

## 健常人の足底の二点閾値の冷却による影響

浅井 仁\* 藤原 勝夫\*\* 奈良 勲\* 立野 勝彦\*

Influence of cold air applied to foot sole  
on two point discrimination at the sole.

Hitoshi Asai\*, Katsuo Fujiwara\*\*  
Isao Nara\*, Katsuhiko Tachino\*

### SUMMARY

The purpose of this study was to investigate the influence of cold air applied to foot soles on two point discrimination. The subjects of this study were 16 healthy men. They were 20 to 30 years old. Two-point discrimination (2P-D) was measured at the hallucis (HALL), the 1st metatarsophalangeal joint (FMPJ) and the heel (HEEL) of the right sole in prone position. The subjects were divided in three groups : 5 men were measured at the HALL after cooling, 5 men at the FMPJ and 6 men at the HEEL. Therefore, we cooled the soles at a temperature of  $-150^{\circ}\text{C}$  to make them less sensitive, we used synthetic cryo-air transpire (Nippon Sanso CO, Ltd), and the time of cooling was 7 minutes. The 2P-D data before cooling were control data of each group.

The results revealed the following trends : 1. 2P-D of at HEEL, A-P direction was  $12.6 \pm 2.6\text{mm}$  and the lateral direction was  $11.6 \pm 2.1\text{mm}$ . At FMPJ, A-P direction was  $10.7 \pm 2.7\text{mm}$ , lateral direction was  $9.9 \pm 3.1\text{mm}$ . At HALL, A-P direction was  $7.6 \pm 2.1\text{mm}$ , lateral direction was  $6.9 \pm 2.0\text{mm}$ . Although they showed a tendency that lateral direction was more sensitive than A-P direction, there was no statistical significance between A-P direction and lateral direction. But there were significant differences among the HEEL, FMPJ and HALL respectively.

2. 2P-D on cooling soles, there was a significant difference between control data and the data at 6 or 7 minutes from the start of the cooling.

Through these results, the following two findings can be stated : 1) Each part of the sole has a different touch-threshold. 2) The appropriate time of cooling seems to be 7 minutes.

### はじめに

足底からの感覚入力、立位姿勢調節にとって重要な情報の一つであると考えられる。その中でも圧感覚情報の重要性については、1926年

に Magnus<sup>1)</sup>も報告しているように古くから指摘されている。そして現在まで、足底からの圧感覚情報と足圧中心動揺の関係については、いくつかの報告がなされている<sup>2)-10)</sup>。また、我々も

\* 金沢大学医療技術短期大学部・理学療法学科

\*\* 金沢大学教養部

立位姿勢調節のための情報収集器官としての足底の機能に注目し、これまでいくつかの研究を行ってきた<sup>11)~15)</sup>。それらの中で、新しい試みとして $-150^{\circ}\text{C}$ の極低温空気を用いて足底を冷却し、足底の感覚閾値を変化させ、足底からの感覚情報入力と姿勢調節の関連についても研究してきた<sup>12)13)15)</sup>。その結果、足底は足指部、中足指節関節部、踵部といった、足底各部ごとに姿勢調節への関与の度合が異なることが示唆された。また、保育園児の足底の二点閾値の測定結果から、足底各部の姿勢調節に対する役割の分化も5歳児においてほぼ獲得されていることが示唆された<sup>14)</sup>。

本研究においては、足底各部の姿勢調節における関与の違いをより明確にし、極低温空気を用いて足底部冷却を行なった場合の感覚閾値の変化とその程度、時間的因子について検討するために、成年男子の足底の二点閾値を測定したので報告する。

## I. 対象と方法

### 1. 対象

対象は、20~30歳 ( $23.4 \pm 3.46$ 歳) の健全な成人男子16名であり、彼らの足長の平均値および標準偏差は $25.0 \pm 1.35\text{cm}$  (以下、同様

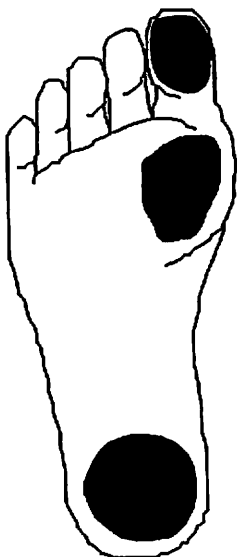


図1 二点閾値測定部位

の表示), 足幅は $10.2 \pm 0.75\text{cm}$ であった。

### 2. 方法

①最初に被験者全員に対し右側足底の踵部、第一中足指節関節部 (以下、母指球部とする)、母指部の二点閾値をそれぞれ前後方向と左右方向の二方向についてスピアマン式触覚計 (竹井機器工業; GT-109)を用いて測定した(図1)。測定条件は、同時刺激および下降系列とした。尚、以下の全ての測定についてもこの測定と同じ触覚計を用い、同じ測定条件で行なった。

②二点閾値の冷却による影響を調べるために、被験者を足底の測定部分ごとに3つのグループに分類した。内訳は、踵部の二点閾値を測定するグループが6名、母指球部の二点閾値を測定するグループが5名、母指部の二点閾値を測定するグループが5名であった。冷却にあたっては、液体窒素を利用して極低温空気を発生させる極低温空気発生装置 (日本酸素; Model L-10)を用いた。このノズルの先端から噴射される $-150^{\circ}\text{C}$ の極低温空気にて、足底を冷却した。冷却手技については、極低温空気を局所に長時間噴射した場合は凍傷を起こす危険性があるため、サークル法を用いて同一箇所に極低温空気を長時間噴射しないようにした。各グループとも両側足底を均一に7分間の冷却を行ない、冷却開始から1分ごとに右側当該部位の二点閾値

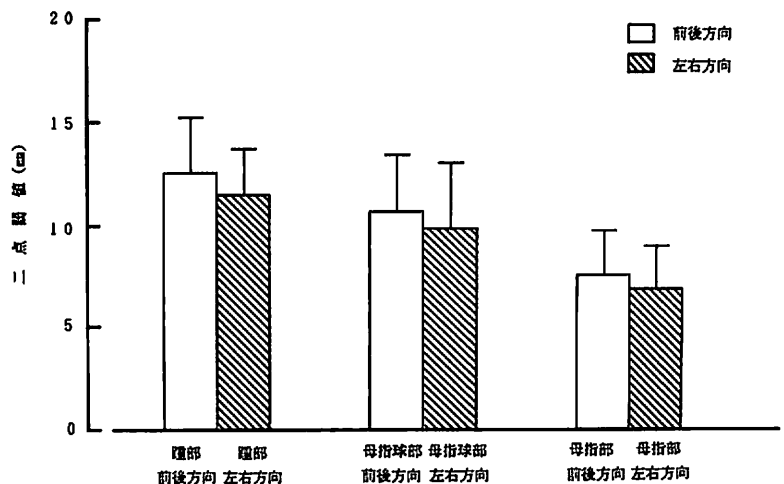


図2 足底各部の二点閾値 (n=16)

の測定を行なった。

冷却前のデータをコントロールデータとし、方法①のデータの中から各グループに該当する被験者のデータを以て各グループのコントロールデータとした。

尚、統計のt検定の有意水準は5%とした。

## II. 結果

### 1) 健康成人男子の足底の二点閾値

踵部では前後方向が $12.6 \pm 2.6$ mm、左右方向が $11.6 \pm 2.1$ mmであった。母指球部では前後方向が $10.7 \pm 2.7$ mm、左右方向が $9.9 \pm 3.1$ mmであった。母指部では、前後方向が $7.6 \pm 2.1$ mmおよび左右方向が $6.9 \pm 2.0$ mmであった(図2)。

同一箇所の方角別の違いについては、いずれの箇所でも前後方向と左右方向を比較すると前後方向の値が大きくなる傾向が認められたが、有意な差は見られなかった。

同一方向の箇所別の違いについては、前後方向、左右方向とも各箇所間に有意な差が認められ、踵部、母指球部、母指部という順で二点閾値が小さくなる結果が得られた。

### 2) 足底の冷却による二点閾値の影響

踵部での変化について。踵部での前後方向のコントロールデータは $12.5 \pm 1.4$ mmで、冷却開始からの経過をみると、5分後に $17.3 \pm 3.4$ mmとなり、7分後に $20.3 \pm 5.1$ mmとなった。これらの二点閾値は、コントロールデータと比べて有意に大きな値を示した。左右方向でのコントロールデータは $11.0 \pm 1.7$ mmで、冷却開始からの経過をみると、5分後に $14.8 \pm 2.8$ mm、6分後に $14.8 \pm 4.1$ mmとなり、7分後には $17.7 \pm 6.0$ mmとなった。これらの二点閾値の値も前後方向と同様にコントロールデータと比べて有意に大きな値を示した(図3)。

母指球部での変化について。前後方向のコントロールデータは $10.4 \pm 2.4$ mmで、冷却開始からの経過をみると6分後に $14.8 \pm 2.9$ mm、7分後に $16.0 \pm 4.1$ mmとなり、コントロールデータと比べて有意に大きな値を示した。これに対し左右方向では、コントロールデータは $11.0 \pm 2.4$ mmで、

冷却開始からの経過をみると5分後以降の二点閾値はコントロールデータと比べ大きな値を示す傾向が見られたが有意な差は認められなかった(図4)。

母指部での変化について。前後方向のコントロールデータは $8.4 \pm 1.7$ mmで、冷却開始からの経過をみると6分後に $14.2 \pm 3.8$ mmとなり、7分後に $15.6 \pm 4.6$ mmとなった。これらの二点閾値はコントロールデータと比べて有意に大きな値を示した。左右方向のコントロールデータは $6.8 \pm 2.8$ mmで、冷却開始からの経過をみると4分後に

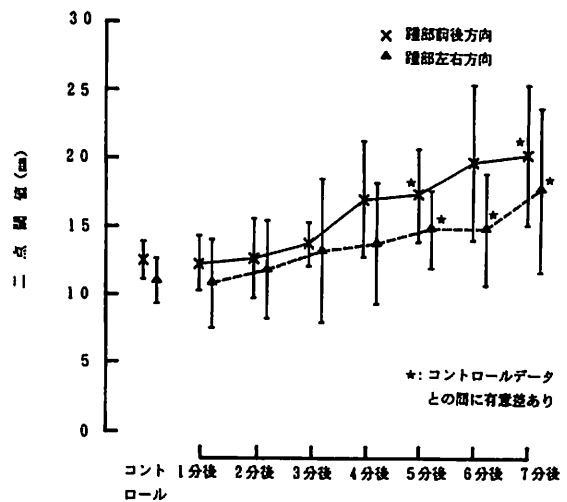


図3 足底冷却による踵部の二点閾値の変化 (n = 6)

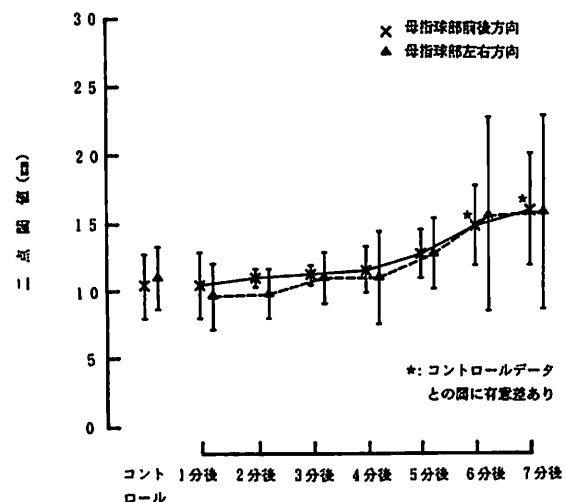


図4 足底冷却による母指球部の二点閾値の変化 (n = 5)

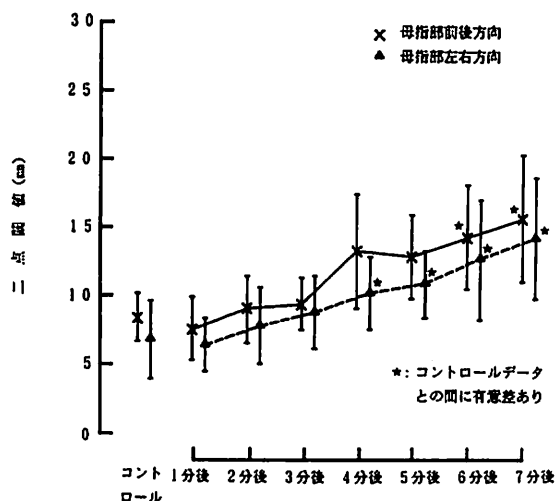


図5 足底冷却による母指部の二点閾値の変化 (n = 5)

8.8±2.6mm, 5分後に10.2±2.6mm, 6分後に12.6±4.4mm), 7分後に14.2±4.4mmとなった。これらの二点閾値は前後方向と同様にコントロールデータと比べて有意に大きな値を示した(図5)。

### III. 考 察

本研究によって、健常成人男子の足底の二点閾値は、測定した箇所の中で踵部が一番大きく、母指部が一番小さいという結果が得られ、足底の3つの部分についてはそれぞれ有意にその値が異なることが明らかになった。前回の研究<sup>14)</sup>では、保育園児の踵部と母指球部の二点閾値を測定し踵部と母指球部の二点閾値が有意に異なり、これらの部分の立位姿勢調節における関与内容が違うのではないかということについて報告した。そして、今回の結果で、成人においても足底各部の二点閾値が異なり、加えて母指部の感度が一番高いということが証明された。このことから今回の結果は、立位姿勢調節において足底の各部が異なった関与をしているのではないかという我々の過去の結果と関連する可能性が示唆された。すなわち足指については、安静立位時に足指に加わる力は体重のわずか2~3%である<sup>16)</sup>が、足圧中心を後方へ随意的に移動させた場合に足指を免荷したときには、免荷させないときと比べて有意に移動範囲が狭くな

る<sup>11)</sup>。このことから、足指は前方への足圧中心移動時だけでなく後方への移動に際しても重要な働きを持つことが推察でき、そこからの感覚情報入力はずかかな感覚入力でも非常に重要な情報で、そのために閾値が他の部分に比べて低いのではないかと考えられる。

また臨床場面において、人工関節置換術施行後の患者に部分体重負荷を指導する際に踵部を含めた足底全体での体重のコントロールを行なうより、母指球部と母指部を含んだ前足部で体重のコントロールを行なった方が円滑に行なえるということをししばしば経験する。これも、今回の結果と非常に関連があると思われ、部分体重負荷などのように微妙な筋出力のコントロールを必要とする場合には、より感受性の高い前足部で行なった方がコントロールし易いと考え

る。同一箇所の方向別の違いについて、保育園児の場合には男子において踵部、母指球部ともに前後方向に比べ左右方向の二点閾値が有意に小さくなる結果が得られた<sup>14)</sup>。しかし成人の場合、方向別の二点閾値は全ての部分で前後方向が大きくなる傾向が見られたが、有意な差は認められなかった。この機能的意味については不明である。しかし、子供は成人に比べて左右方向への身体動揺が著しく大きいとの報告<sup>17)18)</sup>もあり、それとの機能的関連性が示唆されているように思われる。小児の発達にともなう足底の感覚閾値の変化については今後の課題としたい。

足底の冷却による二点閾値の変化は、母指球部の左右方向を除き、残りの各部各方向でコントロールデータに比べ有意に増加するという結果が得られた。そして、各部分における経時の変化(図3, 図4, 図5)をみると、それぞれ前後方向、左右方向ともに同じように閾値が変化していることが確認できた。このことは、冷却による閾値の変化に方向別の特異性が無いことを示唆するものと思われる。

二点閾値が冷却によりコントロールデータと比べて有意差が認められたのはほとんどの場合、冷却開始から6分前後経過した時点であった。

また、我々の過去の研究<sup>15)</sup>で、極低温空気を置いて足底を7分間冷却したときには姿勢調節においてコントロールデータと比べて有意な影響が認められたが、5分間冷却したときには有意な影響は認められなかった。加えて、今回極低温空気の噴射においてはサークル法を用いたが、長時間の施行は凍傷を誘発する危険性があるとの報告がある<sup>19)20)</sup>。これらのことから、足底の感覚閾値を変化させるための極低温空気による冷却時間は7分間で充分であること、そして過去の研究における冷却時間の妥当性が確認できた。

#### IV. まとめ

今回、成人男子16名の足底に $-150^{\circ}\text{C}$ の極低温空気を置いて冷却したときの足底各部(踵部, 母指部, 母指球部)の二点閾値の変化について検討し、以下の結果が得られた。

①足底各部の二点閾値は、踵部前後方向で $12.6 \pm 2.6\text{mm}$ 、左右方向で $11.6 \pm 2.1\text{mm}$ 、母指球部前後方向で $10.7 \pm 2.7\text{mm}$ 、左右方向で $9.9 \pm 3.1\text{mm}$ 、母指部前後方向で $7.6 \pm 2.1\text{mm}$ 、左右方向で $6.9 \pm 2.0\text{mm}$ であった。

②同一箇所の方向間の違いについては有意差が認められなかったが、同一方向の二点閾値では各部分間にそれぞれ有意差が認められた。

③足底の冷却による二点閾値は、ほとんどの場合冷却開始から6分前後の経過でコントロールデータと比べ有意差が認められ、冷却による感覚閾値への影響が確認できた。

稿を終えるにあたり本研究に際し御協力頂きました金沢大学医学部附属病院理学療法部諸氏に深謝致します。

#### 文 献

1) Magnus, R.: Some results of studies in the physiology of posture, *Lancet*, 211 : 585-588, 1926.  
 2) 大久保 仁 他: 足圧受容器が重心動揺に及ぼす影響について, *耳鼻臨床*, 72 : 1553-1562, 1979.

3) 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 : 7-12, 1987.  
 4) 稲村欣作 他: スタヒログラムの低周波成分について, *姿勢研究*, 6 : 1-11, 1986.  
 5) 大久保 仁 他: 足踵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.  
 6) Okubo, J. et al.: Study on influence of the plantar mechanoreceptor on body sways, *Agressologie*, 21 : 61-69, 1980.  
 7) 荻野 仁 他: マットレス上の重心動揺について, *日災害医誌*, 25 : 284-288, 1977.  
 8) Ring, C. et al.: Balance function in elderly people who have and who have not fallen, *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 69 : 261-264, 1988.  
 9) Ratliffe, K. T. et al.: Effects of approximation on postural sway in healthy subjects, *Phys. Ther.*, 67 : 502-506, 1987.  
 10) 佐々木武人 他: 頭部・腰部の動作に伴う立位姿勢の動揺と足底部位圧, *姿勢研究*, 10 : 27-35, 1990.  
 11) 浅井 仁 他: 立位姿勢保持における足指の作用に関する研究, *PTジャーナル*, 23 : 137-141, 1989.  
 12) 浅井 仁 他: 足底感覚器に対する寒冷刺激が立位時足圧中心動揺に及ぼす影響, *理学療法学*, 16 (学会特別号), 174, 1989.  
 13) 浅井 仁 他: 足底部の冷却が立位姿勢調節に及ぼす影響, 第8回姿勢シンポジウム一般演題抄録集, 13-14, 1989.  
 14) Asai, H. et al.: Measurement of two-point discrimination at the sole of infant, *J. Phys. Ther. Sci.* 2 : 17-20, 1990.  
 15) 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* (印刷中)  
 16) 藤原勝夫 他: 立位姿勢における足圧中心位置およびその規定要因に関する一考察, *姿勢研究*, 4 : 9-16, 1984.  
 17) 藤原勝夫 他: 立位姿勢における身体動揺の分析, *姿勢研究*, 2 : 1-8, 1982.  
 18) 小山吉明 他: 幼児の立位姿勢における身体動揺, *姿勢研究*, 2 : 79-85, 1982.  
 19) 武富由雄: 寒冷療法の臨床的適応と効果, *理・作・療法*, 20 : 814-820, 1986.  
 20) 北原 宏 他: Cryotherapy (寒冷療法) ——

基礎的研究および臨床例の検討, 総合リハ, 8 :  
209-215, 1980.