased with continuation of exercise. The Tty in the SCI group at rest was 36.05~37.15°C. Four patients in this group showed a decrease of 0.04~0.12°C in the early stage and an increase of 0.66°C ± 0.19 (mean ± SD) at the end of exercise over the value at the initiation of exercise.

The skin temperature was lower in the SCI group than in the control group in all sites excluding the arm. Significant differences were observed in the head in the early stage of exercise and after exercise, in the chest from 10 minutes before the initiation of exercise to 5 minutes after the termination of exercise, in the thigh from 10 minutes before the initiation of exercise to 10 minutes after the termination of exercise, in the shin 10 minutes and 5 minutes before the initiation of exercise, and in the calf from before to 15 minutes after the initiation of exercise. In the SCI group, marked individual differences were observed in the skin temperatures in the thigh, shin, and calf, suggesting specificity of the skin temperature response in and near the paralysis area.

Results in Tty in this study suggested no heat retention in the SCI patients. Therefore, the risk for heat disorders seems to be low during moderate or mild exercise under moderate temperature environment at a temperature of about 25°C with a relative humidity of about 50% even when the skin temperature is low, and thermolysis is not marked.

(Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med. 1995. 44 : 447~456)

key words : spinal cord injury, exercise, thermoregulation

I. 緒 言

運動時に体温が上昇することはよく知られていることであり、その機序、及び生理学的意義については数多くの研究がなされている。Nielsen¹⁾

はこの運動による体温の上昇を熱産生と熱放散の平衡が崩れたために起こるものではなく、筋運動を円滑に遂行するために調節されたものであるとしている。しかしながら、何らかの原因で自律神経系に障害を生じている場合、熱産生と熱放散の

*広島大学総合科学部健康科学
〒739 東広島市鏡山1-7-1

Department of Health Science, Faculty of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University, 1-7-1 Kagamiyama, Higashi Hiroshima-shi, Hiroshima 739, Japan

**大阪市立大学保健体育科研究室
〒558 大阪市住吉区杉本3-3-138

Department of Health Science and Physical Education, Osaka City University, 3-3-138 Sugimoto, Sumiyoshi-ku, Osaka-shi, Osaka 558, Japan

***武庫川女子大学文学部教育学科
〒663 西宮市池開町6-46

Department of Education, School of Letters, Mukogawa Womens' University, 6-46 Ikebiraki-cho Nishinomiya-shi, Hyogo 663, Japan

バランスを保つことが困難となる。脊髄損傷者 (SCI) は脊髄を損傷したことにより, しばしば自律神経障害の発現が見られる。体温調節障害は SCI にとって起立性低血圧と並び発現頻度の高い自律神経障害であり²⁾, リハビリテーションの進行や日常生活管理に支障を来すことも少なくない。

今や運動は SCI にとり, リハビリテーションの一環として, また, 残存機能のトレーニングとして, 欠くことのできないプログラムの一つとなっている。しかし, SCI は体温調節障害のため運動時に暑熱障害を起こしやすく, その対策については検討する必要がある。現在, 我々は SCI の運動時における暑熱障害を予防する手段を考案することを目的として研究を行っている。その研究の一つとして, すでに我々は漸増運動負荷時における SCI の鼓膜温と皮膚温の動態について報告した³⁾⁴⁾。しかしながら, 漸増運動負荷という負荷形式の性質上, 3~15分で exhaustion に達してしまつたため, 持久的運動時における SCI の体温変動を知るには至らなかつた。そこで本研究では SCI に持久的運動を実施し, 体温変動の観察を行ったところ, 健常者との差異, 及び SCI 間の個人差について幾つかの知見を得ることができたので報告する。

II. 方 法

A. 対 象

対象は本研究についてインフォームド・コンセントの得られた外傷性による SCI 5名 (T6-T12) で (表1) ある。なお, この5名は月に1~8日, 車椅子バスケット, テニス等の運動を行っている。また, control 群として比較するため健康な男子

Table 1. Characteristics of SCI subjects.

Subj.	Age, yr	Time Since Injury, yr	Spinal Cord Lesion Level
1	47	18	T6
2	35	15	T6
3	50	24	T12
4	50	20	T12
5	52	33	T12*

* Incomplete lesion at T 12.

大学生7名を選び, 対象と同様の実験, 及び測定を行った。

B. 実験手順

SCI の運動時の体温に関しては, 環境温25℃前後で実施されている先行研究³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾が多いため, 本研究における実験も気温約25℃, 相対湿度約50%に調整された人工気候室内にて実施した。対象は, 上半身裸体, 下半身は脚部が露出した状態で人工気候室に入室し, 60分間座位安静を保つた後, Monark 社製 arm cranking ergometer Rehab Trainer 881E を用いて, arm cranking 運動を30分間実施した。また, arm cranking の運動負荷強度は, 対象全員が30分間実施可能な 20 watts (50 rpm) とした。なお, すべての実験は体温日周リズムの影響を軽減するために10時より16時までの間に行った。

C. 測定項目及び方法

酸素摂取量は, 運動開始前5分間, 運動開始後8~10分, 18~20分, 及び28~30分にダグラスバッグ法により採集された呼気ガスを, 乾式ガスメーターで計量し, O₂ 及び CO₂ 濃度を Respina IH 26 (日本電気三栄社製) により分析, 1分間当りに換算したものを, それぞれを安静時, 運動開始10分後, 20分後, 及び30分後とした。心拍数はハートレイトモニター PE-3000 (ポーラエレクトロ社製) を用いて1分毎に記録した。深部体温としては鼓膜温を採用した。その理由としては, 脊損者の多くが排便障害を伴っており, 排便管理が日常生活を送る上で大きな問題となっているからであった⁸⁾。そのような脊損者に対し直腸温を使用するのは, 精神的苦痛を増すことになるかと我々は判断したのである。なお, 鼓膜温は Masuda and Uchino⁹⁾が開発した運動時に測定可能なサーミスタ鼓膜温測定装置を用い, 運動開始10分前から運動終了10分後まで測定した。皮膚温は, 運動開始10分前から運動終了10分後まで額部, 上腕側部, 胸部, 大腿前部, 下腿前部, および下腿後部の計6点を熱電対法により30秒毎に安立計器社製データコレクタ AM-2000 を用いて記録した。

D. 測定項目及び方法

脊損者群と control 群の各測定項目について,

それぞれ平均値と標準偏差を求めた。平均値の差の有意性是对応のない t 検定により、酸素摂取量は測定した全てを、それ以外は 5 分毎に検討した。なお、統計処理の有意水準はいずれも危険率 5% 未満とした。

Ⅲ. 結 果

A. 健常者との差異

図 1 に安静時および運動時の酸素摂取量を、図 2 に運動開始 10 分前から運動終了 10 分後までの心拍数を SCI 群と control 群とを比較して示した。酸素摂取量、及び心拍数共に SCI 群と control 群間には統計的な有意差は認められず、また、その推移もほぼ同様のものではあった。

図 3 に運動開始 10 分前から運動終了 10 分後までの鼓膜温の推移を SCI 群と control 群とを比較して示した。SCI 群は control 群に比べ低値を示す

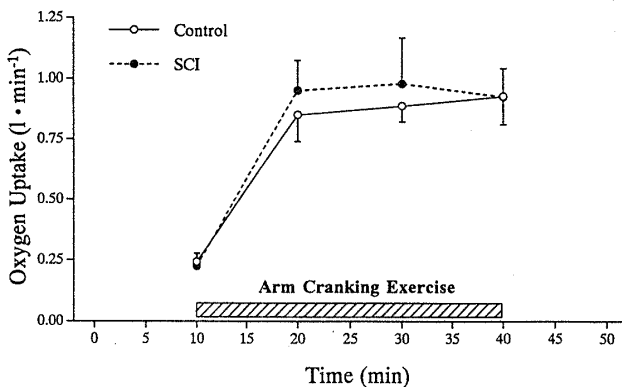


Fig. 1. Oxygen uptake changes before and during 30 min arm cranking exercise at 20 watts.

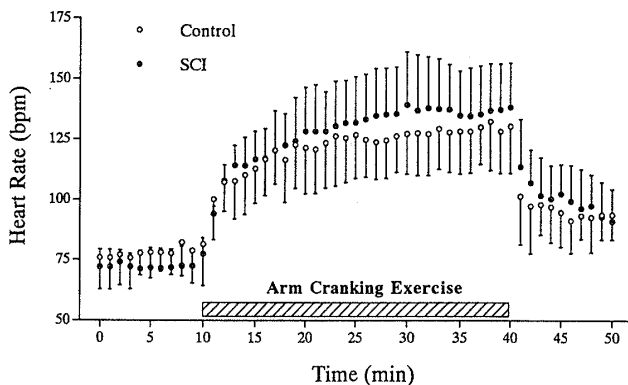


Fig. 2. Heart rate changes before, during, and after 30 min arm cranking exercise at 20 watts.

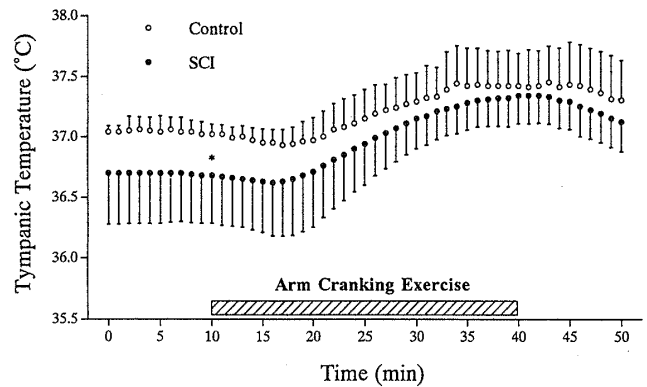


Fig. 3. Tympanic temperature changes before, during, and after 30 min arm cranking exercise at 20 watts.

Levels of significant difference found between SCI and control groups. * $p < 0.05$

傾向にあったが、統計的に有意差が認められたのは運動開始時のみであった。また、運動の持続と共に両群間の差が縮まる傾向にあった。

図 4 に運動開始 10 分前から運動終了 10 分後までの各部位の皮膚温の推移を SCI 群と control 群とを比較して示した。上腕側部を除いて各部位の皮膚温は SCI 群が低値を示す傾向が認められた。統計的に有意差が認められたのは、額では運動初期時、及び運動終了後であり、胸部では運動開始 10 分後から運動終了 5 分後までであった。大腿前部は全てにおいて有意に SCI 群が control 群に比べ低値を示した。下腿前部では運動開始 10 分前、及び 5 分前に、下腿後部では運動開始前より運動開始 15 分後までに統計的な有意差が認められた。

B. SCI 間の体温変動の個人差について

図 5 に SCI 各自の鼓膜温の推移を示した。SCI 群の安静時の鼓膜温は 36.05~37.15°C であり、運動開始後には 4 名に 0.04~0.12°C の初期下降が認められた。運動開始 10 分前後より鼓膜温の上昇傾向は 1 名を除いて顕著となり、運動終了時には運動開始時より 0.66°C ± 0.19 (mean ± SD) 上昇した。安静時に最も低値を示していた Subj. 4 の上昇は 0.97°C と最も顕著なものであった。運動終了後には全例において緩やかな鼓膜温の下降が認められた。

SCI 各自の皮膚温の推移を図 6 に示した。額では若干の推移の差は認められるものの個人間の皮

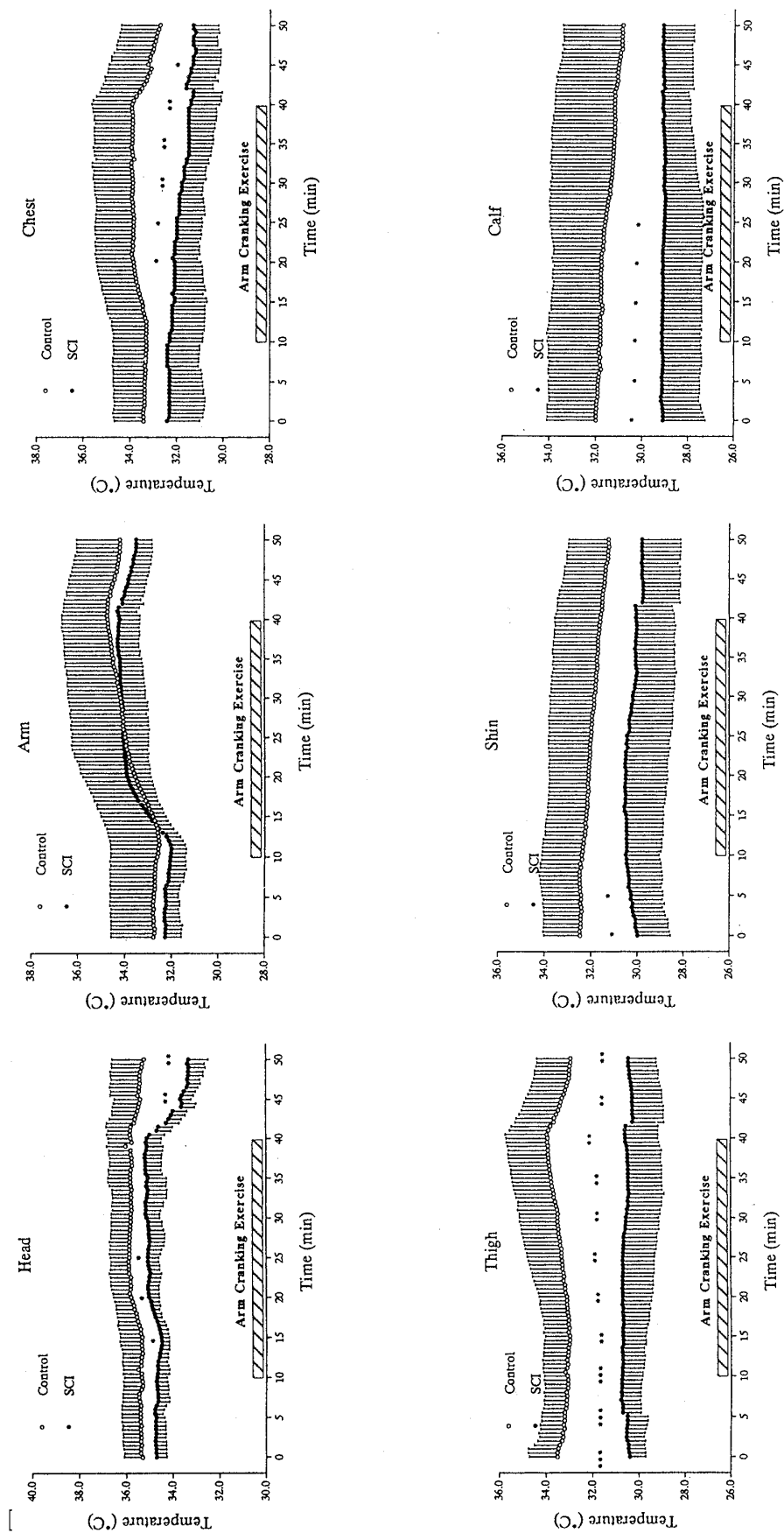


Fig. 4. Skin (head, arm, chest, thigh, shin, and calf) temperature changes before, during, and after 30 min arm cranking exercise at 20 watts.

Levels of significant difference found between SCI and control groups. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

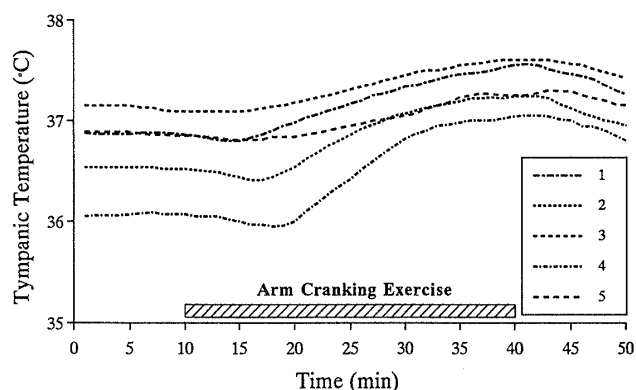


Fig. 5. Tympanic temperature changes before, during, and after 30 min arm cranking exercise for individual SCI subjects.

皮膚温差は小さいものであった。上腕側部においては運動開始後に全対象において皮膚温の上昇を認めるが、その推移には個人差が認められる。胸部では安静時から個人間の皮膚温差が認められ、その推移も運動開始後に上昇を示す対象1名、下降の後、上昇を示す対象1名、下降を示す対象3名と様々であった。大腿前部、下腿前部、及び下腿後部は本研究の対象の麻痺域にあたる。大腿前部の皮膚温変動は様々であり、運動中に上昇した対象1名、下降した対象2名、ほぼ同じであった対象2名となった。下腿前部の個人間の皮膚温差は大きく、その推移も運動開始後約15分後より急激な下降を示す対象や、運動開始前から運動開始後約10分まで上昇を示し、その後ほぼ平坦となる対象などが存在した。下腿後部においても個人間の皮膚温差は大きかった。またその変動は、運動中上昇した対象1名、下降した対象1名、ほぼ同じであった対象2名、若干の下降の後、上昇に転ずる対象1名となった。

Ⅳ. 考 察

一般に体温上昇は酸素摂取量の相対値($\% \dot{V}O_2\max$)で表わすと個人差がなくなることが報告されており¹⁰⁾、我々も当初は $\% \dot{V}O_2\max$ に基づいた強度で運動負荷を実施することを考えた。しかしながら、1) 健常者においても上肢運動時の呼吸応答は回転運動の頻度の影響を受けやすく、疲労にいたる時間が短縮されることが報告

されており¹¹⁾、2) 脊髄損傷によって麻痺した呼吸筋や¹²⁾¹³⁾、3) 高強度運動時での姿勢保持が困難である等の影響から、回転数を一定にして漸増負荷していく arm cranking ergometer を用いての運動負荷テストでは、SCI の最大酸素摂取量を知ることは困難であることを経験したため³⁾、⁴⁾、20 watts の絶対値での一定負荷とした。なお、本研究の運動時に得られた SCI 群の酸素摂取量を先行研究と比べて見ると、本研究と同様に arm cranking ergometer を用いた Tam et al.¹⁴⁾ の報告の 40%Wmax (最大負荷の40%強度) 時とほぼ同レベルであり、トレッドミル上に乗せた車椅子を用いた Gass and Camp⁵⁾、及び Gass et al.⁶⁾ の報告(60~65% $\dot{V}O_2\max$)に比べると少なく、車椅子 ergometer を用いた Fitzgerald et al.⁷⁾ の報告(50~55% peak $\dot{V}O_2$)より若干多いものであった。このことから本研究の運動負荷は SCI にとり中等度以下の強度であったと評価するのが妥当と思われる。

本研究の SCI 群の中には我々の先行研究³⁾、⁴⁾と同じく、安静時に鼓膜温が非常に低値を示す対象も存在したが、その理由としては麻痺による代謝量の低下が考えられる。未発表ではあるが我々は麻痺部位がさらに広範囲の頸髄損傷者(頸損者)の24時間にわたる直腸温を測定し、直腸温が35°C代を示す頸損者を数多く認めている。麻痺部位の範囲や残存機能の活動状況が代謝量を左右し、体温の高低が生ずるものと思われる。

SCI 群の鼓膜温からは生理機能に影響を及ぼすようなうっ熱は認められない。しかしながら、運動の持続と共に SCI 群と control 群の差が縮まる傾向が認められている。この結果は熱放散の効率の低下を示唆するものである。つまり、SCI は皮膚温が低いため、皮膚からの伝導、対流、及び放射による熱放散が抑制され、その結果、貯熱量が増加し、鼓膜温の変化量が大きくなったものと思われる。さらに長時間の運動を継続する場合には貯熱量の増大が懸念され、暑熱障害の危険性が高まることが予想される。

運動時の鼓膜温初期下降は、運動開始時の交感神経興奮が全身皮膚血管を収縮させ、環境温が皮

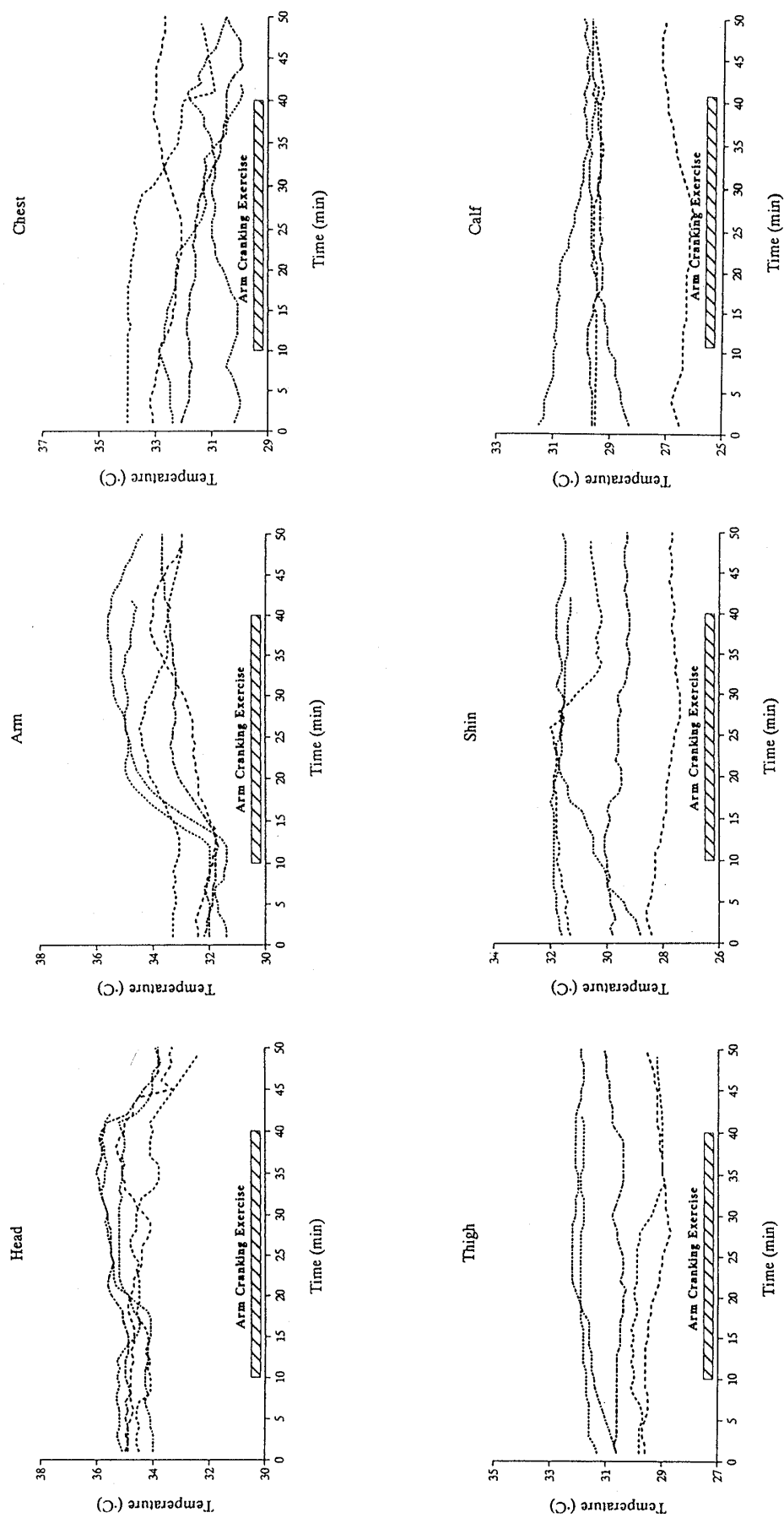


Fig. 6. Skin (head, arm, chest, thigh, shin, and calf) temperature changes before, during, and after 30 min arm cranking exercise for individual SCI subjects.
 ----- 1, 2, - - - - - 3, 4, - - - - - 5

膚温より低い場合、低い皮膚静脈血が静脈還流し、その時の動静脈間の対向流熱交換によって冷やされた動脈血が原因とされている¹⁵⁾。増田¹⁶⁾は本研究と同じ鼓膜温測定装置を用いて、運動時の初期下降は対象、及び運動強度の違いに関係なく発現するとしている。しかし本研究の対象5名中1名に初期下降が認められなかったことや、初期下降の幅がこれまで行われた健常者の報告¹⁶⁾¹⁷⁾に比べ個人差が大きかったことなどから、SCIにおいては皮膚感覚麻痺域での正常な皮膚血管反応の消失が鼓膜温初期下降の不出現や個人差の原因になったものとも考えられる。

運動中の鼓膜温の推移は運動開始前に低値を示した2名の上昇が比較的顕著であった。しかしその顕著な上昇は鼓膜温が37℃に近づきはじめた頃より緩やかなものとなる。他の3名は安静時の鼓膜温が37℃前後にあり、運動開始後の上昇は緩やかであった。Benzinger¹⁸⁾は皮膚温が33℃以上の場合、発汗はある一定の鼓膜温で始まり、皮膚温が低くなれば発汗開始閾値の鼓膜温は高温側に移動することを報告している。皮膚温33℃以上の発汗開始閾値鼓膜温は37℃前後であり、皮膚温30℃の場合で約37.4℃となっている¹⁸⁾。本研究の対象の運動時における鼓膜温の上昇が、37℃前後で抑制されたのは発汗の影響も考えられ、運動時における脳温維持のシステムがSCIにも存在することを示唆するものであろう。これらのことよりSCIの中温環境下での中等度以下の運動は、30分程度では脳温維持のhomeostasisにさほど影響を及ぼさないものと推察される。

本研究の対象の皮膚感覚麻痺域には当たらない胸部の皮膚温において、運動開始10分後からcontrol群との間に有意な差が認められたことは非常に興味深い結果である。この原因としては、皮膚感覚麻痺域からの対流、及び伝導の影響や、arm cranking運動時に使用される筋群の参加のしかたの違いが考えられる。一般にarm cranking運動時には、胴体を固定するために他の筋組織まで導入される¹⁹⁾²⁰⁾。しかしSCIの場合多くの筋群が麻痺しているため、胴体の固定が困難であり、arm cranking運動時に体幹のひねりを健

常者ほど加えることはできない。つまり健常者では胸部でのダイナミックな動的筋収縮が可能であり、そのことにより胸部の筋血流が増加し皮膚温の上昇を招くのではないだろうか、これに対しSCIは残存する運動機能の差により胴体の固定に使われる筋群も異なってくるため、胸部の皮膚温の変動に個人差が見られ、健常者より低値であったものと思われる。

SCI群の下肢の低い皮膚温は、健常者に比べて血流が少ないことを示唆している。特に大腿部において顕著な差が認められたのは、大腿部はマヒによる筋の萎縮が著しく現われる部位⁴⁾であるためと考えられる。健常者の場合、運動時には不活動筋の筋血流は増加を示さず、むしろ血管収縮性緊張のため筋血流はわずかに減少する²¹⁾。Hopman et al.²²⁾はSCIのarm cranking運動時、及び回復時の腓腹部(calf)の容積を測定し、健常者と比較してその変化が軽度であったことを認め、この成績より障害部の交感神経興奮による血管収縮性緊張は停止または低下し、上肢運動時に下肢での効果的な血液の配分が不可能となっていると報告している。本研究において運動開始後にSCI群とcontrol群の下肢の皮膚温差が縮まる傾向にあったのは、control群では血液の再分配により下肢への血流が減少し、その結果、元々、下肢血流の少ないSCI群との皮膚温差が縮まったものと思われる。

SCI群における下肢の皮膚温変動が多様であったことから、上肢運動に対する下肢の血流変化には個人差があると推測される。SCIは脊髄を損傷したことにより自律神経系の伝達経路に変化が生じている。また、障害の程度も様々であり、これら種々の要因により個人差が出現しやすくなるものと思われる。山崎たち²³⁾によればはSCIの褥瘡予防に対するスポーツ活動の効果は明らかにできなかったと報告している。上肢運動時における下肢血流の個人差がスポーツ活動の褥瘡予防への有効性を左右するのかもしれない。皮膚血流の増大は静脈環流を減少させる。脊損者の下肢の低い皮膚温は、筋ポンプ能力の低下により静脈環流能力が低下しているSCIにとり²²⁾²⁴⁾²⁵⁾²⁶⁾²⁷⁾²⁸⁾、中

枢部の循環を維持するための代償性作用になっているとも考えられる。

V. 要 約

脊髄損傷者 (SCI) の持久的運動時における体温変動を知ることが目的とし, SCI 5 名 (T6-T12), 及び control 7 名 (健常者) に気温約 25°C, 相対湿度約 50% に調整された人工気候室内において, arm cranking 運動 (20 watts) を 30 分間実施させ, 運動開始 10 分前から運動終了 10 分後までの鼓膜温 (T_{ty}) 及び皮膚温 (額部, 上腕側部, 胸部, 大腿前部, 下腿前部, 及び下腿後部) を測定し, 以下の結果を得た。SCI 群の T_{ty} は control 群に比べ, 運動開始 10 分前から運動終了 10 分後まで低値を示す傾向にあったが, 統計的に有意差が認められたのは運動開始時のみであった。また, 運動の持続と共に両群間の T_{ty} の差が縮まる傾向にあった。なお, SCI 群の安静時の T_{ty} は 36.05~37.15°C であり, 運動開始後には SCI 群の内 4 名に 0.04~0.12°C の初期下降が認められ, 運動終了時には運動開始時より 0.66°C ± 0.19 (mean ± SD) 上昇した。

上腕側部を除いて各部位の皮膚温は SCI 群が低値を示す傾向が認められた。統計的に有意差が認められたのは, 額部では運動初期時, 及び運動終了後であり, 胸部では運動開始 10 分後から運動終了 5 分後までであった。大腿前部は運動開始 10 分前から運動終了 10 分後までの全てにおいて有意に SCI 群が control 群に比べ低値を示した。下腿前部では運動開始 10 分前, 及び 5 分前に, 下腿後部では運動開始前より運動開始 15 分後までに統計的な有意差が認められた。SCI の胸部, 大腿前部, 下腿前部, および下腿後部の皮膚温は個人差が顕著であり, SCI の麻痺域や麻痺域に近い部位における皮膚温反応の特異性が示唆された。

(受付 平成 7 年 2 月 2 日)

参 考 文 献

- Nielsen, M. Die Regulation der Körpertemperatur bei Muskelarbeit. Skand. Arch. Physiol., (1938), **79**, 193-230.
- 緒方 甫. 自律神経障害の発症機序 (起立性低血圧・体温調節障害). リハビリテーション基礎医学, 初版, 上田 敏, 千野直一, 岩倉博光編, 医学書院, 東京, (1983), 244-259.
- 石井好二郎, 山崎昌廣, 村木里志, 小村 堯, 菊地邦雄, 坂手照憲, 前田如矢. 漸増抵抗運動時における脊髄損傷者の鼓膜温及び皮膚温. 日本運動生理学雑誌, (1994), **1**(2), 27-32.
- Ishii, K., Yamasaki, M., Muraki, S., Komura, T., Kikuchi, K. & Maeda, K. Exercise-induced-temperature changes in the tympanic membrane and skin of patients with spinal cord injury. In: Yabe, K., Kusano, K. and Nakata, H. (Eds.) Adapted physical Activity. Springer-Verlag, Tokyo, (1994), 77-83.
- Gass, G. C. & Camp, E. M. Prolonged exercise response in trained male paraplegics. Thermal Physiology. Hales, J. R. S. (Ed.), Raven Press, New York, (1984), 429-432.
- Gass, G. C., Camp, E. M., Nadel, E. R., Gwinn, T. H. & Engel, P. Rectal and rectal vs. esophageal temperatures in paraplegic men during prolonged exercise. J. Appl. Physiol., (1988), **64**, 2265-2271.
- Fitzgerald, P. I., Sedlock, D. A. & Knowton, R. G. Circulatory and thermal adjustments to prolonged exercise in paraplegic women. Med. Sci. Sports Exerc., (1990), **22**, 629-635.
- 高坂 哲, 石堂哲郎, 宮崎一興, 脊髄損傷者の排便管理. 排尿排便障害・性機能障害, 初版, 岩倉博光, 岩谷 力, 土肥信之編, 医歯薬出版, 東京, (1990), 85-100.
- Masuda, M. & Uchino K. A device for tympanic membrane temperature in man. Jikeikai Med. J., (1978), **25**, 95-99.
- Saltin, B. & Hermansen, L. Esophageal, rectal and muscle temperature during exercise. J. Appl. Physiol., (1966), **21**, 1757-1762.
- Vokac, Z., Bell, H., Bautz-Holter, E. & Rodahl, K. Oxygen uptake/heart rate relationship in leg and arm exercise, sitting and standing. J. Appl. Physiol., (1975), **39**, 54-59.
- 富永積生. 救急処置. 脊髄損傷の実際—病態から管理まで—, 初版, 赤津 隆, 新宮彦助, 井形高明編, 南江堂, 東京, (1991), 66-81.
- Yamasaki, M., Irizawa, M., Ishii, K. & Komura, T. Work efficiency of paraplegics during armcranking exercise. Ann. Physiol. Anthropol., (1993), **12**, 79-82.
- Tam, H. S., Darling, R. C., Cheh, H. Y. & Downey, J.

- A. Sweating response: a means of evaluating the set-point theory during exercise. *J. Appl. Physiol.*, (1978), **45**, 451-458.
- 15) Caputa, M. & Cabanac, M. Muscular works as thermal behavior in humans. *J. Appl. Physiol.*, (1980), **48**, 1020-1023.
- 16) 増田 允. 運動と体温. 東京慈恵会医科大学雑誌, (1975), **90**, 1-15.
- 17) 内野欽司. 口腔温, 鼓膜温, 腋窩温, 直腸温などの意義と相関. 臨床体温, (1989), **9**(2), 48-59.
- 18) Benzinger, T. H. Heat regulation: Homeostasis of central temperature in man. *Physiol.Rev.*, (1969), **49**, 671-759.
- 19) Clausen, J. & J. Trap-Jensen. Heart rate and arterial blood pressure during exercise in patients with angina pectoris. *Circulation*, (1976), **53**, 436-442.
- 20) Schwade, J., Blomqvist, C. G. & Shapiro, W. A comparison of the response to arm and leg work patients with ischemic heart disease. *Am. Heart J.*, (1977), **94**, 203-208.
- 21) Johnson, J. M. & Rowell, L. B. Forearm skin and muscle vascular responses to prolonged leg exercise in man. *J. Appl. Physiol.*, (1975), **39**, 920-924.
- 22) Hopman, M. T. E., Pistorius, M., Kamerbeek, I. C. E. & Binkhorst, R. A. Cardiac output in paraplegic subjects at high exercise intensities. *Eur. J. Appl. Physiol.*, (1993), **66**, 531-535.
- 23) 山崎昌廣, 小村 堯, 藤家 馨, 佐々木久登, 甲斐健児, 脊髄損傷者の車椅子スポーツ活動には褥瘡形成に対する予防効果があるか?. 体力科学, (1994), **43**, 121-126.
- 24) Bevegard, S., Freyschuss, U. & Standell, T. Circulatory adaptation to arm and leg exercise in supine and sitting position. *J. Appl. Physiol.*, (1966), **21**, 37-46.
- 25) Pollock, M. L., Miller, H. S., Linnaud, A. C., Laughridge, E., Coleman, E. & Alexander, E. Arm pedalling as an endurance training regimen for the disabled. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, (1974), **55**, 418-424.
- 26) Bar-Or, O., Inbar, O. & R. Spira. Physiological effects of a sports rehabilitation program on cerebral palsied and post poliomyelitic adolescents. *Med. Sci. Sports*, (1978), **8**, 157-161.
- 27) Hopman, M. T. E., Oeseburg, B. & Binkhorst, R. A. Cardiovascular responses in paraplegic subjects during arm exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.*, (1992), **65**, 73-78.
- 28) Hopman, M. T. E., Verheijen, P. H. E. and Binkhorst, R. A. Volume changes in the legs of paraplegic subjects during arm exercise. *J. Appl. Physiol.*, (1993), **75**, 2079-2083.