足底各部の冷却鈍麻が姿勢制御に与える影響

○信畑 卓哉（岡山県立大学大学院情報系工学研究科）

松永 凌（岡山県立大学大学院情報系工学研究科）

浅田 裕司（岡山県立大学大学院情報系工学研究科）

岡本 光平（岡山県立大学大学院情報系工学研究科）

齋藤 誠二（岡山県立大学情報工学部）

Influence of the Cooling Paralysis of Each Sole Parts on the Postural Control

Takuya NOBUHATA (Graduate school of Computer Science and Systems Engineering, Okayama Prefectural University),

Ryo MATUNAGA (Graduate school of Computer Science and Systems Engineering, Okayama Prefectural University), Yuji ASADA (Graduate school of Computer Science and Systems Engineering, Okayama Prefectural University), Kohei OKAMOTO (Graduate school of Computer Science and Systems Engineering, Okayama Prefectural University),
Seiji SAITO (Faculty of Computer Science and System Engineering, Okayama Prefectural University)

1. はじめに

転倒は日常生活で起こる回避すべき事故の1つである。転倒の要因の1つとしてつまずきあげられる。つまずきは遊脚肢の爪先が床面あるいは障害物に接触することで生じ、その原因の1つとして姿勢制御が関係している。

ヒトは姿勢制御や動作、運動を行う上で前庭覚、視覚、および体性感覚からの感覚情報により統合的に処理され姿勢制御を行っている¹⁾。その中で足底感覚は、体性感覚の皮膚感覚の中の触覚や圧覚を感知する機械的感覚に分類される。この体性感覚を感知する受容器をメカノレセプターと呼び、足底メカノレセプターの固有受容感覚入力が立位姿勢制御において重要であることが知られている。

Paulら²⁾は足底メカノレセプターの受容器タイプごとの分布を報告しており、その分布には偏りがみられた。浅井ら^{3, 4)}は足底部を冷却した研究で、冷却により足底圧情報の減少による立位姿勢制御への影響を確認している。

しかし、先行研究において足底部の冷却部位の違いにより、姿勢制御にどのような影響があるのかを定量的に調べた研究はない。足底感覚の鈍麻が姿勢制御に与える影響を調べることは、転倒予防や寒冷環境における動作の分析につながると考えられる。

そこで本研究では静止立位時、外乱刺激時の筋電図から足底各部の冷却鈍麻が姿勢制御に与える影響を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

被験者は、年齢 22.0 ± 1.1 歳、身長 173.0 ± 0.3 cm、体重 70.1 ± 8.7 kg、足長 25.3 ± 0.7 cmの健常な若年男性7人とした。被験者の前脛骨筋、腓骨筋、大腿直筋、大腿二頭筋、腹直筋、脊柱起立筋にEMG電極を貼り付け、静止立位時と外乱刺激時の筋電を2 kHzで計測した。静止立位時では20秒間の重心動揺を全身22か所に赤外線マーカを貼り付け、それを三次元動作解析装置で計測し算出することで求めた。外乱刺激は前後方向に各3回ずつ床の支持面を35 cm/sの速さで12 cm移動させた。

その後、10分間足底部冷却を行った。足底部の冷却には氷水を使用した。感覚低下を確認する方法として、足底皮膚表面温度と2点識別覚を冷却前後に計測した。冷却刺激による足底冷却鈍麻の指標を足底皮膚表面温度が 20°C 以下⁵⁾であること、2点識別覚が1.5倍以上³⁾であることをとし、冷却後に足底皮膚表面温度が 20°C 以下、2点識別覚が1.5倍以上であることを確認した。冷却条件は全体冷却、前足部冷却、後足部冷却の3条件とし、それぞれ別日に実験を行った。

冷却後、静止立位時の筋電と重心動揺を計測し、再度5分間足底部を再冷却した。再冷却後、外乱刺激時の筋電を計測した。

冷却前後の静止立位時の分析項目はiEMG, COG (Center of Gravity: COG) 総軌跡長とした。外乱刺激時の分析項目は%mEMGとEMG潜時とした。

3. 結果

静止立位時における大腿直筋のiEMGについて冷却条件と冷却の有無による二元配置分散分析を行い、冷却の有無による主効果が認められたが、その他の筋については認められなかった(図1)．静止立位時のCOG総軌跡長における冷却条件と冷却の有無による二元配置分散分析を行い、冷却の有無による主効果が認められた(図1)．

前後方向の外乱刺激時における大腿直筋の%mEMG、EMG潜時について冷却条件と冷却の有無による二元配置分散分析を行ったが、どの項目にも主効果は認められず、その他の筋についても同様であった(図2、図3)．

図1. 静止立位における大腿直筋のiEMGと静止立位におけるCOG総軌跡長

図2. 前方刺激における大腿直筋の%mEMGと後方刺激における大腿直筋の%mEMG

図3. 前方刺激における大腿直筋のEMG潜時と後方刺激における大腿直筋のEMG潜時

4. 考察

冷却が感覚入力に与える影響について、局所皮膚温が20℃以下では神経興奮時に神経終末から放出されるアセチルコリンが減少する⁶⁾という報告がある．本研究で計測した冷却後の足底皮膚表面温度は20℃以下になり、足底部の2点識別覚は1.5倍以上に上昇し、先行研究と同様の結果を得た．このことから本実験で行った、足底部の冷却により足底からの足底圧感覚情報入力は減少したと考えられる．

そのためCOG総軌跡長に冷却の有無について主効果が認められ、冷却後にCOG総軌跡長が増加したと考えられる．しかし、各筋におけるiEMG、%mEMG、EMG潜時については冷却の有無、冷却条件による影響は認められなかった．嶋田ら⁵⁾は足底を冷却鈍麻させ静止立位時の筋活動量を計測した際に外側広筋、大腿二頭筋、腹直筋、脊柱起立筋の筋活動量が増加したと報告しており、本研究の結果とは異なる結果であった．嶋田らの研究では閉眼状態で実験を行っていたのに対し、本研究では安全性に配慮し、開眼状態で実験を行ったことから、足底圧感覚情報入りの減少を視覚の情報で補った可能性があると考えられる．

参考文献

- 1) 北川薫：“機能解剖学・バイオメカニクス”，文光堂，pp. 115，2011.
- 2) Paul, M. K., John, T. I: “Distribution and behaviour of glabrous cutaneous receptors in the human foot sole”, Journal of Physiology, Vol.583, No.3, pp. 995-1002, 2002.
- 3) 浅井 仁他：“極低温空気による足底冷却が安静時立位姿勢調節及び有効支持基底面の広さに及ぼす影響”，理学療法学，Vol. 18, No. 1, pp. 19-25, 1991.
- 4) 浅井 仁他：“足底各部を冷却した場合の姿勢調節の変化”，体力科学，Vol. 44, No. 5, pp. 503-512, 1995.
- 5) 嶋田 正博他：“足底，下腿筋個別冷却後の立位姿勢制御に関する研究”，理学療法科学，Vol. 21, No. 4, pp. 341-347, 2006.
- 6) Haines, J: “A survey of recent development in cold therapy”，Physiotherapy, Vol. 53, pp. 222-229, 1967.