

運動時の全身循環および 体温調節機能をサポートする下肢圧迫法の開発

奈良女子大学 鷹 股 亮

Improvement of Thermoregulatory and Systemic Circulatory Function by Compression of Lower Extremities

by

Akira Takamata

*Department of Environmental Health,
Nara Women's University*

ABSTRACT

Upright exercise in a hot environment reduces venous return, which enhances cardiovascular drift and inhibits thermoregulatory peripheral vasodilation. In the present study, we quantified calf venous compliance and examined the systemic cardiovascular response to lower body negative pressure (LBNP). We also examined the effect of leg compression on the calf local blood flow response. The calculated calf venous compliance was 4.63 ± 0.28 ml/100g tissue/100mmHg, and this value was not influenced by local calf skin heating. (LBNP) increased thoracic impedance (an index of central blood volume) and decreased cardiac stroke volume, which were accompanied with the increase in heart rate and decrease in forearm vascular conductance. The decrease in forearm conductance in response to LBNP was more pronounced during heat stress, suggesting that thermoregulatory peripheral vasodilation was inhibited by accumulation of blood in the lower extremities. These suggest that leg compression should be effective for maintenance of systemic circulation during gravitational stress by reducing blood pooling in the lower extremities. In contrast, local calf blood flow was reduced by leg compression because

of reduced perfusion pressure. Further studies are required to determine the most effective compression in consideration of peripheral and systemic circulation.

要 旨

高温環境下での立位での運動時には、特に下肢への血液貯留が起こり、静脈還流量が低下して全身循環、体温調節機能を障害する。本研究では、下肢の静脈コンプライアンスを定量した。また、下肢圧迫が下腿局所循環に及ぼす影響を検討した。下腿静脈コンプライアンスは、 $4.63 \pm 0.28 \text{ ml}/100 \text{ g tissue}/100 \text{ mmHg}$ で、局所皮膚温上昇の影響を受けなかった。下半身陰圧は、胸郭インピーダンス（中心血液量の指標）を上昇、一回心拍出量を減少させ、心拍数の増加、前腕血管コンダクタンスの低下を伴った。下半身陰圧負荷時の前腕血管コンダクタンスの低下は、体温上昇時に大きくなった。このことは、体温調節反応が抑制されていることを示す。従って、下肢圧迫は、下肢への血液の貯留量を減少させることにより全身循環維持に有効であると考えられる。一方、下肢圧迫による灌流圧の低下は下肢血流量を低下させた。最適な圧迫圧を全身循環と局所循環の両面から検討していくことが今後の課題である。

まえがき

運動時には、活動筋での熱産生の増加に伴い体温が上昇する。体温上昇に対する体温調節反応として、発汗および皮膚血管拡張による皮膚血流量の増加が起こり、放熱量を増加させ体温を一定に保とうとするメカニズムが働く^{11,13)}。

発汗による細胞外液（血漿）量の減少と血漿浸透圧の上昇は、ともに体温調節機能に影響を及ぼす^{10, 12, 13)}。運動時の発汗による脱水に加えて、体温上昇による皮膚血流量の増加は、末梢への血液貯留をまねき、その結果として、全身循環およ

び体温調節反応に影響を及ぼす。一定強度の運動を行っているにもかかわらず、体温が上昇すると心拍数が上昇するが、これは cardiovascular drift として知られている^{1,10,11)}。

皮膚血流量増加による全身循環および体温調節反応に対する影響のメカニズムは以下のように考えられている。皮膚血流量の増加により末梢への血液の貯留が起こる。その結果、静脈還流量が減少し、心充満圧が低下し、フランク-スターリングの法則により心臓が一回に拍出する血液の量が減少する¹⁰⁾。この時、血圧を維持するために心拍数の増加や、皮膚血管の収縮（熱放散の抑制）が起こる。これらの反応は、主に心肺圧受容器を介して起こると考えられている^{2,6,10,11)}。

そこで、長時間継続する運動時（特に暑熱環境下では）の下肢への血液の貯留を防ぐことにより、運動時の体温・循環機能を改善することが可能なのではないかと考えた。実際に、臥位の運動⁵⁾、水中での運動⁸⁾、輸液⁹⁾、陰圧呼吸⁷⁾により心肺受容器の脱負荷を抑制することにより、運動時の体温調節機能が改善されることが報告されている。

本研究では、長時間運動時に下肢への血液の貯留を防ぐためのタイツやスパッツなどを用いた有効な下肢圧迫法を開発する為の基礎データを提供することを目的とした定量的研究を行った。