

耐寒性の個人差に影響をおよぼす要因について

— 血管機能と寒冷時血管収縮の関係 —

前田享史¹、横山真太郎¹、倉前正志¹、福島哲仁²¹北海道大学大学院工学研究科空間性能システム専攻環境人間工学研究室²福島県立医科大学医学部衛生学・予防医学講座**Influence factors on individual variation of cold tolerance
- Relationship between vascular function and vasoconstriction in a cold -**Takafumi Maeda¹, Shintaro Yokoyama¹, Masashi Kuramae¹, Tetsuhito Fukushima²¹Laboratory of Environmental Ergonomics, Graduate School of Engineering, Hokkaido University²Department of Hygiene and Preventive Medicine, Fukushima Medical University School of Medicine

Abstract : The purposes of this study were to clarify relationships among vascular function, aerobic physical fitness and peripheral vasoconstriction during cold exposure. Twenty-one healthy males participated voluntarily in this study which involved whole-body cold exposure test, the measurement of maximum oxygen uptake, and vascular function test. There was a positive relationship between vascular function and change of finger blood flow in cold exposure test, and between maximum oxygen uptake and vascular function. These results suggested that exercise training leads to improved flexibility and responsiveness of blood vessels, thus improving vasoconstrictive capacity and cold tolerance.

Key words : Vascular function, maximum oxygen uptake, thermoregulation, skin blood flow, vasoconstriction

要旨 : 本研究の目的は、血管機能、有酸素運動能および寒冷時の身体末梢部の血管収縮反応の間の関係を明らかにすることであった。21名の健康な男性を対象とし、28℃から10℃へ気温低下と10℃で60分間の安静からなる全身寒冷曝露実験、最大酸素摂取量の実測、及び血管機能検査を実施した。全身寒冷曝露実験において直腸温、皮膚温、酸素摂取量、指部皮膚血流量を測定した。血管機能と寒冷時の指部皮膚血流量との間、及び持久的運動能力の指標である最大酸素摂取量と血管機能との間に正相関が認められた。これらの結果は、血管の柔軟性は持久的な運動習慣によって向上し、柔軟性の高い血管は寒冷曝露時に指部の血管を強く収縮させることを示した。以上のことから血管機能は耐寒性の個人差を生み出す要因となることが示唆された。

キーワード : 血管機能、最大酸素摂取量、体温調節、皮膚血流量、血管収縮

1. はじめに

現代、生活習慣はさまざまな疾患の危険因子として挙げられているが、生活習慣のなかでも特に運動習慣と食習慣は体温調節機能にかかわる生理機能にも影響を及ぼすことが知られている。つまり、生活習慣による生理機能の変動が体温調節機能の個人差をつくりだすひとつの要因となっていると考えられる。

持久的運動トレーニングが寒冷時の体温調節機能（放熱抑制および産熱亢進）に及ぼす影響について、多くの研究者によって報告されているが、結果は必ず

しも一致していない。寒冷曝露中の代謝性熱産生は、運動トレーニングによって増加し (Andersen, 1966; Bittel ら, 1988; Hirata and Nagasaka, 1981)、放熱も増加する (Bittel ら, 1988; Falk ら, 1994) と報告されている一方で、放熱は運動トレーニングによって抑制されるとの報告もある (Yoshida ら, 1998)。Yoshida ら (1998) は同じ体脂肪量で比較し最大酸素摂取量 (VO₂max) が高い個体ほど皮膚温が低くなり、熱放散が低いことを報告している。また、著者らは 10℃に 90 分曝露時の指部の血管径は、VO₂max の高い個体ほど小

さくなったことを確認していることから、血管収縮能力は運動能力によって向上することが考えられる。

一方、血管の柔軟性や反応性といった血管機能は運動トレーニングによって改善することが報告されている。血管機能が寒冷時の血管収縮反応に影響を及ぼすことが考えられるがこれらの関係をみた研究はない。

以上のことから、本研究では耐寒性を評価する一つの指標である寒冷時の血管収縮と血管機能および有酸素運動能との間の関係を明らかにし、血管機能が耐寒性の個人差に関与するか否かを検討することを目的とした。

2. 方法

21名の健康な男性が本実験に被験者として参加した。各被験者に対し、全身寒冷曝露実験、運動能力試験、血管機能検査を実施した。

全身寒冷曝露実験：28℃, 50%RH に設定した人工気候室にて60分間の仰臥位安静の後、約30分かけて室温を10℃に低下し、その後60分間の仰臥位安静を行った。測定項目は直腸温、皮膚温7部位（前額、腹、前腕、手背、大腿、下腿、足背）、および呼気ガス分析による酸素摂取量(V_{O_2})、右第二指部の皮膚血流量(BF)であった。また、7部位の皮膚温からHardy and DuBoisの手法により平均皮膚温を算出した。服装は、Tシャツおよび短パン（約0.3clo）であった。

血管機能検査：椅座位安静にて左上腕に装着したカフを瞬間的に約200mmHgまで加圧して5分間保持し、加圧前後の前腕の血流量をストレンゲージプレスティモグラフィを用いて15秒ごとに測定した。駆血解除後1分間の総和から血管柔軟性を評価した。

運動能力試験：自転車エルゴメータによる漸増負荷運動(+20 W/min)を疲労困憊に至るまで実施したときの呼気ガス分析から、体重あたりの V_{O_2max} を求め、持久的運動能力の指標とした。

3. 結果

持久的運動能力の指標である最大酸素摂取量と寒冷曝露時の指部血流量との間に有意な相関関係は見られなかったが、血管機能と寒冷時の指部皮膚血流量との間には正の相関が認められた (Figure 1, $r=0.439$, $p=0.047$)。また、最大酸素摂取量と血管機能との間にも正の相関が認められた ($r=0.631$, $p=0.002$)。

4. 考察

本研究で用いた血管機能の評価法は血管内皮細胞からの一酸化窒素放出の促進による内皮依存性血管拡張をとらえたものであるとともに、血管の柔軟性の指標となる。本研究の V_{O_2max} と血管機能の関係から、血管

の柔軟性は運動習慣によって向上することが示された。また、寒冷曝露時の指部血流量の変化と血管機能の関係から、柔軟性の高い血管は寒冷曝露

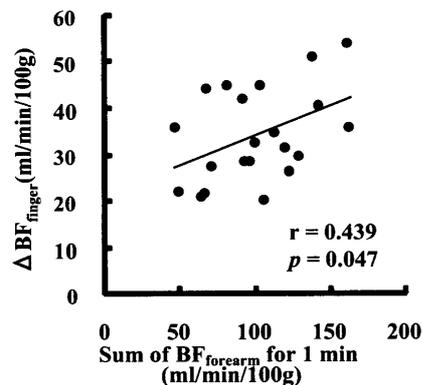


Figure 1 Relationship between vascular function and vasoconstriction by cold exposure.

時に指部の血管を強く収縮させることが示された。以上のことから運動習慣によって変動する血管機能は耐寒性の個人差を生み出す要因となることが示唆された。

謝辞 本研究は科学研究費補助金若手研究Aおよび基盤研究Bによるものである。

5. 文献

- Andersen, K.L. 1966. Metabolic and circulatory aspects of tolerance to cold as affected by physical training. *Fed. Proc.* 25: 1351/1356
- Bittel, J.H., Nonotte-Varly, C., Livecchi-Gonnot, G.H., Savourey, G.L., Hanniquet, A.M. 1988. Physical fitness and thermoregulatory reactions in a cold environment in men. *J. Appl. Physiol.* 65: 1984/1989
- Falk, B., Bar-Or, O., Smolander, J., Frost, G. 1994. Response to rest and exercise in the cold: effects of age and aerobic fitness. *J. Appl. Physiol.* 76: 72/78
- Hirata, K., Nagasaka, T. 1981. Enhancement of calorogenic response to cold and to norepinephrine in physically trained rats. *Jpn. J. Physiol.* 31: 657/665
- Yoshida, T., Nagashima, K., Nakai, S., Yorimoto, A., Kawabata, T., Morimoto, T. 1998. Nonshivering thermoregulatory responses in trained athletes: effects of physical fitness and body fat. *Jpn. J. Physiol.* 48: 143/148

<連絡先>

前田享史

〒960-8628 札幌市北区北13条西8丁目

北海道大学大学院工学研究科環境人間工学研究室

maeda@eng.hokudai.ac.jp