

足踏み運動による足底部への物理的刺激が 及ぼす運動と温熱効果

長崎大学 管原正志
(共同研究者) 同 田井村明博
同 武政剛弘

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

by

Masashi Sugahara, Akihiro Taimura
Faculty of Liberal Arts, Nagasaki University
Takehiro Takemasa
Faculty of Engineering, Nagasaki University

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 expenditure in stepping exercise using apparatus A was 9.0 ml/kg/min. This corresponds to walking at the rate of 50 m/min.

2) As for the circulatory responses, the heart rate increased by about 6% after stepping for five minutes and by about 29% 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 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, five and ten 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 ten minutes.

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.

要 旨

表面に突起物を有する足踏み器 A と突起物のない足踏み器 B (ともに踏み圧 10 kg のスプリング内蔵) を使用して、運動負荷試験を実施し、生体への効果を比較検討した。運動負荷は、座位姿勢で足底部を足踏み器上に乗せ、脚力で踏み込ませた。結果は、以下のとおりである。

1) 足踏み器 A の運動強度は、散歩程度 50 m/min の歩行速度に相当した。

2) 足踏み器 A, B の循環機能への反応は、運動時間 5 分間で心拍数が約 6% 増加に対し、運動時間 10 分間では心拍数が約 29% 増加した。しかし、血圧は 5 分間、10 分間ともに大きな変化はなかった。

3) 運動負荷中の腰椎背部筋群の筋電図は、足踏み器 A が足踏み器 B よりも、反応が大きかった。

4) 足踏み器 A と足踏み器 B を 1 分間、3 分間、5 分間そして 10 分間踏んだ後の足底部平均

皮膚温を測定前値と比較すると、いずれの負荷時間でも足踏み器 A の平均皮膚温は増加し、その増加程度は 10 分間が最も大きかった。

以上の測定結果より「足踏み器 A」の生体への効果は、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、温熱効果が顕著にあらわれた。

緒 言

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。最近の中高齢者の一日あたり歩行量は、3,000 ~ 4,000 歩であり、大学生のおよそ半分である。もし、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、運動不足解消用として足底部を突起物で刺激する器具を用いて、①日頃、運動不足の者やベッドで長期間療養を余儀なくされた者に

としての運動効果②腰椎支持筋群への刺激効果③足底部の皮膚表面血流量増加に伴う温熱効果、について検討し若干の知見を得たので報告する。

1. 研究方法

被験者は、年齢 40 歳から 55 歳までの健康な男子 20 名である。測定は、室温 23 ~ 25°C 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ち、踏み圧 10 kg 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 10 kg のスプリングのみ内蔵の器具（以下、足踏み器 B）を用い、座位の状態です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。両器具に対しての運動負荷時間は、1、3、5、10 分間実施し、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、図 2 に示す足底部 12 ヶ所の皮膚温度を平均し平均皮膚温度とした。平均皮膚温度は、運動負荷前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運動負荷中の酸素摂取量を、ダグラスバッグ法で測定した④運動負荷中の下肢三頭筋、大腿四頭筋（下肢筋群）と大殿筋、広背筋の筋電図を記録観察した。

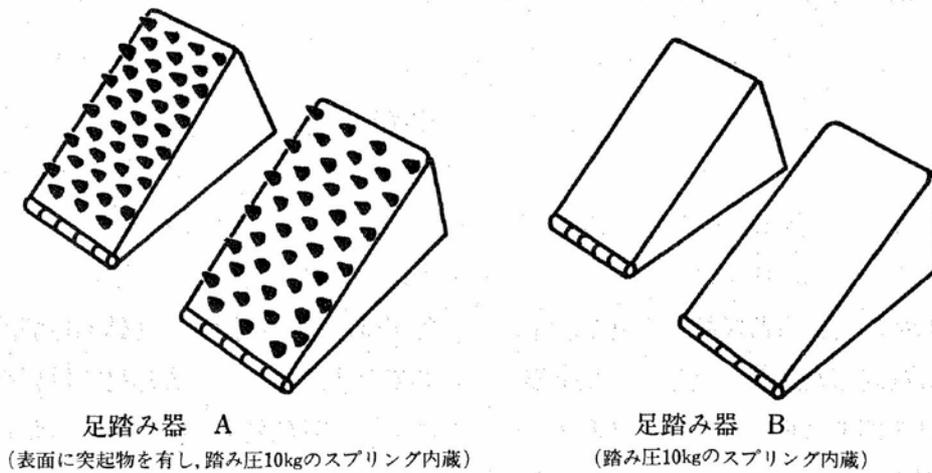


図 1 足踏み器



図 2 足底部皮膚温測定部位 (●は測定点)

2. 研究結果と考察

2.1 足踏み運動の酸素摂取量と運動強度

表 1 に、足踏み器 A の酸素摂取量の平均値、標

表 1 「足踏み器A」を用いた足踏み運動(10分間)の酸素摂取量

(20例の平均値+SD)

	O ₂ l/min	O ₂ ml/kg/min
安 静 時	0.260±0.062	4.2±0.48
運 動 時	0.548±0.162***	9.0±1.39***

(***; P<0.001)

表2 「足踏み器A」を用いた足踏み運動下での心拍数、血圧の変化 (20例の平均値±SD)

	5分間踏みの場合			10分間踏みの場合		
	心拍数 (beats/min)	収縮期血圧 (mmHg)	拡張期血圧 (mmHg)	心拍数 (beats/min)	収縮期血圧 (mmHg)	拡張期血圧 (mmHg)
安静時	76.6±2.3	132.3±6.0	72.6±5.4	83.7±3.1	134.1±6.9	73.5±6.3
運動後	81.5±3.5***	139.8±8.2**	67.5±7.5*	108.2±4.7***	143.1±10.3**	68.2±6.8*

(*; P<0.05 **; P<0.01 ***; P<0.001)

準偏差を示した。足踏み器Aの酸素摂取量は、9.0 ml/kg/minであった。この数値は文献諸値¹⁻⁵⁾より、毎分50mの歩行速度(散歩程度の歩行速度)に相当した。

表2に、足踏み器Aを5分間、10分間踏んだ際の心拍数と血圧の変化を示した。心拍数は安静時より運動後値へは有意(P<0.001)に増加し、その増加率は5分間踏み6.4%、10分間踏み

29.3%であった。また、収縮期血圧の運動後への増加は有意(P<0.01)であり、その増加率は5分間踏みで5.7%、10分間踏みで6.7%であった。しかし、拡張期血圧は逆に運動後値で有意に低下(P<0.05)した。すなわち、足踏み器Aを用いた運動による循環系への影響は、踏む時間が長くなるとより顕著である。

図3に足踏み器AとBを踏んだ際の下肢三頭

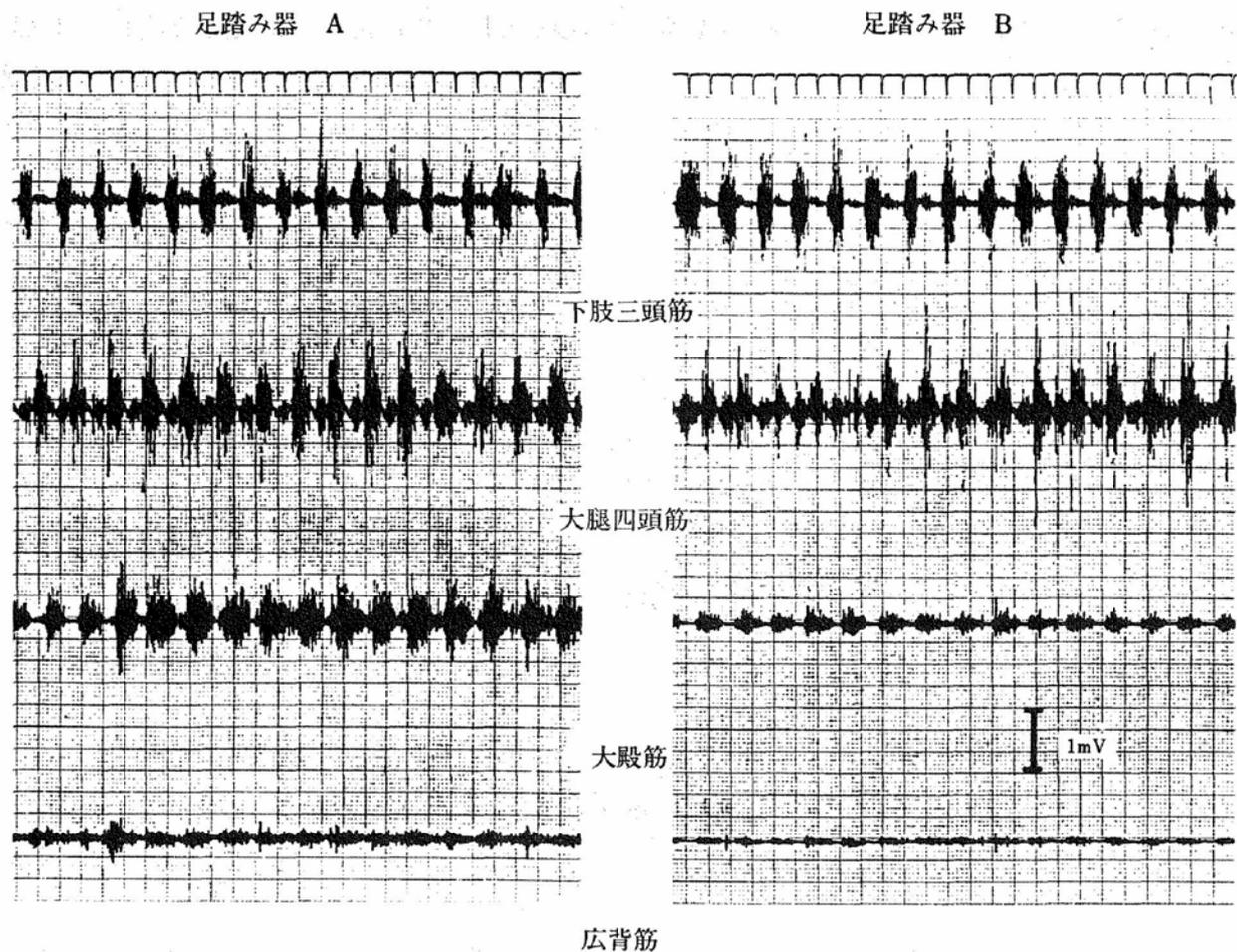


図3 足踏み器による運動中の筋電図

筋、大腿四頭筋、大殿筋、広背筋の筋電図を示した。運動負荷中の下肢三頭筋と大腿四頭筋は、器具の違いによる反応の違いはないが、大殿筋と広背筋は、足踏み器 A の方が大きな反応が得られた。このこと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ことを示唆している。

足底部を電氣的に刺激すると、歩行時と同様な下肢の筋肉の緊張がおこることは知られている⁶⁾。また、東洋医学では足底部の刺激運動が身体の健康に寄与する報告もある⁷⁾。足踏み器 A・B を踏んだ際、下肢筋群系により大きな反応が見られたこと、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ドで長期間療養を余儀なくされた者にとって、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。一方、足踏み器 A での大殿筋と広背筋の反応が比較的大きかったことは、腰椎を支持する筋群への刺激効果が認められたことが推測される。

2.2 足踏み器 A と足踏み器 B を踏んだ場合の足底部平均皮膚温

図 4 に足踏み器 A と足踏み器 B を 1 分間、3

分間、5 分間踏んだ前後の足底部平均皮膚温を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ともに上昇し、5 分間踏みが最も大きく増加した。一方、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が、足踏み器 B は表面に足踏み器 A と同じ材質、すなわちラバーであるが、踏んでいる間に足底部が冷却されたことも否定できない。

つぎに、足踏み器 A と足踏み器 B との 10 分間踏み後の平均皮膚温の経時変化を図 5 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 の器具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、その後も比較的高い平均皮膚温を維持している。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 分経過しても前値の水準に達しなかった。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

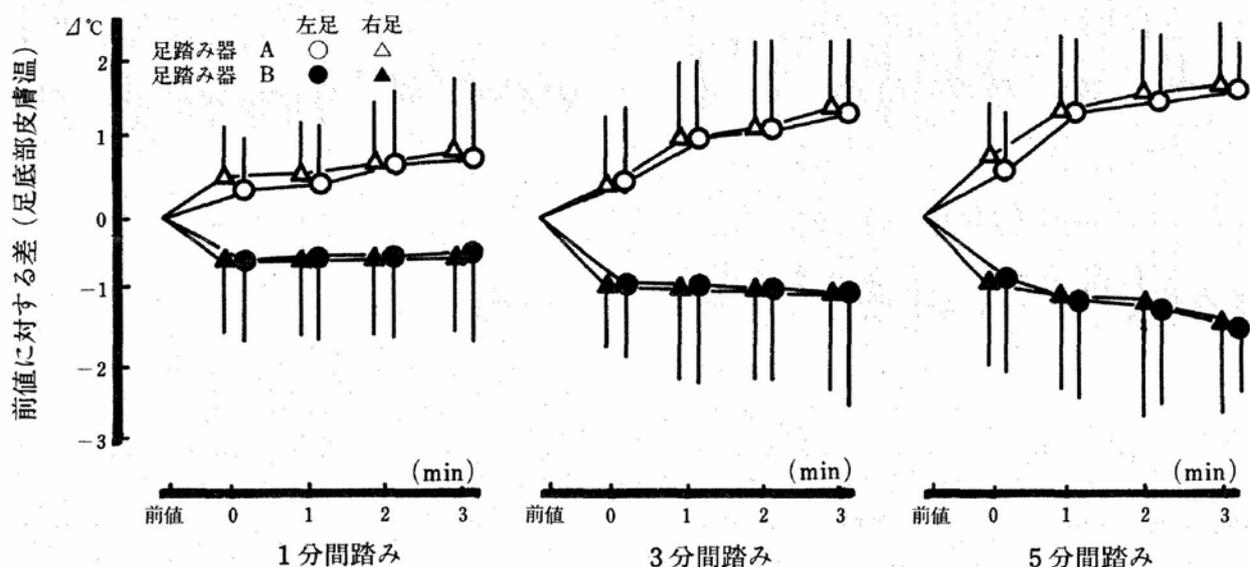


図 4 足踏み器 A、B を用いた足踏み運動を各 1 分、3 分、5 分間実施した後の足底部平均皮膚温の変化 —前値よりの偏差値—

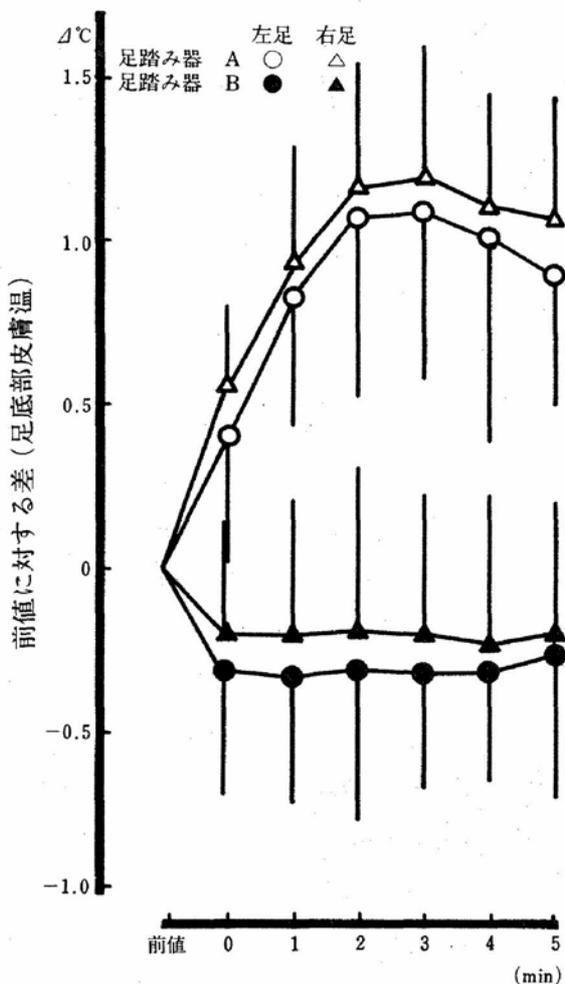


図5 足踏み器 A, B を用いた足踏み運動を 10 分間実施した後の足底部皮膚温の変化
—前値よりの偏差値—

器 A に明らかに認められた。

3. まとめ

表面に突起物を有する足踏み器 A と、突起物のない足踏み器 B (ともに踏み圧 10 kg のスプリング内蔵) を使用して、イス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、本器が生体を与える影響を比較検討した。被験者は、年齢 40 歳から 55 歳までの健康な男子 20 名である。測定は、室温 23 ~ 25°C 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、以下のとおりであった。

A. 足踏み器 A の酸素摂取量は、9.0 ml/kg/min であり、この運動強度は 50 m/min の歩行速
デサントスポーツ科学 Vol.16

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 分間では心拍数が約 6 % の増加率であったが、運動時間 10 分間では心拍数が約 29 % 増加した。しかし、血圧の上昇程度は 5 分間、10 分間ともに小さかった。

C. 運動負荷中の腰椎背部筋群の筋電図は、足踏み器 A が足踏み器 B よりも反応が大きかった。

D. 運動負荷時間 1 分間、3 分間、5 分間そして 10 分間、足踏み器 A と足踏み器 B とを踏んだ後の足底部平均皮膚温を測定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、10 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、測定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」の生体を与える効果は、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、温熱効果が現れることが明らかになった。「足踏み器 A」の踏み時間は、比較的長い方が効果がある。

文 献

- 1) 加賀谷 潤彦; スピード・ストライド関係からみたカナダ人の歩行能力の特徴, 体力科学, 33, 114-115 (1984)
- 2) 中村 正, 白谷 三郎, 石田 良栄, 萩野 幸男; 歩行のエネルギー代謝に関する研究—特にその数理的検討, 日本公衛誌, 9, 641-646 (1962)
- 3) 奥山 美佐雄, 古澤 一夫; 歩行の機械的効率, 労働科学研究, 13, 491-499 (1936)
- 4) 佐々木 隆, 照屋 常吉, 田代 芳弘, 林 春二, 山田 高明; 歩行時のエネルギー代謝率と体力との関係, 体育学研究, 2, 177-180 (1957)
- 5) 杉山 允宏; 速度の違いによる歩行の運動強度, 体力科学, 31, 213-214 (1982)
- 6) 千葉 章; 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, 164-173 (1991)
- 7) 手嶋 昇; 万病に効く! 手軽にできる足裏健康法, 不昧堂, 東京 (1988)