

氏名・（本籍） 伊藤 僚（京都府）

学位の種類 博士（体育学）

報告番号 乙 第54号

学位授与年月日 2016（平成28）年3月19日

学位授与の要件 学位規則（昭和28年4月1日文部省令第9号）

第4条第2項該当

論文題目 降雨による身体冷却が走運動中のヒトの体温・エネルギー代謝に及ぼす影響

審査委員（主査） 松本 孝朗

北川 薫

家田 重晴

論文審査および最終試験の結果

1. 論文審査の結果

1.1 提出論文の審査経過

本委員会は次の手順で提出論文の審査を行った。

2015年6月10日 論文受理および審査委員会の設置（研究科委員会）。

2015年6月10日 第1回学位審査委員会。第2回以降の審査日程を決定すると共に、提出論文についての審議をした結果、審査方針について次の合意が得られた。提出論文の内容に関しては学位に値するものと認められる。ただし、精細な査読を行い、その結果により修正を求める。

2015年7月7日 第2回学位審査委員会。査読結果を持ち寄り検討した。図表の配置やその番号付け、2章と3章の方法に関する部分の繰り返しや参考文献の記載方法に関して問題が認められるところが若干あるため、修正を求める。また、論文要旨に校正不足と思われる表記が多くみられるため、要旨全体の修正を求めることとした。上記の問題点について、これを論文提出者にその旨、具体的に通知し、指摘箇所の修正の検討を求めることとした。

2015年7月31日 第3回学位審査委員会。口頭にて最終試験を行った。

2015年8月31日 第4回学位審査委員会（稟議）において、修正点の確認および学位審査報告書の確認を行った。

1.2 提出論文の概要と評価

提出された論文の構成は次のとおりである。

第1章 序論

第2章 寒冷環境下における降雨が走運動中のヒトの体温・エネルギー代謝に及ぼす影響

第3章 暑熱環境下における降雨が走運動中のヒトの体温・エネルギー代謝に及ぼす影響

第4章 総括

本論文は、これまで系統的な研究が行われていなかった、降雨が運動中のヒトに及ぼす影響について、温度・湿度の制御に加えて、降雨と風を再現できる人工気候室を用いることで、初めて検討し、寒冷環境下では同一速度での走運動時のエネルギー消費量が増え、パフォーマンスの低下につながることを、一方、暑熱環境下では走運動時の体温上昇や暑熱ストレスが緩和され、有利に働くことを、明らかにしたものである。

第1章では、降雨によって衣服や体表面が濡れることが、寒冷および暑熱環境下において運動中のヒトへ及ぼす影響について、体温調節の面から概説するとともに、運動中のヒトへの降雨の影響に関する3編の先行研究を紹介している。それらは、実際の冬季のハイキングに雨が降った時のエネルギー消費量や体温を測定したものや、低～中程度の運動強度で歩行／走運動中のヒトにスプレーで水を吹きかけた実験、降雨時のハイキングを模擬し、25mのコースにスプリンクラーと送風機を設置した実験であり、得られた知見は断片的であり、かつ、ほとんどが低強度の歩行運動に限られていると述べている。

第2章では、室温5℃の人工気候室にて、40 mm/hの降雨条件下に、最大酸素摂取量の70%相当の走運動（ 186 ± 16 m/min）を行わせ、寒冷環境下における降雨が走運動中のヒトの体温、エネルギー代謝に及ぼす影響について検討している。

運動時間全体にわたる酸素摂取量の約20%の増加（心拍数、主観的運動強度は不変）、食道温の低下（主に運動前半）、平均皮膚温の低下（主に運動後半）、運動前半を主とする血中乳酸とノルエピネフリンの増加（エピネフリンは不変）の結果を得ている。降雨によって皮膚からの熱放散が増加し、体温が低下、それに対する応答として、交感神経活動の亢進（ノルエピネフリン分泌）、非ふるえ熱産生の増加を来す、また、筋温低下によって生じる筋収縮力の低下を代償するため、運動単位の動員数が増加すると考察している。寒冷環境下における降雨は、走運動中のヒトのエネルギー消費を増加させ、運動パフォーマンスの低下につながるため、防寒対策や入念なウォーミングアップの必要性を指摘している。

第3章では、室温33℃の人工気候室にて、30 mm/hの降雨条件下に、最大酸素摂取量の70%相当の走運動（ 189 ± 11 m/min）を行わせ、暑熱環境下における降雨が走運動中のヒトの体温、エネルギー代謝に及ぼす影響について検討している。その結果、運動開始から全体にわたる食道温と平均皮膚温の低下、運動後半の心拍数の減少（酸素摂取量、主観的運動強度は不変）、運動後半の血中乳酸とエピネフリンの低下（ノルエピネフリンは不変）の結果を得ている。暑熱環境下の降雨は、核心温、心拍数、血中乳酸濃度、血漿エピネフリン濃度の低下を引き起こし、体温上昇を原因とする運動パフォーマンスの低下を軽減する可能性があると考えられている。そのため、運動強度や運動時間を抑えざるを得ないような暑熱環境であっても、降雨があれば、トレーニングや試合中の運動強度を上げることが可能との示唆を導いている。

第4章では、第2章と第3章の結果を総括し、以下のようにまとめている。寒冷環境下における降雨は、皮膚表面や着衣が濡れることで増加する熱放散により生じる身体冷却を原因とし、運動パフォーマンスを低下させる。一方、暑熱環境下における降雨は、皮膚表面や着衣が濡れることで増加する熱放散により、運動中の暑熱ストレスが軽減され、運動パフォーマンスに有利に働く。また、本論文は30分という比較的短い運動時間を採用しており、今後、運動時間や運動強度を変えた検討が必要であると、本論文の限界について述べている。

1.3 提出論文の評価

本論文は、これまで未解明であった、降雨が運動中のヒトに及ぼす影響について、温度・湿度の制御に加えて、降雨と風を再現できる人工気候室を用いることで、初めて検討し、寒冷環境下では同一速度での走運動時のエネルギー消費量が増え、パフォーマンスの低下につながることを、一方、暑熱環境下では運動時の暑熱ストレスが緩和されるため、有利に働くことを、人を対象とした被験者実験で、運動生理学・環境生理学的研究手法によって、明らかにしたものであり、学術的に高く評価できる。また、血中ノルエピネフリンによる交感神経活動の評価、エピネフリンによるストレス応答の評価、血中の糖質・脂質の測定からのエネルギー基質の貢献度の評価を試みた点は、著者の内分泌・代謝領域の専門的知識の深さが評価できる。寒冷環境下の結果は、駅伝やマラソンなどの冬季に屋外で行われる競技へ、暑熱環境下の結果はサッカーやラグビーなどの夏季にも行われる競技へ、有用な知見を提供した点は、スポーツ現場への研究成果のフィードバックとして評価できる。

1.4 提出論文の既刊論文との関係

本論文を構成する各章のうち、以下の章は下記の学術誌に掲載された論文を中心にして書かれている。

第2章

Effect of rain on energy metabolism while running in a cold environment.

R. Ito, M. Nakano, M. Yamane, M. Amano, T. Matsumoto.

International Journal of Sports Medicine. 2013; 34(8): 707-711.

第3章

Rain influences the physiological and metabolic responses to exercise in hot conditions.

R. Ito, N. Yamashita, E. Suzuki, T. Matsumoto.

Journal of Sports Sciences. 2015; 33(9): 892-898.

2. 最終試験の結果

第3回審査委員会において、口頭にて最終試験を行った。その内容は、論文の内容、研究方法論、ヒトを対象とした実験研究における倫理、生体の調節系の概念に関する知識を確認しようとするものであり、その結果、研究能力および専門領域についての十分な学識を有していると判定した。

3. 学力の確認

本論文の提出者は、本研究科博士課程において所定の単位を取得し、かつ学会誌に英文2編を含む複数の論文を発表していることにより、博士の学位を授与されるに値する学力を有すると判断した。

4. 結論

本学位審査委員会は、提出された博士学位請求論文が博士(体育学)の学位に値するものであり、かつ、論文提出者は専門領域に関する十分な学識と研究能力を有するものと判定した。

以上