

短 報

足底部感覚情報が立位姿勢調整および
歩行運動に及ぼす影響*

横山茂樹¹⁾ 高柳公司²⁾ 松坂誠應³⁾
大城昌平¹⁾ 金々江光生²⁾ 東 英文²⁾

要旨

足底部を氷水で冷却することにより、同部の感覚を低下させることが、立位姿勢調整及び歩行運動にどのような影響を及ぼすか検討した。対象は健常男子15名とし、足底部を冷却する前後で、立位時の重心動揺と歩行時の床反力を測定した。重心動揺の指標として、重心動揺面積、重心動揺集中面積、重心動揺実効値とし、床反力では垂直・前後・側方分力のピーク値及び足圧中心軌跡における側方への重心動揺振幅を検討した。立位時の重心動揺において、冷却の前後では各測定値とも有意に増大した。しかし、歩行時の床反力の各ピーク値及び側方重心動揺振幅に有意な差は認められなかった。以上のことから足底部からの感覚情報入力減少は立位調整に大きな影響を与えるが、歩行運動においては影響が少ないことが推察された。

キーワード 足底部感覚情報, 重心動揺, 床反力

はじめに

ヒトが円滑に姿勢の調整や動作・運動を行う上で、固有受容器系（筋、腱）・前庭迷路系・視覚系及び体性感覚系（触・圧覚）からの情報入力とそのフィードバック機構が不可欠である。特に足底部の感覚情報がヒトの立位姿勢調整に重要な役割を果たすことは、諸家により報告されている¹⁻⁶⁾。大久保ら¹⁾²⁾は直径2.0 mmのshotgun-ballを1・1.5・2 cm間隔に敷きつめた板により足底圧刺激を増加させると重心動揺面積、動揺累積移

行距離、動揺速度が減少したことを報告している。また浅井ら³⁾は、足底部を冷却し圧感覚情報入力を減少させることにより、静止立位時の足圧中心動揺面積は有意に増大したと述べている。このように足底部の感覚情報の変化が、静的動作である立位姿勢に与える影響について報告されているが、動的動作である歩行に与える影響についての報告は少ない。そこで今回、特に足底冷却による足底部感覚情報入力の低下が立位姿勢調整と歩行運動にどのような影響を及ぼすか検討したので報告する。

対 象

対象は、健常男子15名とし、頭部外傷や運動機能障害・平衡機能障害等の既往のないことを確認した。平均年齢23.4 ± 4.6歳、身長173.6 ± 5.7 cm、体重66.2 ± 8.5 kgであった。

方 法

1. 冷却条件

足底部の冷却には氷水を用いた。冷却条件は浅井ら³⁾の報告に従い、足底の母趾球、踵部の二点閾値が冷却前

* The Effect of the Plantar Sensation in Control during Standing and Walking

¹⁾ 長崎大学医学部附属病院
(〒852 長崎県長崎市坂本1-7-1)
Shigeki Yokoyama, RPT, Syouhei Ogi, RPT : Dept. of Rehabilitation, Nagasaki University Hospital

²⁾ 医療法人祥仁会西諫早病院
Kouji Takayanagi, RPT, Mitsuo Kanegae, RPT, Hidefumi Higashi, RPT : Dept. of Rehabilitation, Medical Juridical Person Shojinkai, Nishiisahaya Hospital

³⁾ 長崎大学医療技術短期大学部
Nobuo Matsusaka, MD : School of Allied Medical Sciences Nagasaki University
(受付日 1993年11月12日 / 受理日 1995年3月21日)

の1.5倍以上とした。この条件を満たすまで、休憩を入れながら足底部全体をしっかりと氷水に浸し、10～15分間冷却した。この時の氷水の温度は0.5℃前後であった。

二点閾値の測定は母趾球部と踵部にて行い、2カ所とも条件を満たしていることを確認し、以下の立位時の重心動揺及び歩行時の床反力の測定を開始した。また室温は18～20℃であった。

2. 重心動揺測定

重心動揺測定は重心動揺計（アニマ社製 G-5500）を用いて行った。測定時には2 m 前方の壁に眼と同じ高さに直径2 cm の黒点を目印とし、この点を注視させた。

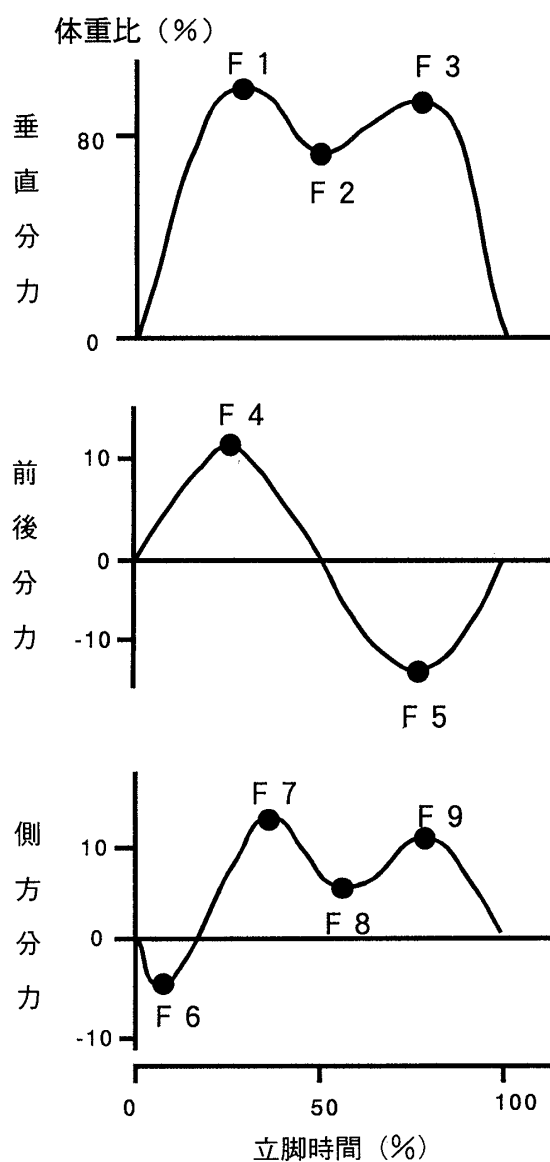


図1 床反力各成分の測定点

肢位は上肢を腕組させ、開眼にてロンベルグ位を保持させた。また測定時間は30秒間とし、取込周期を50ミリ秒とした。

測定項目として重心動揺面積 (REC AREA), 重心動揺集中面積 (SD AREA), 重心動揺実効値 (Root Mean of Square; RMS) を用いた。

測定回数は冷却前後に3回ずつ施行し、測定毎に2分間休息をとった。また各試行前には必ず足部を冷却し、測定の前後において冷却条件を満たしているかどうか確認した。

得られた各測定値の平均値を求め、冷却前後について比較した。

3. 床反力

歩行分析には大型床反力計（アニマ社製 G 3200 F）を用いた。歩行開始後、3歩目以降の1ストライドを計測し、これを冷却前後のそれぞれ10トライアルずつ施行した。この際、歩調を 120 ± 5 /分とし、この歩行に慣れるまで冷却前後の測定開始前に5トライアル以上の練習を行った。また測定開始後も1トライアル前に冷却条件を満たしているか確認した。

得られた床反力データから、垂直分力 (F1, 2, 3), 前後分力 (F4, 5), 側方分力 (F6, 7, 8, 9) の各ピーク値を測定点とし (図1), それぞれの点について平均値を求めた。また平均値のバラツキの指標として変動係数⁷⁾ (標準偏差/平均値)×100 を求めた。この他、足圧中心軌跡における側方への重心動揺振幅 (COP-Y) を各トライアル毎に求め、平均値を算出した。

いずれの平均値も冷却前後を比較した。

4. 統計学的処理

重心動揺、床反力のいずれの指標も平均値の差の検定にはt検定を用い、危険率を0.05とした。

結 果

1. 重心動揺

冷却前後の重心動揺測定結果を表1に示す。いずれの測定項目も、冷却後は冷却前に比べて有意に高い値で

表1 重心動揺測定値

| 測定項目 | 冷却前 | 冷却後 |
|-----------------------------|-------------|--------------|
| 重心動揺面積 (cm ²) | 3.8 ± 2.2 | 5.9 ± 2.8* |
| 重心動揺集中面積 (mm ²) | 49.8 ± 27.4 | 86.3 ± 40.5* |
| 重心動揺実効値 (mm) | 5.7 ± 1.7 | 7.5 ± 2.5* |

* : p < 0.05.

表2 床反力結果

| 測定点 | 測定値 (% : 体重比) | | 変動係数 | |
|------|---------------|-----------|-------------|-------------|
| | 冷却前 | 冷却後 | 冷却前 | 冷却後 |
| 垂直分力 | | | | |
| F1 | 118.9±7.4 | 120.0±5.4 | 3.70± 0.74 | 4.00± 0.96 |
| F2 | 76.9±4.6 | 76.8±3.0 | 3.18± 1.21 | 4.25± 1.70 |
| F3 | 113.0±4.2 | 114.5±2.9 | 2.57± 0.96 | 3.37± 0.98 |
| 前後分力 | | | | |
| F4 | -20.3±1.9 | -19.9±1.4 | 9.83± 3.06 | 10.26± 3.36 |
| F5 | 25.6±1.5 | 25.2±2.1 | 7.02± 2.48 | 9.38± 3.34 |
| 側方分力 | | | | |
| F6 | 2.7±0.4 | 2.8±0.8 | 27.75±12.54 | 27.86± 7.52 |
| F7 | -5.5±0.6 | -5.7±1.1 | 16.84± 6.65 | 19.87± 5.29 |
| F8 | -3.6±0.9 | -3.4±1.5 | 24.48± 6.70 | 22.42±10.85 |
| F9 | 5.9±1.5 | 5.3±2.2 | 12.86± 3.09 | 15.74± 5.11 |

床反力各測定点におけるピーク値と変動係数の平均値及び標準偏差を示す。

あった。

2. 床反力

冷却前後の結果を表2に示す。全ての測定値において冷却後は冷却前と比べて、有意な差は認められなかった。また変動係数においても側方分力の変動係数は垂直・前後分力に比較して大きかったが、冷却前後において有意差は認められなかった。

COP-Yは冷却前 16.6 ± 3.6 cm、冷却後は 14.9 ± 4.7 cmとなっており有意な差は認められなかった。

考 察

1. 足底の冷却が重心動揺測定値に及ぼす影響

浅井ら³⁾は、極低温空気を用いた冷却によって足底部の二点閾値を冷却前の約1.5～2倍に上昇させることにより、静止立位時の足圧中心動揺面積が有意に増大したと述べている。今回我々も、氷水を用いて、二点閾値が冷却前の1.5倍以上になることを条件として、冷却前後の重心動揺を測定した。この結果、各重心動揺測定値(REC AREA, SD AREA, RMS)は有意に大きくなっていた。このことから冷却により足底感覚情報が低下し、立位姿勢保持機構に大きな影響を与えていることが示唆された。

冷却による影響⁸⁾⁹⁾として、運動神経、知覚神経の伝導速度の減少や神経のシナプス伝達障害及び皮膚受容器からの求心性刺激伝導量の低下が挙げられる。これらの影響により足底にある筋への情報伝達が遅延したため、

重心動揺測定値が増加したことも考えられる。

2. 足底の冷却が床反力に及ぼす影響

ヒトの歩行運動は生来、中枢に組み込まれた歩行プログラムの学習結果として獲得される自動的な運動行動である。

森¹⁰⁾によると、この歩行運動は①直立姿勢の維持②足踏み自動機構の活動③バランスと平衡の維持の3つの基本的動作が組織化されて発現すると述べている。また除脳ネコを用いた研究¹¹⁾により、歩行運動を修飾する下行路として歩行リズム解発系・修飾系と筋トーンヌス修飾系が存在し、このフィードバック信号として3つの求心路があることを報告している。

このように歩行運動はいくつもの動作から成立しており、この運動の円滑な遂行には体性感覚系をはじめ、視覚系・前庭系・種々の固有受容器等による多くのフィードバック機構が存在すると思われる。

今回の結果において、床反力の各測定点の大きさは冷却前後で有意な差はなく、足底部の感覚情報入力減少が歩行時の床反力に影響を及ぼしていなかった。このことから足底部の感覚情報入力減少は、立位姿勢調整に大きな影響を与えたが、歩行の律動的な繰り返し運動を妨げる結果とはならなかったと推察される。

つまり歩行運動は中枢にプログラムされ、自動化された動的動作であるため、静的動作である立位姿勢と比べて、感覚情報量の変化が与える影響は少なかったと思われる。

床反力測定時、被検者の訴えとして歩き初めが歩きにくいことがあったが、測定では3歩目以降の定常歩行を測定した。このため足底部の感覚情報入力への減少の影響が床反力測定値に現れ難かったことも考えられるが、この点については今後の課題としたい。

尚、本論の要旨は第28回日本理学療法士学会（横浜）にて発表した。

参考・引用文献

- 1) 大久保 仁・他：足趾圧受容器が重心動揺に及ぼす影響について。耳鼻臨床 72(11)：1553-1562, 1979.
- 2) 大久保 仁：足趾受容器の立ち直りに関する役割について。耳鼻臨床 補7：26-32, 1986.
- 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整及び有効支持基底面の広さに及ぼす影響。理学療法学 18(1)：19-25, 1991.
- 4) Magnus R：Some results of studies in the physiology of posture. Lancet 211：585-588, 1926.
- 5) Ring C, *et al.*：Balance function in elderly people who have and who have not fallen. Arch Phys/Med Rehabil 69：261-264, 1988.
- 6) 片平清昭・他：立位姿勢における身体動揺と足底部位圧。姿勢研究 7(1)：7-12, 1987.
- 7) 窪井俊夫・他：歩行時間関連因子による片麻痺歩行の分析。総合リハ 12(2)：135-142, 1984.
- 8) Chanmugam PPA, *et al.*：物理療法のすべて。医歯薬出版、東京、1973, pp 246-249.
- 9) 濱出茂治：寒冷療法。理学療法ジャーナル 27(10)：697-700, 1993.
- 10) 森 茂美：脳の科学Ⅱ, 朝倉書店、東京、1983, pp 37-62.
- 11) 森 茂美：新生理科学大系 10・運動の生理学。医学書院、東京、1988, pp 366-378.