

| | |
|---------|--|
| 氏名 (本籍) | 汪 清 (中華人民共和国) |
| 学位の種類 | 博士 (被服環境学) |
| 学位記番号 | 博甲第 55 号 |
| 学位授与年月日 | 2019 年 9 月 19 日 |
| 学位授与の要件 | 学位規則第 4 条第 1 項該当 文化学園大学学位規程第 5 条第 1 項該当 |
| 論文題目 | 異なる環境における足部冷水浴・足部温水浴が身体に及ぼす生理学的影響 —熱中症及び冷え性の予防対策に関する基礎研究— |
| 論文審査委員 | (主査) 教授 永井 伸夫 教授 佐藤 真理子 准教授 柚本 玲 教授 平田 耕造 (神戸女子大学) |

論文内容の要旨

地球温暖化やヒートアイランド現象で暑熱化した環境及び生活環境や生活習慣の変化による冷涼環境は人体に温熱負荷を与え、熱中症や冷え・冷え性として顕在化する。これらに対する対処方法として、局所冷却、局所加温が行われている。

局所冷却、局所加温は介護・看護、医療、生理、運動、作業などの場面で、各種症状のケア・改善、リラクゼーションなど効果を上げている。体幹、上腕、下肢、手足など局所への刺激は、全身に比べ身体への生理的負担が少なく、かつ手軽にできる優位性がある。中でも座位姿勢、安楽状態で行う足部への負荷は、身体拘束も少なく心理的に取り入れやすい手法である。

以上のことから、本研究では、まず熱中症と対策に関するアンケート調査を実施し、快適な衣生活を送るための基礎的実験として、足部冷水浴、足部温水浴を、異なる 3 環境、即ち暑熱環境、中立環境、冷涼環境下で負荷した時の人体生理・心理反応を検討した。

本論文は以下の 8 章により構成されている。

第 1 章「序論」では、本論文の社会背景と課題、研究文献の背景及び本論文の目的と構成について記述した。

第 2 章「日本及び中国の学生を対象とした熱中症に関する意識調査」では、日本と中国の大学生を対象に熱中症に関するアンケート調査を実施し、今後の熱中症予防に向け、冷却方法、冷却グッズなどを含む基礎資料の収集を目的とし、それらの利用状況を合わせて、両国間の比較分析を行った。次のような結果を得た。

1) 熱中症の理解度について、日本では、女性より男性が高い理解度を示し、中国では、男女

間に有意差は認められなかった。両国間では、中国が日本より高い理解度を示した。

2) 運動の程度について、中国は普段、日本より運動する割合が高かった。これは、日常的に運動できる環境の違いなどが影響していると思われた。

3) 予防対策について、日本では、男女間に有意差は認められず、中国では、女性の方が多く対策を取っていた。両国間では、日本の方が多く対策を取っていた。

4) 身体冷却グッズについて、日本及び中国とも冷却スプレーや冷たいタオルなどが使われていた。特に、中国では冷涼感を高めるものが好まれる。

5) 熱中症の発症について、日本の男女間には有意差が認められた。中国は、男女間に有意差が認められなかった。両国間では、日本の発症が有意に高かった。

第3章「異なる3環境：暑熱，中立，冷涼環境下における人体生理反応」では、暑熱環境 34°C，70%RH，中立環境 27°C，60%RH，冷涼環境 20°C，50%RH の人工気候室内に、半袖 T シャツとハーフパンツ着用の健康な 20 代女性 13 名を安静座位で 80 分間滞在させ、舌下温，皮膚温，指尖部皮膚血流量，背部局所発汗量及び心拍変動を測定し，環境温度変化による体温調節反応や自律神経活動を検討した。次のような結果を得た。

1) 舌下温は暑熱環境条件下において，中立，冷涼環境より有意に高く，人体に熱負荷を及ぼすことが示唆された。この暑熱条件は WBGT 値 33 に相当し，熱中症危険域レベルに属している。

2) 環境温度変化に対し，身体各部位皮膚温も有意な変動を見せた。前額部と胸部の温度変化量は小さく，手足末梢部の温度変化量は大きかった。特に，環境温度が 20°C に低下すると，手足末梢部皮膚温は急激に低下することが明らかになった。

3) 指尖部皮膚血流量及び背部発汗量は暑熱環境において増加し，冷涼環境において減少した。

4) 自律神経活動について，環境温度の低下に伴い RR 間隔は有意に増加した。HF と LF/HF は個人差が大きく，有意な変化は認められなかった。

第4章「暑熱環境下の足部冷水浴が人体生理・心理に及ぼす影響」では，暑熱環境下の足部冷水浴が体温調節反応及び自律神経活動に及ぼす影響を明らかにすると共に，熱中症予防対策への可能性を検討した。健康な 20 代女性 13 名を対象に，暑熱環境 (34°C，70%RH) 下で，15°C，15 分間の足部冷水浴が，舌下温，皮膚温，皮膚血流量，発汗量，及び心拍変動から体温調節反応や自律神経機能に及ぼす影響を検討し，次のような結果を得た。

1) 足部冷水浴は舌下温の有意な低下をもたらし，その効果は冷水浴終了後も継続した。

2) 身体各部位の皮膚温は，冷水浴無しのコントロール群と比較して有意に低下した。冷水浴中の温度低下量は足部，下腿部，指尖部，胸部，腕脚部，前額部の順で小さく，その生理的機序が考察された。

3) 指尖部皮膚血流量及び背部発汗量は，冷水浴開始から抑制され，冷水浴後は，やや増加した。コントロール群と比較して，冷却効果は持続することが示唆された。

4) 自律神経系活動について，RR 間隔及び HF の増大，LF/HF の低下が認められ，副交感神

経活動の亢進，交感神経活動の抑制が示唆された。

5) 本研究の結果より，足部冷水浴は身体深部温である舌下温及び皮膚の低下をもたらし，交感神経活動の抑制されることから，熱中症予防及び対処の手法としての一助となる可能性が示唆された。

第5章「中立環境下の足部冷水浴が人体生理・心理に及ぼす影響－暑熱環境との比較－」では，中立環境(27℃，60%RH)で15℃15分間の足部冷水浴を行い，暑熱環境下での足部冷水浴と比較し，異なる環境条件の変化に伴う体温調節反応及び自律神経活動の違いを検討した。次のような結果を得た。

- 1) 舌下温は，暑熱環境下低下したのに対し，中立環境下，一旦上昇し，冷水浴後原状に回復した。
- 2) 身体各部位の皮膚温は，前額部，胸部，上腕部，大腿部，指尖部の皮膚温について，中立環境では30分後ほとんど変化はなかったが，暑熱環境では前額部，指尖部が低下し，胸部は変化無く，上腕部，大腿部は上昇した。
- 3) 指尖部皮膚血流量は冷水浴後，中立環境下の方が暑熱環境下より有意に高かった。
- 4) 自律神経系活動について，暑熱環境下副交感神経活動の亢進が認められたが，中立環境では認められなかった。

第6章「冷涼環境下の足部冷水浴が人体生理・心理に及ぼす影響」では，冷涼環境下(20℃，50%RH)における足部温水浴が，舌下温，皮膚温，指尖部皮膚血流量，背部発汗量及び心拍変動から体温調節反応および自律神経活動に及ぼす影響を検討した。また，被験者を冷え群と非冷え群に分類し，冷え体質の影響を検討した。次のような結果を得た。

- 1) 温水浴により舌下温は全員有意に低下し，低下度は冷え群の方が大きかった。
- 2) 身体各部位の皮膚温は，両群とも指尖部皮膚温が温水浴で有意に低下した。反対に，温水に接している足部及びその近位にある下腿部皮膚温は，両群とも上昇し，その結果として平均皮膚温も有意に上昇した。
- 3) 指尖部皮膚血流量は，両群とも有意な減少が認められた。
- 4) 自律神経系活動について，両群とも副交感神経活動の亢進が認められなかった。
- 5) 足部温水浴は末梢が冷えやすい人にとって，リスクが大きいことが示唆された。

第7章「中立環境下の足部冷水浴が人体生理・心理に及ぼす影響－冷涼環境との比較－」では，中立環境(27℃，60%RH)下，42℃15分間の足部温水浴を行い，冷涼環境下の足部温水浴と比較し，異なる環境条件の変化に伴う体温調節反応及び自律神経活動の違いを検討した。次のような結果を得た。

- 1) 舌下温は，冷涼環境下低下したのに対し，中立環境下有意な上昇が認められた。
- 2) 身体各部位の皮膚温は，冷涼環境下ほとんどが低下した。中立環境は温水浴後冷涼環境より高い皮膚温を示した。
- 3) 指尖部皮膚血流量及び背部発汗量は，冷涼環境下有意に低下したが，中立環境下やや上昇

した。

4) 自律神経系活動について、副交感神経活動の亢進は両環境とも見られなかった。中立環境下交感神経活動の亢進が見られた。

第8章「総括」では各章をまとめ、研究全体の結論を記述した。

本研究では、地球温暖化やヒートアイランド現象で暑熱化した環境では熱中症の発症が、生活環境や生活習慣の変化による冷涼環境においては冷え・冷え性などの暑熱・寒冷ストレスによる発症や健康障害が引き起こされているという観点から、異なる温熱環境において、人体に局所温熱、局所冷却を与えた時の人体生理反応を検討、快適な衣生活を送るための基礎研究を行った。温熱環境条件は、暑熱環境、中立環境、冷涼環境とし、局所温熱には足部温水浴を、局所冷却には足部冷水浴を採用し、環境因子、人体の生理・心理反応の視点から人体実験を行い、官能評価を合わせて総合的に検討した。その結果、暑熱、中立、冷涼環境における舌下温、皮膚温、自律神経活動は環境温度に影響されることを明らかにした。

暑熱環境下における足部冷水浴は、深部体温を低下させ熱中症予防対策に効果的であることが示唆された。冷涼環境下における足部温水浴は感覚的には一時的な快適感をもたらすが深部体温の低下を招き、冷えやすい人にはリスクが大きいことが示唆された。本研究における中立環境の高温域 27°Cでは、リラクゼーション効果は認められず、中立環境における足部温水浴の実施には環境温度への配慮を要することが明らかになった。

以上のことから足部温水浴、足部冷水浴は人体の生理に様々な影響を与えることが分かり、諸症状の改善・ケア手法としての可能性や安全性を追求できた。これらの結果を、熱中症予防や冷え・冷え性改善に向けた衣服やグッズ・装備の研究開発に反映、快適な衣生活に生かしたい。

論文審査結果の要旨

本論文は、「異なる環境における足部冷水浴・足部温水浴が身体に及ぼす生理学的影響—熱中症及び冷え性の予防対策に関する基礎研究—」と題し、全8章より構成されている。

第1章「序論」では、本論文の社会背景と課題、研究文献の背景及び本論文の目的と構成について論述されている。

第2章「日本及び中国の学生を対象とした熱中症に関する意識調査」では、日本と中国の大学生を対象に熱中症に関するアンケート調査を実施し、今後の熱中症予防のための冷却方法や冷却グッズなどに関する基礎資料の収集と、それらの利用状況を合わせて、日中両国間の比較分析を行い、以下のような結果が論じられている。

1) 熱中症の理解度について日本では女性より男性が高い理解度を示し、中国では男女間に有意差は認められない。中国が日本より高い理解度を示した。

- 2) 運動の程度について、中国は普段、日本より運動する割合が高かった。これは、日常的に運動できる環境の違いなどが影響していると思われた。
- 3) 予防対策について、日本では、男女間に有意差は認められず、中国では、女性の方が多く対策を取っていた。両国間では、日本の方が多く対策を取っていた。
- 4) 身体冷却グッズについて、日本及び中国とも冷却スプレーや冷たいタオルなどが使われていた。特に、中国では冷涼感覚を高めるものが好まれる。
- 5) 熱中症の発症について、日本の男女間には有意差が認められた。中国は、男女間に有意差が認められなかった。両国間では、日本の発症が有意に高かった。

第3章「異なる3環境：暑熱、中立、冷涼環境下における人体生理反応」においては、暑熱環境 34°C,70%RH；中立環境 27°C,60%RH；冷涼環境 20°C,50%RH の人工気候室内に、半袖 T シャツとハーフパンツ着用の健康な 20 代女性 13 名を安静座位で 80 分間滞在させ、舌下温、皮膚温、指尖部皮膚血流量、背部局所発汗量の測定及び HRV 周波数解析を行い、環境温度の相異による体温調節反応や自律神経活動のけんかについて検討されている。以下がそのまとめに相当する。

- 1) 舌下温は暑熱環境条件下において、中立及び冷涼環境より有意に高く、人体に熱負荷を及ぼすことが示唆された。この暑熱条件は WBGT 値 33 に相当し、熱中症危険域レベルに属している。
- 2) 環境温度変化に対し、身体各部位皮膚温も有意な変動を見せた。前額部と胸部の温度変化量は小さく、手足末梢部の温度変化量は大きかった。特に環境温度が 20°C に低下すると、手足末梢部皮膚温は急激に低下することが明らかになった。
- 3) 指尖部皮膚血流量及び背部発汗量は暑熱環境において増加し、冷涼環境において減少した。
- 4) 自律神経活動について、環境温度の低下に伴い RR 間隔は有意に増加した。HF と LF/HF は個人差が大きく、有意な変化は認められなかった。

第4章「暑熱環境下の足部冷水浴が人体生理・心理に及ぼす影響」では、暑熱環境下における足部冷水浴が体温調節反応及び自律神経活動に及ぼす影響を明らかにすると共に、熱中症予防対策への可能性を検討した。健康な 20 代女性 13 名を対象に、暑熱環境 (34°C、70%RH) 下で、15°C、15 分間の足部冷水浴が、舌下温、皮膚温、皮膚血流量、発汗量、及び心拍変動から体温調節反応や自律神経機能に及ぼす影響を検討し、次のような結果を得られた。

- 1) 足部冷水浴は舌下温の有意な低下をもたらし、その効果は冷水浴終了後も持続した。
- 2) 身体各部位の皮膚温は、冷水浴無しのコントロール群と比較して有意に低下した。冷水浴中の温度低下量は足部、下腿部、指尖部、胸部、腕脚部、前額部の順で小さく、その生理的機序が考察された。
- 3) 指尖部皮膚血流量及び背部発汗量は、冷水浴開始から抑制され、冷水浴後は、やや増加した。コントロール群と比較して、冷却効果は持続することが示唆された。
- 4) 自律神経系活動について、RR 間隔及び HF の増大、LF/HF の低下が認められ、副交感神経活動の亢進、交感神経活動の抑制が示唆された。
- 5) 本研究の結果より、足部冷水浴は身体深部温である舌下温及び皮膚の低下をもたらし、交感神経活動の抑制されることから、熱中症予防及び対処の手法としての一助となる可能性

が示唆された。

第5章「中立環境下の足部冷水浴が人体生理・心理に及ぼす影響－暑熱環境との比較－」

では、中立環境(27°C,60%RH)において15°C,15分間の足部冷水浴を行い、暑熱環境下での足部冷水浴と比較し、異なる環境条件の変化に伴う体温調節反応及び自律神経活動の違いを検討したものである。

- 1) 舌下温は、暑熱環境下低下したのに対し、中立環境下、一旦上昇し、冷水浴後原状に回復した。
- 2) 身体各部位の皮膚温は、前額部、胸部、上腕部、大腿部、指尖部の皮膚温について、中立環境では30分後ほとんど変化はなかったが、暑熱環境では前額部、指尖部が低下し、胸部は変化無く、上腕部、大腿部は上昇した。
- 3) 指尖部皮膚血流量は冷水浴後、中立環境下の方が暑熱環境下より有意に高かった。
- 4) 自律神経系活動について、暑熱環境下副交感神経活動の亢進が認められたが、中立環境では認められなかった。

第6章「冷涼環境下の足部冷水浴が人体生理・心理に及ぼす影響」では、冷涼環境下(20°C,50%RH)における足部温水浴が、舌下温、皮膚温、指尖部皮膚血流量、背部発汗量及び心拍変動から体温調節反応および自律神経活動に及ぼす影響を検討した。また、被験者を冷え群と非冷え群に分類し、冷え体質の影響を検討した。

- 1) 温水浴により舌下温は全員有意に低下し、低下度は冷え群の方が大きかった。
- 2) 身体各部位の皮膚温は、両群とも指尖部皮膚温が温水浴で有意に低下した。反対に、温水に接している足部及びその近位にある下腿部皮膚温は、両群とも上昇し、その結果として平均皮膚温も有意に上昇した。
- 3) 指尖部皮膚血流量は、両群とも有意な減少が認められた。
- 4) 自律神経系活動について、両群とも副交感神経活動の亢進が認められなかった。
- 5) 足部温水浴は末梢が冷えやすい人にとって、リスクが大きいことが示唆された。

第7章「中立環境下の足部冷水浴が人体生理・心理に及ぼす影響－冷涼環境との比較－」

では、中立環境(27°C,60%RH)下、42°C15分間の足部温水浴を行い、冷涼環境下の足部温水浴と比較し、異なる環境条件の変化に伴う体温調節反応及び自律神経活動の違いを検討した。

- 1) 舌下温は、冷涼環境下低下したのに対し、中立環境下においては有意な上昇が認められた。
- 2) 身体各部位の皮膚温は、冷涼環境下ほとんどが低下した。中立環境は温水浴後冷涼環境より高い皮膚温を示した。
- 3) 指尖部皮膚血流量及び背部発汗量は、冷涼環境下では有意に低下したが、中立環境下ではやや上昇した。
- 4) 交感神経活動の亢進が認められた。

第8章「総括」では各章をまとめ、研究全体の結論を論じている。

現代社会においては、地球温暖化やヒートアイランド現象で暑熱化した環境では熱中症の

発症が、また生活環境や生活習慣の変化による冷涼環境においては冷え・冷え性などの暑熱・寒冷ストレスによる発症や健康障害が引き起こされているという観点から著者は思考し、異なる温熱環境において身体に局所加温や局所冷却を与えた時の温熱生理学的反応について検討し、快適な衣生活に貢献する安全かつ簡易な処置方法を考案すべく基礎研究を行った。環境条件としては、暑熱環境、中立環境、冷涼環境とし、ヒト対象実験により足部温水浴あるいは足部冷水浴を行い、身体深部温（舌下温）、身体各部位の皮膚温、脈管系温熱因子、自律神経系機能解析および官能評価を行い、総合的に検討したものである。その結果、暑熱、中立、冷涼環境において、足部の加温及び冷却処理を行う事により、舌下温、皮膚温、自律神経系機能に影響が及ぼされることが示唆された。暑熱環境下における足部冷水浴は、深部体温を低下させ熱中症予防対策に効果的であることが示唆され、冷涼環境下における足部温水浴は感覚的には一時的な快適感をもたらすが深部体温の低下を招き、冷えやすい人にはリスクが大きいことが示唆された。本研究における中立環境の高温域 27℃では、リラクゼーション効果は認められず、中立環境における足部温水浴の実施には環境温度への配慮を要することが推察された。

足部冷水浴、足部温水浴はヒトの生理に様々な影響を与えることが分かり、諸症状の改善・ケア手法としての可能性や安全性を追求できた。本論文により明らかにされた事実は、これまで多くの領域にて研究対象とされてきた足温浴の分野に新たなる知見・指針をもたらし、また比較的報告例の少ない足部冷水浴に関しては明確な知見・指針を与え、当該研究分野の理論的見地並びに実証的見地から鑑み、新規性が認められ論文内容も研鑽が認められ、被服環境学への貢献が大きい。本論文の基礎データは、熱中症予防や冷え・冷え性改善に向けた衣服やグッズ・装備の研究開発のためのエヴィデンスとなり得るものである。

よって本論文は博士（被服環境学）の学位に相当する論文であると判断された。