

頸髄損傷者の中間期安静時の適温

三上功生*, 青木和夫**, 蜂巢浩生***, 武田 仁*

*東京理科大学理工学部, **日本大学大学院理工学研究科, ***日本大学理工学部

Optimum Temperature at Rest in Spring and Fall for Patients with Cervical Spinal Cord Injuries

Kosei MIKAMI*, Kazuo AOKI**, Hiroo HACHISU***, Hitoshi TAKEDA*

*Tokyo University of Science **Graduate School of Science and Technology, Nihon University

***College of Science and Technology, Nihon University

Abstract: To characterize the physiological responses to thermal stimuli in patients with cervical spinal cord injuries, we conducted a study in a total of 19 patients and 37 students resting in a sitting position under the following conditions: room temperature of 21°C, 23°C, 25°C, 27°C, or 29°C, relative humidity of 50%, airflow of 0.15 m/s or less, and amount of clothing of 0.6 clo. The oral temperature in patients tended to decrease at 23°C or below but increase at 25°C or above, suggesting that optimum temperature for patients in spring and fall may fall within a narrow range. Patients appeared to have difficulty regulating body temperature in response to thermal stimuli because of impaired peripheral vasoconstriction in the extremities at lower temperatures and impaired peripheral vasodilation in the extremities and a systemic sweating disorder at higher temperatures. The estimated optimum temperature for patients in spring and fall was similar to that in a living room (24±2°C) specified in the standards for assessment of indoor thermal environment for people with physical disabilities determined by the committee on the assessment of indoor thermal environment at the Institute for Science of Labour in 1983. However, the acceptable range may be narrower than ±2°C.

Key Words: patients with cervical spinal cord injury, body temperature instability, spring and fall, optimum temperature

要旨: 頸髄損傷者（以下頸損者）の温熱刺激に対する生理反応の特徴を把握するために、延べ19名の頸損者と37名の学生を対象として、室温21, 23, 25, 27, 29°C、相対湿度50%、気流0.15m/s以下、着衣量0.6clo（中間期に相当）、椅座安静の条件で被験者実験を行った。その結果、頸損者の口腔温は23°C以下で下降傾向、25°C以上で上昇傾向にあったことから、この狭い温度範囲の中に適温が存在する可能性がある。頸損者は温熱刺激に対して、低温では四肢の末梢血管収縮の障害、高温では四肢の末梢血管拡張の障害及びほぼ全身にわたる発汗障害が体温調節を困難にしていると考えられた。本実験より推測された頸損者の中間期安静時の適温は、1983年に労働科学研究所の住宅熱環境評価研究委員会が策定した「身体障害者に配慮した住宅熱環境評価基準値」の中間期の居間24±2°Cとほぼ同じであったが、許容範囲は±2°Cより狭いことが示唆された。

キーワード: 頸髄損傷者、体温調節障害、中間期、適温

1. はじめに

交通事故、高所からの転落、転倒、スポーツ事故などでの頸椎骨折により頸部の脊髄（頸髄）を損傷した頸髄損傷者（以下頸損者）は、自律神経機能障害としてほぼ全身に及ぶ発汗障害、四肢末梢部の血流調節障害や熱産生障害などの極めて重度の体温調節障害を持つ。そこで、我々は頸損者の温熱刺激に対する生理反応の特徴を把握することを目的として、継続的に被験者実験を行ってきた（吉田ら、1978-2007）。これまでの実験では着衣の断熱性能を0.6clo（中間期の着衣の断熱性能に相当）、活動量を椅座安静としており、ある程度のデータが蓄積されたことから、頸損者の中間期

安静時の適温及び温熱生理反応の特徴について検討を行った。

2. 実験方法

2.1 環境条件

実験を行った室温は21°C, 23°C, 25°C, 27°C, 29°Cで、相対湿度は50%とし、気流速度は0.15m/s以下で一定にした。

2.2 被験者

被験者は17名の頸損者と37名の大学生及び大学院生（以下学生）である。被験者プロフィールを表1に示す。なお、頸損者の被験者のうち2名は2年連続で

実験に参加しているため、頸損者からは延べ19名の実験データを取得した。

Table1 Subjects' physical characteristics

	Number of sample	Age (Mean $\pm$ SD)	Height[cm] (Mean $\pm$ SD)	Weight[kg] (Mean $\pm$ SD)
Disabled	17	32.3 $\pm$ 7.1	171.0 $\pm$ 6.5	57.0 $\pm$ 9.5
Students	37	23.0 $\pm$ 1.8	168.2 $\pm$ 8.5	60.5 $\pm$ 8.9

2.3 着衣条件

着衣は実験専用のものを使用した。素材は全て綿で、サーマルマネキンで測定したクロー値は 0.6clo（中間期の着衣の断熱性能に相当）である。

2.4 測定項目

測定項目は口腔温、額部深部温、鼓膜温、皮膚温、血圧、脈拍、体重減少量である。なおこれらのうち、額部深部温、鼓膜温、血圧、脈拍は、実験時期によっては測定を行っていない場合もある。口腔温は電子体温計により15分間隔、額部深部温は深部体温計により1分間隔、鼓膜温は耳式体温計により15分間隔、皮膚温は Hardy-Dubois による7部位（額部、上腕部、手背

部、胴部、大腿部、下腿部、足背部）を環境体温計またはデータロガーにより5分間隔、血圧と脈拍は自動血圧計により15分間隔、体重減少量は精密体重計により15分間隔で測定した。

2.5 実験手順

人工気候室に隣接する準備室で実験用の着衣に着替え、皮膚温を測定する環境体温計またはデータロガーとセンサーを取り付けた後、人工気候室に入室した。準備室の環境条件は厳密に制御していなかったため、入室直後から30分間は準備室の環境条件による影響を取り除く馴化時間とし、入室後30分から実験を開始した。実験は1温度設定につき90分間行った。実験終了後、人工気候室を退室し30分以上の休憩をとってから、次の環境条件の実験を同様に言い、1日に3または2設定の環境条件について実験を行った。実験中、被験者には椅子座安静状態をとらせ、読書、軽い雑談は自由とした。昼食は実験への影響を考慮して、おにぎり、サンドウィッチなどの軽食とした。

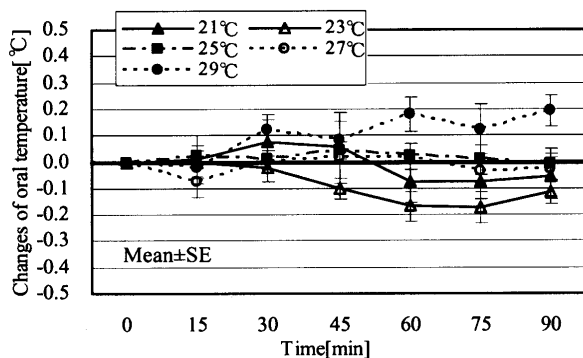


Fig.1 Changes of oral temperature (Students)

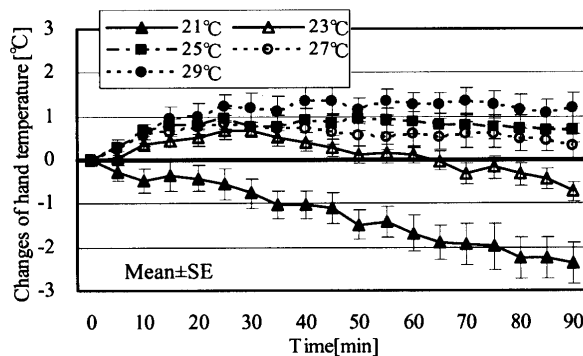


Fig.3 Changes of hand skin temperature (Students)

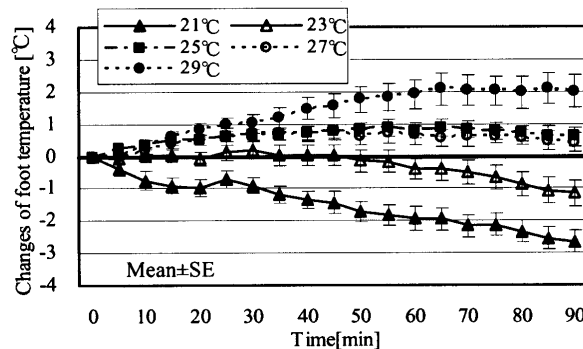


Fig.5 Changes of foot skin temperature (Students)

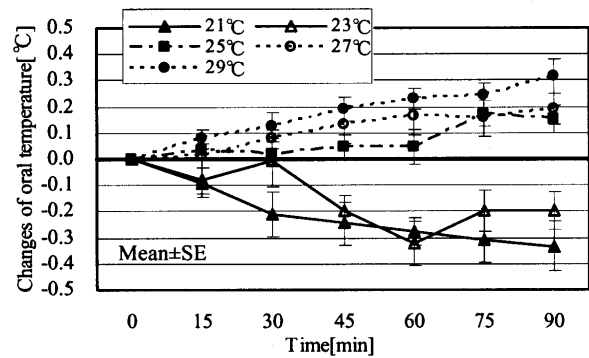


Fig.2 Changes of oral temperature (Disabled)

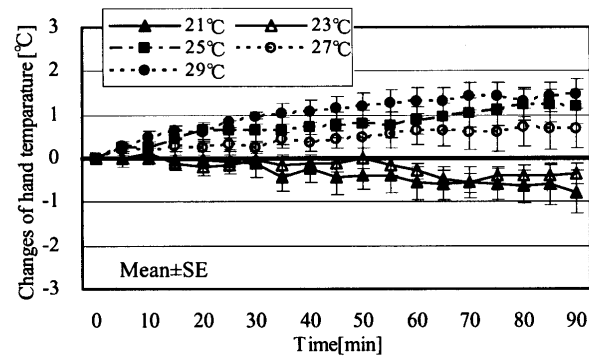


Fig.4 Changes of hand skin temperature (Disabled)

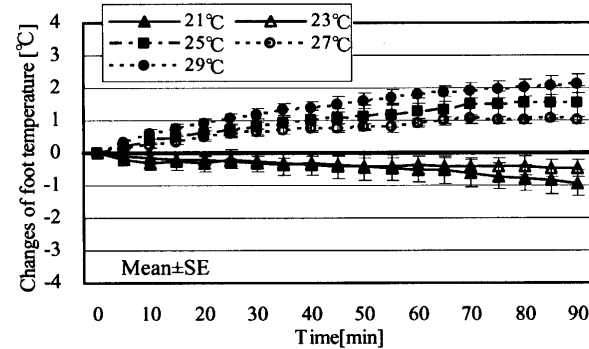


Fig.6 Changes of foot skin temperature (Disabled)

3. 結果

本論文では、全被験者の測定データが揃っている口腔温、皮膚温、体重減少量の結果を示す。

3.1 口腔温

実験開始時の口腔温を基準とした口腔温変化量を図1, 2に示す。学生は室温 29℃で上昇傾向にあったが、それ以外の室温では実験開始時と終了時で大きな差はみられなかった。一方頸損者は室温 23℃以下で下降傾向、室温 25℃以上で上昇傾向を示しており、室温 23℃と 25℃の間で変化のしかたが分かれていた。

3.2 皮膚温

実験開始時の手背部皮膚温を基準とした手背部皮膚温変化量を図3, 4に示す。学生は室温 23℃以下で下降しており、特に室温 21℃では大きく下降していたのに対して、室温 21℃, 23℃における頸損者の下降量は著しく小さかった。学生、頸損者ともに室温 25℃以上では上昇していたが、学生は室温 25℃, 27℃, 29℃のい

れでも、実験開始後約 25 分で皮膚温が一定すなわち熱平衡状態になっている傾向がみられたのに対して、頸損者は室温 25℃, 27℃, 29℃のいずれでも 90 分間を通して上昇し続ける傾向がみられた。同じ四肢末梢部である足背部皮膚温変化量を図5, 6に示す。足背部皮膚温においても手背部皮膚温とほぼ同様の変化のしかたがみられた。

室温 21℃での実験開始時と終了時の皮膚温分布を図7, 8に示す。学生は四肢末梢部の皮膚温が下降していたことから、四肢の先端へ向かう程皮膚温が低くなる温度勾配がみられたのに対して、頸損者は四肢末梢部の皮膚温が下降していなかったことから、四肢先端へ向かう程皮膚温が高くなる傾向がみられた。室温 23℃での実験開始時と終了時の皮膚温分布を図9, 10に示す。室温 21℃と同様に、頸損者には学生のような四肢の先端へ向かう程皮膚温が低くなる温度勾配はみられなかった。

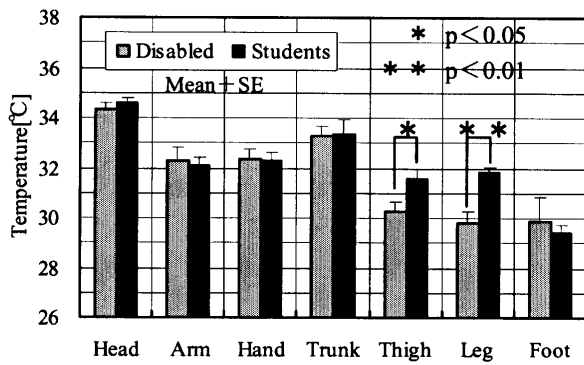


Fig.7 Skin temperature distribution of 21°C (Before experiment)

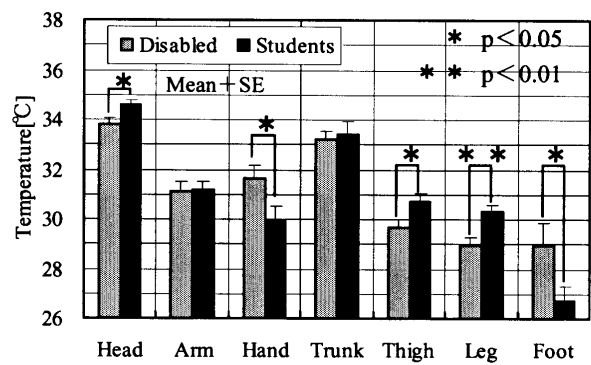


Fig.8 Skin temperature distribution of 21°C (After experiment)

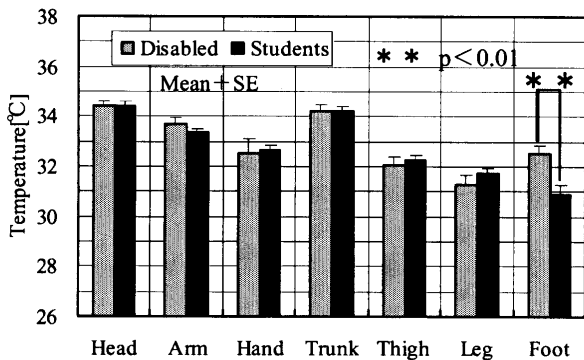


Fig.9 Skin temperature distribution of 23°C (Before experiment)

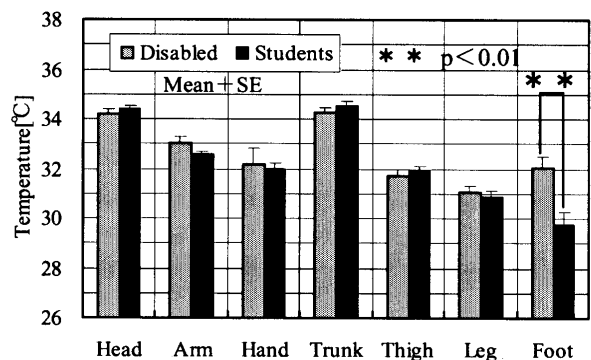


Fig.10 Skin temperature distribution of 23°C (After experiment)

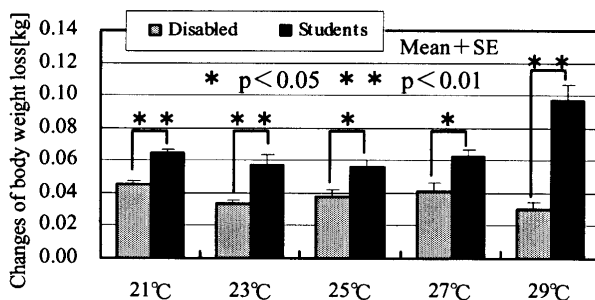


Fig.11 Changes of body weight loss

Table2 Standards for Assessment of Indoor Thermal Environment for People with Physical Disabilities

	Bedroom	Living room	Kitchen	Hallway	Toilet	Bathroom Dressing room	clo Humidity
Summer	25 ± 2°C	25 ± 2°C	25 ± 2°C	25 ± 2°C	25 ± 2°C	27 ± 2°C	0.5-0.2clo 60-80%
Spring Fall	22 ± 2°C	24 ± 2°C	22 ± 2°C	22 ± 2°C	24 ± 2°C	26 ± 2°C	0.7-0.5clo 40-70%
Winter	20 ± 2°C	23 ± 2°C	22 ± 2°C	22 ± 2°C	24 ± 2°C	25 ± 2°C	1.4-0.7clo 30-50%

[※1] Numerical value in this figure is globe temperature which was measured at 1.2m above floor.
[※2] There are no large radiant heat, air flow and unevenness in temperature distribution.

3.3 体重減少量

体重減少量は主に発汗量を調べるために測定した。図 11 に実験終了時の体重減少量を示す。室温 29℃で頸損者は学生に比べ著しく少なかった。また、その他の室温でも頸損者は学生に比べ有意に少なかった。

なお、2 年連続で被験者となった頸損者は、2 回ともほぼ同じ生理反応を示していた。

4. 考察

学生は室温 29℃以外では口腔温の変化量が小さかったことから、口腔温のみで判断すると一般健常者の適温は $24\pm3^{\circ}\text{C}$ と考えられる。一方頸損者は室温 23°C と 25°C の間で口腔温の変化のしかたが分かれており、室温 23°C は口腔温の下降、室温 25°C は口腔温の上昇が始まる室温の可能性があり、頸損者の中間期安静時の適温は 23°C から 25°C の温度範囲の中に存在する可能性があり、頸損者の適温は一般健常者より著しく狭いことが考えられる。

本実験結果より推測された頸損者の中間期安静時の適温は、表 2 に示す 1983 年に労働科学研究所における住宅熱環境評価研究委員会が策定した「身体障害者に配慮した住宅熱環境評価基準値」の中間期の居間 $24\pm2^{\circ}\text{C}$ とほぼ同じであるが、許容範囲は $\pm2^{\circ}\text{C}$ より狭い。

次に頸損者の口腔温が室温 23°C 以下で下降、室温 25°C 以上で上昇した原因を考察する。室温 23°C 以下で、学生の四肢末梢部皮膚温は下降しており、放熱を抑制していたことが考えられる。一方室温 21°C , 23°C における頸損者の四肢末梢部皮膚温は学生程下降せず、また実験終了時には四肢先端へ向かう程、皮膚温が高くなる傾向がみられたことから、血管収縮障害のために放熱を抑制できなかったことが口腔温の下降につながったものと考えられる。本実験では頸損者への負担を考慮して、代謝産熱量の測定は行わなかったが、低温環境下で健常者は代謝量が有意に増進していたが、頸損者ではほとんど増進が認められなかったとの報告(緒方、1979)があることから、四肢末梢部の血管収縮障害に加え、熱産生障害も影響している可能性がある。室温 25°C 以上では学生、頸損者ともに四肢末梢部の皮膚温が上昇していたが、学生は短時間で熱平衡状態になり、放熱が完了している傾向がみられたのに対して、頸損者は実験を通して上昇し続ける傾向がみられたことから、血管拡張障害のために皮膚温の上昇が遅く、熱放散量の増進が遅れたことが口腔温の上昇につながったものと考えられる。また学生に比べ体重減少量が極めて少なかったことから、室温 29°C での頸損者の口腔温上昇は、四肢末梢部の血管拡張障害に加え、ほぼ全身に及ぶ発汗障害の影響も大きかったことが考えられる。さらに、発汗量が少ないと考えられる室温

27°C 以下でも、頸損者の体重減少量が学生に比べ有意に少なかった。頸損者と健常者間で 1 回換気量に有意差がみられなかったとの報告(山本ら、2001)があることから、頸損者は不感蒸泄量のうち、皮膚表面から蒸発する水分量が減少している可能性がある。

5. まとめ

これまでに蓄積された被験者実験データより頸損者の中間期安静時の適温及び温熱生理反応の特徴について検討を行い、以下の知見を得た。

- 1) 口腔温の変化より頸損者の中間期安静時の適温は、室温 23°C から 25°C の狭い温度範囲の中に存在する可能性がある。
- 2) 頸損者の中間期安静時の適温は、「身体障害者に配慮した住宅熱環境評価基準値」の中間期の居間 $24\pm2^{\circ}\text{C}$ とほぼ同じであるが、許容範囲は $\pm2^{\circ}\text{C}$ より狭い。
- 3) 頸損者は低温に対しては四肢の末梢血管収縮の障害、高温に対しては四肢の末梢血管拡張の障害及びほぼ全身にわたる発汗障害が体温調節を困難にしていると考えられた。
- 4) 頸損者は発汗量だけではなく、不感蒸泄量も減少している可能性がある。

今後、夏期及び冬期の適温の検討を含め、頸損者が日常生活において体温調節障害により被るリスクを軽減させるために建築、空気調和設備、医療機器、福祉機器、衣服、寝具、リハビリテーションなど様々な分野からの検討が必要である。

謝辞 人工気候室実験の被験者としてご協力下さいました頸髓損傷者の方々に心より感謝の意を表します。

6. 文献

- 吉田燦, 三上功生, 青木和夫, 蜂巢浩生他 (1978-2007): 身体障害者の温熱環境に関する研究 I-X VII, 日本建築学会大会学術講演梗概集
- 緒方甫, 浅山滉, 橋元隆 (1979): リハビリテーションにおける治療(5) — 脊髄損傷に合併する体温調節障害と対策 —, 総合リハビリテーション, 7 巻, 5 号, 393/397
- 山本昌明, 牧野均, 遠山あづさ, 白土修 (2001): 頸髓損傷者に対する呼吸理学療法意義 — 他動的強制呼吸介助による呼吸機能の検討 —, 日本パラプレジア医学会雑誌, 14 巻, 1 号, 102/103

<連絡先>

三上功生

住所 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641

所属 東京理科大学理工学部建築学科

E-mail アドレス kosei@rs.noda.tus.ac.jp