

ビートルートジュース摂取が寒冷曝露時の末梢循環応答に及ぼす影響に関する研究

Effects of beetroot juice intake on peripheral circulatory response to cold exposure

非会員 ○杉山 滉治 (北海道大学) 非会員 鈴木 新一 (北海道大学)

正会員 若林 齊 (北海道大学)

Kouji SUGIYAMA*¹ Shinichi SUZUKI*¹ Hitoshi WAKABAYASHI*¹

*¹ Hokkaido University

Synopsis : The purpose of this study is to investigate the effect of beetroot juice intake on cold induced vasodilation (CIVD) response and recovery of skin temperature during and after local cold exposure. Twenty male subjects participated in this study. We evaluated finger skin temperature, skin blood flow, and cutaneous vascular conductance during and after 30-min hand immersion in 8°C water with beetroot juice or water intake. The results showed greater recovery of skin temperature and vasodilation in finger in beetroot condition, while no difference in the CIVD during hand immersion. Therefore, it was suggested that beetroot juice intake may lead to improve manual work efficiency under cold environment.

1. 緒言

人は寒冷環境では、皮膚血管収縮反応によって皮膚温の低下が起こり、末梢部に対する強い寒冷刺激を継続すると寒冷誘発性血管拡張反応 (CIVD 反応) が引き起こされる。さらに皮膚温の低下は指先の巧緻性等の運動パフォーマンスの低下につながる。このことから、寒冷作業者の作業リスクの増加や作業能率の低下が懸念され、寒冷地屋外作業や冷凍食品加工者などに影響を与える。また循環系・代謝系においても筋血流量の低下や血中乳酸濃度の上昇が報告されており²⁾、筋疲労の早期発現などのパフォーマンス低下につながる。また、寒冷環境での作業者の血圧上昇について健康影響が報告されている³⁾。

そこでこのような皮膚温の低下や作業効率の改善を目的としてビートルート (赤ビーツ、テーブルビート) の摂取に着目した。ビートルートは近年北海道で栽培が盛んになっているアカザ科の野菜であり、硝酸塩を多く含んでいる⁴⁾。このビートルートに含まれる硝酸塩 (NO_3^-) は摂取後、体内で亜硝酸塩 (NO_2^-) を経て血管拡張作用を持つ一酸化窒素 (NO) へ変換される⁵⁾。この NO の血管拡張作用は皮膚血流量の増加や降圧作用を引き起こす⁶⁾。また血管拡張作用により局所寒冷曝露時の CIVD 反応及び回復反応が亢進すれば、寒冷作業時の凍傷予防や作業効率改善につながる可能性がある。

本研究ではビートルートを濃縮したビートルートジュース摂取による手部冷水浸漬時の CIVD 反応の亢進および浸漬終了後の皮膚温回復の促進効果を検証することを目的とした。

2. 研究方法

健康な青年男性 20 名を対象として、被験者一人に対してビートルートジュース (Beet) または水を摂取させる条件でそれぞれ一回ずつ局所寒冷曝露実験を行った。実験間隔は 5 日間以上空け、Beet や寒冷順応による影響が出ないように行った。食事制限については、食事性熱産生の影響が出ないように実験開始の 2 時間前から絶食させた。また Beet に含まれる硝酸塩の生体影響を適切に評価するために、実験前日及び当日に硝酸塩を多く含む食材 (ホウレンソウ、加工肉など) の摂取を控えさせた。被験者は半袖シャツ、長ズボン、靴下を着用し (約 0.6clo)、室温を約 27°C に設定した部屋で座位安静状態を保った。まず実験開始 30 分間で各種測定項目のベースラインを測定した後に、Beet または水を 140ml 飲用させた。その後 120 分間安静状態を保った後に低温恒温循環装置を用いて調整した水温 8°C の水に手部をビニル手袋で防水した状態で 30 分間浸漬した。その後、室温 27°C 環境下で 45 分間指尖部皮膚温の回復過程を測定した。測定項目は指尖部および前腕部の皮膚血流量、皮膚温 8 部位とした。また血圧と心拍数と主観申告 (全身温冷感、局所温冷感、温熱的快適感、痛み尺度) 及び主観的末梢部寒冷耐性も測定した。

3. 結果と考察

図 1 に、指尖部皮膚温の経時変化を浸漬開始 5 分前から示した。二元配置の分散分析の結果、浸漬区間では時間の主効果 ($F=3268.87$, $p<0.05$) のみが認められ、回復区間では時間の主効果 ($F=493.90$, $p<0.05$)、時間と条件の交互作用 ($F=3.09$, $p<0.05$) が認められた。2 条件間において 5 分間隔で有意差検定を行った結果、浸漬区間 (150

～180分)は差がみられなかったが、回復区間は(180～225分)回復開始約10分後からBeet条件で高い皮膚温回復を示し、200分時において有意に高値を示した($p < 0.05$)。また、図2にBeet摂取前からの指尖部における皮膚血管コンダクタンス(CVC=皮膚血流/平均血圧)の変化率を示した。図2から安静区間(30～150分)においてドリンクを摂取して以降Beet条件で高い血管拡張性が示され、149分時で有意に高いCVCが見られた($p < 0.05$)。回復区間でもBeet条件で高い血管拡張性が示され、196分時と226分時に有意に高いCVCを示した($P < 0.05$)。本研究では浸漬区間の血圧を測定しなかったため、浸漬区間のCVCは算出していない。浸漬終了後の皮膚温回復過程における個人特性の評価に回復面積(ある回復区間における皮膚温の時間曲線下面積から水温に相当する8°Cの面積を差し引いて算出)を用いて、指尖部皮膚温の経時変化においてBeet条件が高値を示した回復区間(10～15分)に着目し、図3にWater条件の回復面積に対するBeet条件とWater条件の回復面積の差分との関係を示した。その結果、有意な負の相関が見られた($p < 0.05$, $r = -0.654$)。

以上のことからビーートルートジュースを摂取することによる血管拡張作用は浸漬区間より回復区間において顕著であった。回復区間にCVC変化率がBeet条件で高値を示した時点で指尖部皮膚温もBeet条件で高値を示していることから、皮膚血管拡張による血流量増加が指尖部皮膚温の回復を促進したと考えられる。個人特性について図3の横軸を各被験者の末梢循環応答の特性、縦軸をBeet摂取による末梢循環回復反応の亢進効果と考えると、皮膚温回復が遅い特性を持つ人ほどBeet摂取による指尖部皮膚温の回復反応の亢進効果が高く見られることが分かる。したがってBeetを摂取することは寒冷作業時の作業効率の改善につながる可能性があり、Beetによる皮膚温回復に対する効果は寒冷刺激に弱い人により顕著に示されることが示唆された。

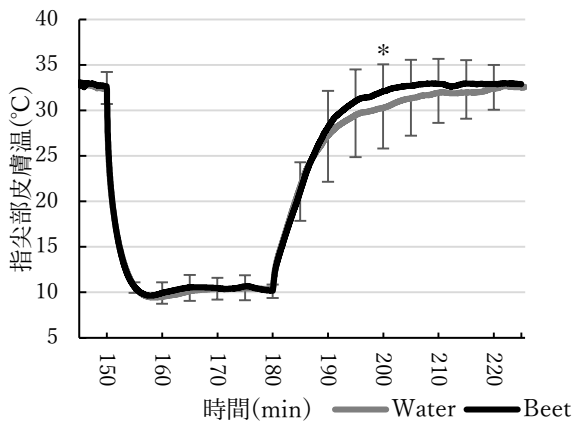


図1 指尖部皮膚温の経時変化 (n=20, mean±SD)

* $p < 0.05$

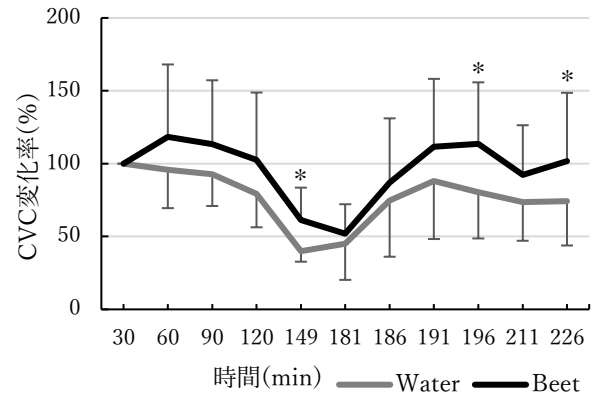


図2 指尖部における皮膚血管コンダクタンス変化率 (n=20, mean±SD)

* $p < 0.05$

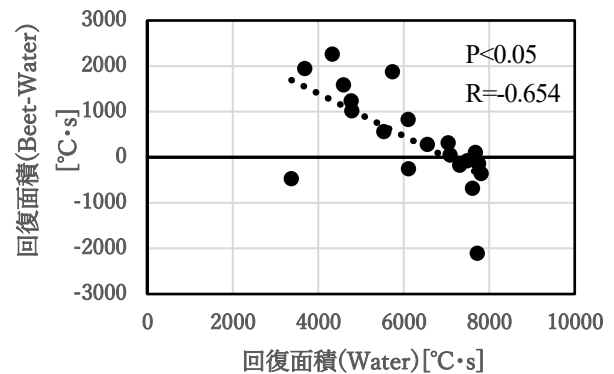


図3 Water条件における回復面積(10～15分)に対するBeet条件とWater条件の回復面積の差分との相関関係 (n=20)

謝辞

実験に協力して下さった被験者の方々に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) Daanen HA: Manual Performance Deterioration in the Cold Estimated Using the Wind Chill Equivalent. *Industrial Health*, pp262-270, (2009)
- 2) Rennie D, Park Y, Veicsterinas A and Pendergast D: Metabolic and circulatory adaptation to cold water stress, Elsevier/North-Holland Biomedical Press, 315-321, (1980)
- 3) MAKINEN M, HASSI J: Health Problems in cold Work, *Industrial Health* 47 207-220, (2009)
- 4) 日本食品標準成分表(七訂), 文部科学省, (2015年度版)
- 5) 柴田 勝: 体内における硝酸塩類の動向と働きについて, *農業と科学*, (2019)
- 6) Amano T: Influence of dietary nitrate supplementation on local sweating and cutaneous vascular responses during exercise in a hot environment, *European journal of Applied Physiology*, 118:1579-1588, (2018)