

論文要旨

1. 研究の背景

マラソンやサッカー等、長時間運動を屋外で行う競技は、気温や天候により、運動能が影響を受けることが知られている。なかでも、降雨は全身の衣服や身体表面が濡れることで熱放散量が増加し、核心温や筋温の低下によって運動能が低下すると考えられている。実際、2006年第28回東京国際女子マラソンは気温10℃の降雨を伴う環境下で開催され、上位20名のゴールタイムは例年のゴールタイムと比較して約4分、遅くなっている。しかしながら降雨による身体冷却が運動中のヒトにおよぼす生理的影響をみた研究は極めて少なく系統的に研究が遂行されていない (Ainslie et al. 2002, Tikuisis et al. 1999, Weller et al. 1997, Thompson et al. 1996)。気温と湿度に加えて、降雨と風の再現が可能である人工気象室 (TBR-12A 4 PX, ESPEC) を使用することで降雨環境を一定に設定し、降雨が運動中のヒトに及ぼす生理的影響を、研究①では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を検討し、研究②では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を検討した。

2. 研究① “Effect of rain on energy metabolism while running in a cold environment.”

International Journal of Sports Medicine 2013; 34: 707-711

研究目的

水の熱伝導率は空気の約25倍と高く、降雨で全身の衣服や身体表面が濡れると、体熱放散量が増加し、特に寒冷環境下では身体冷却により運動能低下が起こると考えられる。しかしながら、これまでに降雨環境を設定し、運動中のヒトの生理学的反応をみた研究は極めて少なく、また、その運動強度は60% $\dot{V}O_{2max}$ 以下の低強度運動に限られている。その原因としてトレッドミル等が設置され、降雨環境や風環境の設定が可能である人工気象室が少ないことが挙げられる。また、これまでに降雨が運動中のヒトにおよぼす生理的影響をみた報告では、被験者の体の一部分を定期的に濡らす、スプリンクラーや送風機を数台設置し通過させる等の実験方法を採用しており、系統的に実験が行われていない。そこで、研究①の目的を寒冷環境下における降雨が走運動中 (70% $\dot{V}O_{2max}$) のヒトの体温・エネルギー代謝に及ぼす影響を明らかにすることとした。

方法

被験者は健康な男性7名 (age, 23 ± 2 y; 168.6 ± 7.5cm; mass, 65.9 ± 8.1kg; $\dot{V}O_{2max}$, 52.0 ± 5.7ml · kg⁻¹ · min⁻¹) であった。実験に先立って、70% $\dot{V}O_{2max}$ の走速度を算出するため、最大酸素摂取量の測定を漸増負荷運動テストにて算出し、1週間後にRAIN (降雨あり)、CON (降雨なし) の2条件を1週間の間隔を空けて無作為の順序で行った。被験者はポリエステル100%の長袖シャツとランニングパンツを着用し、環境温5℃に設定された人工気象室に入室後、ベンチコートを着用した状態で10分間の座位安静をとり、その後、ベンチコートを脱ぎ、トレッドミル上で70% $\dot{V}O_{2max}$ の走運動を30分間行った。RAINは運動開始と同時に40mm/hの降雨状態を設定した。気流については両条件共に、被験者の前方より、走速度と等しい向かい風を設定した。

測定項目は食道温、皮膚温、酸素摂取量、RER、心拍数、RPE、血漿乳酸濃度、血漿グルコース濃度、血漿エピネフリン濃度、血漿ノルエピネフリン濃度、血清遊離脂肪酸濃度、血清中性脂肪濃度とした。

結果

酸素摂取量は運動中、RAINがCONと比較して有意に高値を示した。心拍数、RPE、RERはRAINと

CON の間に有意な差はなかった。食道温は運動開始 5、10、15分において、RAIN が CON と比較して有意に低値を示した。平均皮膚温は運動開始15、20、25、30分において RAIN が CON と比較して有意に低値を示した。血漿乳酸濃度は運動開始10、20、30分において RAIN が CON と比較して有意に高値を示した。血漿ノルエピネフリン濃度は運動開始10、20分において RAIN が CON と比較して有意に高値を示した。血漿グルコース濃度、血漿エピネフリン濃度、血清中性脂肪濃度、血清遊離脂肪酸濃度は RAIN と CON の間に有意な差はなかった。

結論

寒冷環境下における降雨は、身体冷却による運動能低下をおこす可能性が考えられる。

3. 研究② “Rain influences the physiological and metabolic responses to exercise in hot conditions”

Journal of Sports Sciences 2015; 33: 892-898

研究目的

我々は研究①で寒冷環境下の降雨が、走運動中のヒトの核心温の低下、酸素摂取量の増加、血漿乳酸濃度の上昇をおこし、運動能低下の原因となる可能性を報告した。これまでに降雨環境を模擬し、運動中のヒトの生理的反応を報告した研究は少なく、また、我々の知る限りでは、その報告は寒冷環境下の運動に限られている。そこで、研究②の目的は暑熱環境下における降雨が走運動中 ($70\% \dot{V}O_{2max}$) のヒトの体温・エネルギー代謝に及ぼす影響を明らかにすることとした。

方法

被験者は健康な男性11名 (age, 22 ± 1 y; 174.3 ± 6.9 cm; mass, 67.4 ± 6.4 kg; $\dot{V}O_{2max}$, 55.5 ± 6.4 ml \cdot kg $^{-1}\cdot$ min $^{-1}$) であった。実験に先立って、 $70\% \dot{V}O_{2max}$ の走速度を算出するため、最大酸素摂取量の測定を漸増負荷運動テストにて算出し、1週間後に RAIN (降雨あり)、CON (降雨なし) の2条件を1週間の間隔を空けて無作為の順序で行った。被験者はポリエステル100%の半袖シャツとランニングパンツを着用し、環境温33℃に設定された人工気象室に入室後、10分間の座位安静をとり、その後、トレッドミル上で $70\% \dot{V}O_{2max}$ の走運動を30分間行った。RAIN は運動開始と同時に30mm/hの降雨状態を設定した。気流については両条件共に、被験者の前方より、走速度と等しい向かい風を設定した。測定項目は研究①と同じとした。

結果

食道温は運動中、RAIN が CON と比較して有意に低値を示した。平均皮膚温は運動中、RAIN が CON と比較して有意に低値を示した。心拍数は運動開始20、25、30分において RAIN が CON と比較して有意に低値を示した。酸素摂取量、RPE、RER は RAIN と CON の間に有意な差はなかった。血漿乳酸濃度と血漿エピネフリン濃度は運動開始30分目に RAIN が CON と比較して有意に低値を示した。血漿グルコース濃度、血漿ノルエピネフリン濃度、血清中性脂肪濃度、血清遊離脂肪酸濃度は RAIN と CON の間に有意な差はなかった。

結論

暑熱環境下における降雨は、熱放散量が増加することで運動中の熱ストレスが軽減され、運動能低下が抑制される可能性が考えられる。

4. まとめ

本研究は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た。その結果、寒冷環境下の降雨は核心温の低下、エネルギー消費量の増加、血漿ノルエピネフリン濃度、血漿乳酸濃度の

上昇を起こすことが明らかとなった。このことから寒冷環境下の降雨は寒冷ストレスを原因とした運動能低下の原因となる可能性が考えられる。また、暑熱環境下の降雨は核心温の低下、心拍数の低下、血漿乳酸濃度、血漿エピネフリン濃度の低下を起こすことが明らかとなった。このことから暑熱環境下の降雨は暑熱ストレスを軽減し、運動能低下を抑制する可能性が考えられる。