

足踏み運動下での足底部への突起物による 刺激が皮膚温，代謝に及ぼす効果

管原 正志*，武政 剛弘**

（平成5年10月28日受理）

Effect of Plantar Stimulation by Projections in Stepping Exercise on Skin Temperature and Metabolism

Masashi SUGAHARA* and Takehiro TAKEMASA**

Abstract

We performed an exercise tolerance test using stepping apparatuses with or without projections on the surface (apparatuses A and B, respectively) that have a built-in spring with stepping pressure of 10 kg, and compared the effects on the body. The subjects placed the soles on the stepping apparatus in the sitting position and stepped using the strength of their legs. The results were summarized as follows:

1. The energy consumption in stepping exercise using apparatus A was about three kcal/min, and the metabolic equivalent (METS) of exercise intensity to rest was two. This corresponds to walking at the rate of 50 m/min.
2. As for the circulatory responses, the heart rate increased by about 3% after stepping for five minutes and by about 25% after stepping for ten minutes both in exercise with apparatus A and in exercise with apparatus B. However, blood pressure did not change after five or ten minutes.
3. Electromyogram of the muscles in the lower limbs and the dorsal muscles in the lumbar region during exercise showed more marked responses to apparatus A than to apparatus B.
4. The mean skin temperature in the footsoles before exercise was compared with those after stepping for one, three, and five minutes with apparatus A and with apparatus B separately. The skin temperature in stepping exercise using apparatus A increased in each duration; the degree of increase was the most remarkable after stepping for five minutes. On the other hand, the skin temperature in stepping exercise using apparatus B decreased from the preexercise level.

These results suggest that stepping exercise using apparatus A reinforces leg strength and plays a supplementary role in decreasing shortage of exercise. In addition, plantar stimulation by projections had marked thermal effects.

*長崎大学教養部保健体育

Department of Physical Fitness, Nagasaki University Faculty of Liberal Arts.

**長崎大学地域共同研究センター

Joint Research Center, Nagasaki University

The effects of stepping exercise using apparatus A may be increased in a longer stepping duration for the young and middle-aged and in a shorter stepping duration and a higher frequency for the aged.

I. はじめに

健康を維持・増進する際、身体活動は不可欠なものである。運動不足は、肥満や成人病などの疾病発生要因となり、それを予防するには歩行が最も手軽にできる身体活動であり下肢筋群を補強する効果もある。最近の中老年令者の一日当たり歩行量は、3000～4000歩であり一般大学生のおよそ半分である。さらにデスクワークの多い職種では、ますます運動不足に拍車がかかるであろう。本研究では運動不足の解消用として試作された器具を使用して生体に及ぼす影響を測定し、若干の知見を得たので報告する。



図1 足踏み器A（表面に突起物を有し、踏み圧10kgのスプリング内蔵）

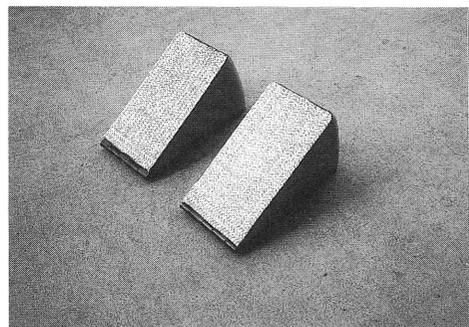


図2 足踏み器B（踏み圧10kgのスプリング内蔵）

II. 方法

被験者は、年齢18才から42才までの健康な男子14名と女子16名である。測定は、室温23～25度に保たれた実験室内で1時間安静状態にした後、図1に示した表面に刺激用の突起物を持つ、踏み圧10kgのスプリング内蔵の器具（以下、足踏み器A）と、比較対照用として表面の突起物を取り除き、踏み圧10kgのスプリングのみ内蔵の器具（図2。以下、足踏み器B）を用い、椅子に座った状態で左右足底部を器具表面に乗せ、脚力で踏み込む運動負荷試験を行った。両器具に対する運動負荷時間は、1、3、5、10分間実施し、各負荷の間隔は20～30分とした。なお、踏み込みの回数は、左右それぞれ1分間に30回のリズムで行った。測定項目は、以下について実施した。①日本電子データム JTG-3300 サーモグラフィ装置で足底部の皮膚表面温度を測定し、足底部全体の平均皮膚温を計算した。平均皮膚温は、運動負荷前（安静時）と各運動負荷時間直後よりの経時変化を1分間隔で記録した。②運動負荷前後の心拍数、血圧を測定した。③運動負荷中のエネルギー代謝量を、ダグラスバッグ法で測定した。④運動負荷中の下肢筋群（前脛筋、下肢三頭筋、大腿四頭筋、大腿二頭筋）と大殿筋、広背筋の筋電図を記録観察した。

Ⅲ. 結果と考察

A. 足踏み器Aのエネルギー代謝と生体反応

表1 「足踏み器A」を用いた足踏み運動のエネルギー代謝と運動強度 (METS) (運動時間は5~10分間)

例数 : 30	kcal/分	METS
平均	2.8	2.1
標準偏差	±0.9	±0.3

表1に、足踏み器Aのエネルギー代謝量とMETS(運動時酸素摂取量÷安静時酸素摂取量:運動強度の指標)の平均と標準偏差を示した。足踏み器Aのエネルギー代謝量は約3kcal/分、METSは2であった。この数値は、管原の資料より¹⁾ 毎分50mの歩行速度(散歩程度の歩行速度)に相当した。

表2 「足踏み器A」を用いた足踏み運動による心拍数、血圧の変化(30例の平均値)

	5分間踏みの場合			10分間踏みの場合		
	心拍数	収縮期血圧	拡張期血圧	心拍数	収縮期血圧	拡張期血圧
安静時	75.3拍/分	121.3mmHg	69.5mmHg	82.5拍/分	123.0mmHg	70.0mmHg
運動後	77.3拍/分	126.0mmHg	65.5mmHg	103.0拍/分	130.0mmHg	69.5mmHg
変動率	+2.6%	+3.7%	-5.8%	+24.8%	+5.7%	-0.7%

表2に、足踏み器Aを5分間と10分間踏んだ際の心拍数と血圧の変化を示した。5分間踏みの場合、心拍数は安静時より運動後への増加率は2.6%、10分間踏みの場合24.8%であった。また、収縮期血圧の運動後への増加率は、5分間踏みで3.7%、10分間踏みで5.7%であった。すなわち足踏み器Aを踏む時間が長くなると心拍数は増加するが、血圧の上昇はわずかに止どまり、心臓への負担も少ない状態で運動を行っていることが推測される。

運動負荷中の下肢筋群の筋電図を足踏み器Aと足踏み器Bと比較すると、足踏み器Aの方が大きな反応が得られた。この事は足底部の皮膚感覚神経が、突起物に対してより敏感に作用した事を示唆している。足底部を電気的に刺激すると、歩行時と同様な下肢の筋肉の緊張が起こることは知られている²⁾。また、東洋医学では足底部の刺激が身体の健康に寄与する報告もある³⁾。足踏み器Aを踏んだ際、下肢筋群により大きな反応が見られた事と運動強度が散歩の歩行速度に相当する事実より、日頃運動不足の者やベットで長期間療養を余義なくされた者にとっては少なからず下肢筋群機能の維持に効果があると思われる。また、大殿筋と広背筋の反応も比較的大きかったことは、腰椎を支持する筋群への刺激も認められた事が推測される。

B. 足踏み器Aと足踏み器Bの踏み込み運動による足底部平均皮膚温の比較

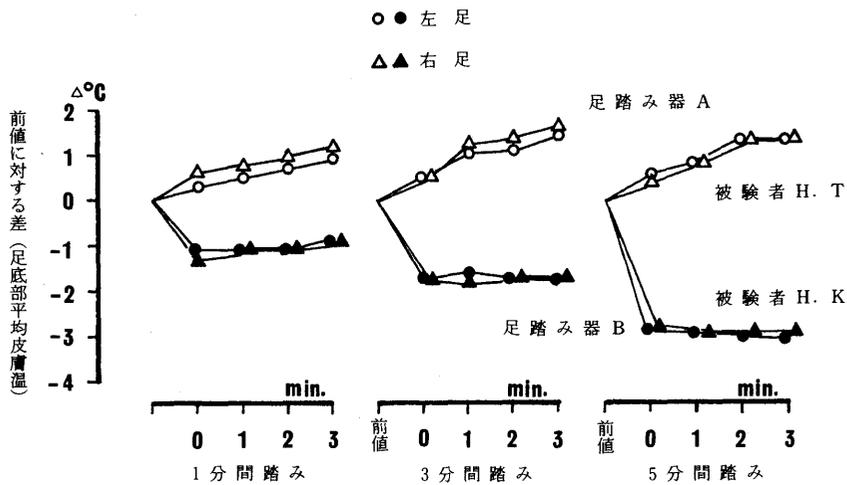


図3 「足踏み器A (○△), B (●▲)」を用いた足踏み運動を各1分, 3分, 5分間実施した後の足底部平均皮膚温の変化 — 前値よりの偏差値 —

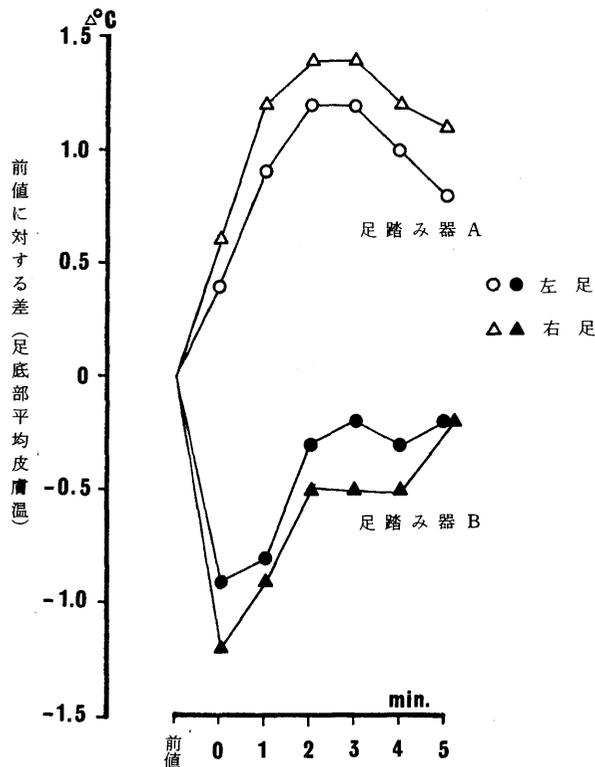


図6 同一人 (被験者D. Y) による「足踏み器A (○△), B (●▲)」を用いた足踏み運動を5分間実施した後の足底部平均皮膚温の変化 — 前値よりの偏差値 —

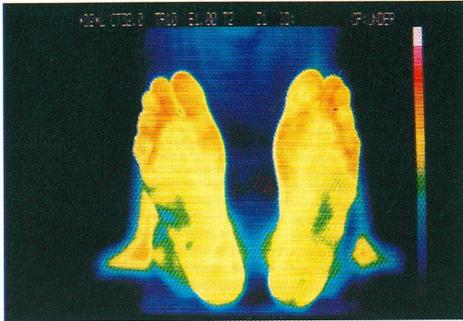


図 4 - 1 足踏み運動前

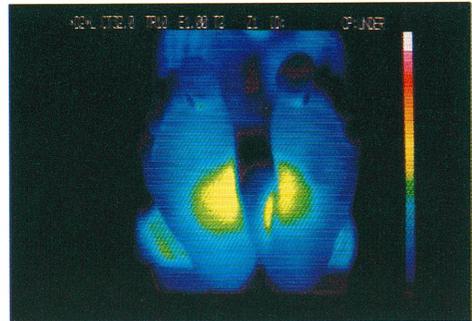


図 5 - 1 足踏み運動前



図 4 - 2 1 分間の足踏み運動後, 3 分経過

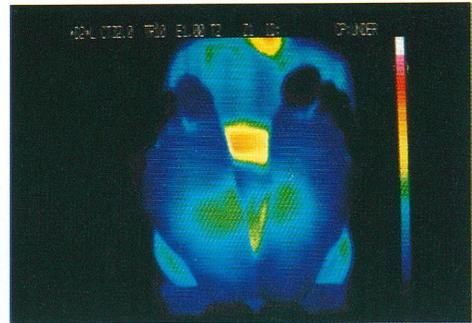


図 5 - 2 1 分間の足踏み運動後, 3 分経過



図 4 - 3 3 分間の足踏み運動後, 3 分経過

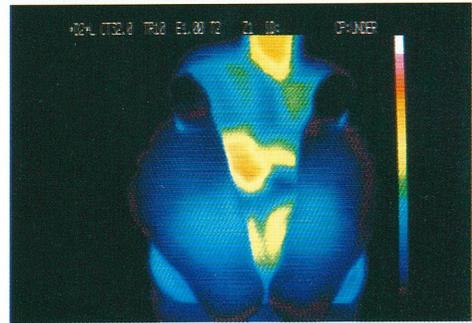


図 5 - 3 3 分間の足踏み運動後, 3 分経過

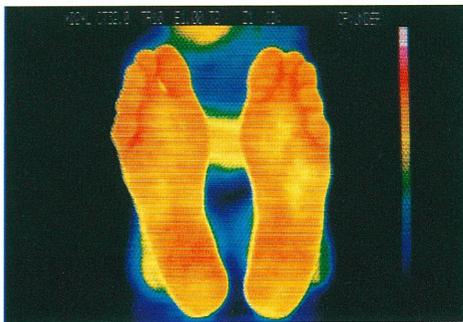


図 4 - 4 5 分間の足踏み運動後, 3 分経過

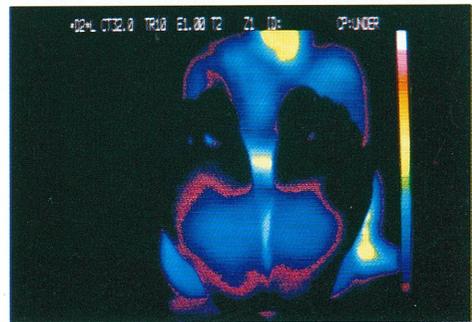


図 5 - 4 5 分間の足踏み運動後, 3 分経過

図 4 - 1 ~ 4 サーマグラフィーによる足底部.
足踏み器 A 使用 (被験者 H. T)

図 5 - 1 ~ 4 サーマグラフィーによる足底部.
足踏み器 B 使用 (被験者 H. K)



図7-1 足踏み運動前

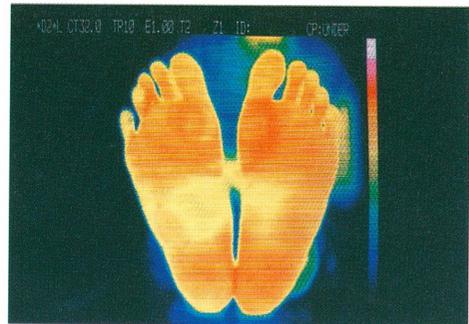


図7-5 3分経過

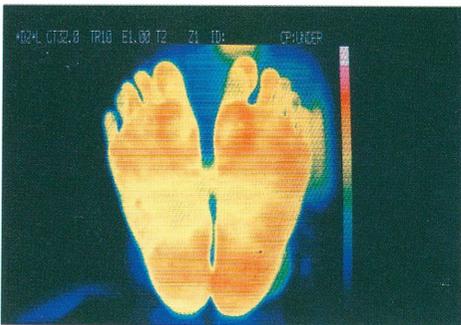


図7-2 運動直後

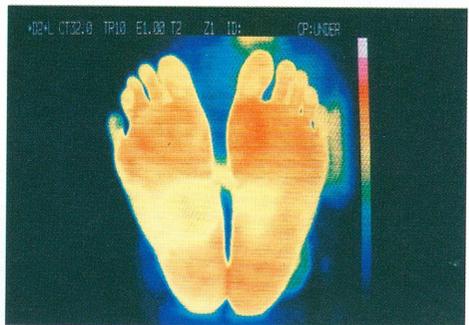


図7-6 4分経過

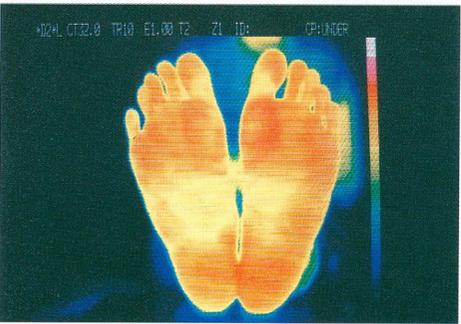


図7-3 1分経過

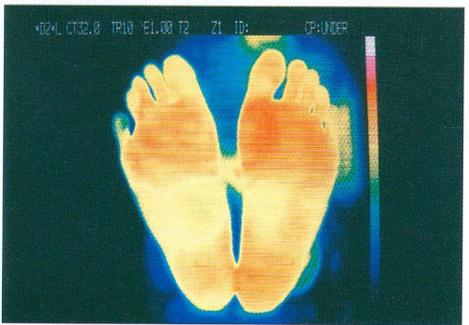


図7-7 5分経過

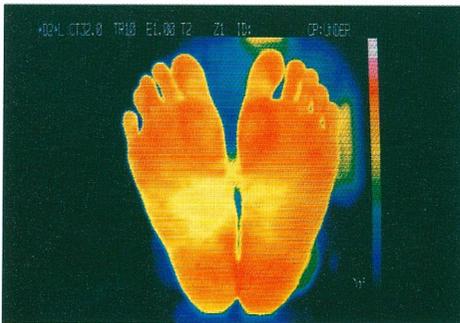


図7-4 2分経過

図7-1～7

サーモグラフィによる足底部、足踏み器A使用、5分間の足踏み運動後の経過
(被験者D.Y)

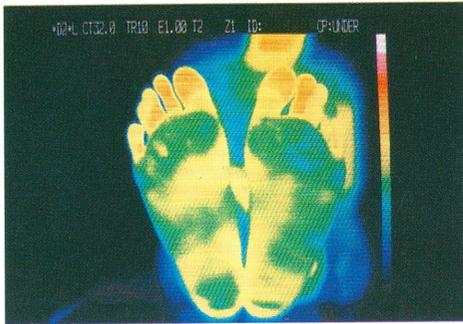


図7-8 運動直後



図7-11 3分経過



図7-9 1分経過

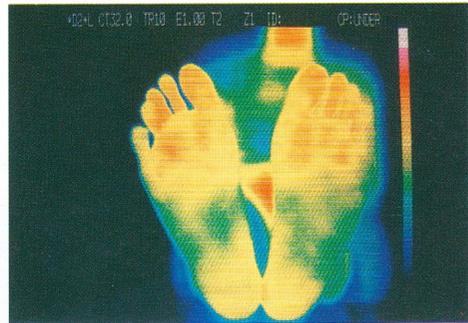


図7-12 4分経過



図7-10 2分経過



図7-13 5分経過

図7-8～13 サーモグラフィによる足底部、足踏み器B使用、
5分間の足踏み運動後の経過（被験者D.Y）

図3に足踏み器A（被験者H.T）と足踏み器B（被験者H.K）を1分間、3分間、5分間踏んだ際の足底部平均皮膚温を運動前値に対する偏差値で示した。足踏み器Aによる平均皮膚温の上昇は、1分間、3分間、5分間踏みいずれの場合にも時間の経過と共に上昇し、5分間踏みが最も大きく増加した。また、図4-1～4-4に足踏み器Aによる、運動前と1分間、3分間、5分間踏んだ後の3分経過した時点のサーモグラフィを示した。一方、図5-1～5-4に足踏み器Bについて同様に示した。足踏み器Bを用いての足踏み直後の平均皮膚温が1分間踏み、3分間踏み、5分間踏みと低下が次第に大きくなっている事は注目されるが、足踏み器Bは鉄製で表

面に布が張りつけてある構造であり，踏んでいる間に足底部が冷却された事も否定出来ない。

次に，同一人（被験者D.Y）による足踏み器Aと足踏み器Bとの5分間踏みの平均皮膚温の経時変化を図6に示した．測定の際に，足底部の冷却を防ぐために足踏み器Bの表面に厚手の布を敷き用いた．足踏み器A踏み後，3分で平均皮膚温はピークを示し以後低下しているものの，その後も比較的の高い平均皮膚温を維持している（図7-1～7-7にサーモグラフィを示した）．また，足踏み器Bでは運動直後に低下し，以降，次第に運動前値の平均皮膚温へ上昇しているが5分経過しても，運動前値の水準に回復しなかった（図7-8～7-13にサーモグラフィを示した）．この傾向は，他の被験者でもほぼ同様であった．器具A，B踏み運動による足底部の皮膚表面血流量増加に伴う温熱効果は，足踏み器Aに明らかに認められた．

IV. ま と め

表面に突起物を有する足踏み器Aと突起物の無い足踏み器B（共に踏み圧10kgのスプリング内蔵）を使用して，椅子に座った姿勢で左右足底部を踏み器上に乗せ，脚力で踏み込む運動負荷試験を実施し，本器が生体に与える影響を比較検討した．被験者は，年齢18歳から42歳までの健康な男子14名と女子16名である．測定は，室温23～25度に保たれた実験室内で1時間安静状態の後実施した．結果は，以下の通りであった．

A. 足踏み器Aのエネルギー代謝量は約3 kcal/分であり，METSは2であった．この運動強度は，50 m/分の歩行速度（散歩程度）に相当した．

B. 足踏み器Aの循環機能への影響は，運動時間5分間で心拍数が約3%の増加であったが，運動時間10分間では心拍数が約25%増加した．しかし，血圧の上昇は5分間，10分間共に小さかった．

C. 運動負荷中の下肢筋群と腰椎背部筋群の筋電図から見た反応は，足踏み器Aが足踏み器Bよりも大きかった．

D. 運動負荷時間1分間，3分間そして5分間，足踏み器Aと足踏み器Bを踏んだ後の足底部平均皮膚温を運動前値に対する偏差値で比較すると，足踏み器Aは平均皮膚温を増加させ，5分間踏みによる平均皮膚温の増加が顕著であった．また，足踏み器Bは平均皮膚温を，運動前値よりも逆に低下させた．

以上の測定結果より『足踏み器A』の生体に与える効果は，脚力の補強と運動不足解消の補助的役割を果たす．しかも，突起物で足裏を刺激することにより，温熱効果が現われる事が明らかになった．『足踏み器A』の踏み時間は，若・中年層で長く，高齢者では短く回数を多くする事が効果を上げるやり方であろう．

本研究は，株式会社コムテックの伊藤輝年氏の協力によるものであり謝意を表します．

文 献

- 1) 菅原正志 (1991) : 歩行に関する一考察，長崎大学教養部紀要自然科学編，32(1)，167-174.
- 2) 千葉章 (1991) : 足踏み運動中における足底部感覚神経刺激の下肢筋電図発射パターンに対する影響，体力科学，40(2)，164-173.
- 3) 手嶋昇 (1988) : 万病に効く！手軽にできる足裏健康法．不昧堂，東京.