

持久力テストとしての多段階Side Step 運動の検討

筑波大学附属駒場中・高等学校

小沢 治夫・川畑 栄一・深野 明
入江 友生・大矢 稔

日本大学医学部

富 原 正 二

持久力テストとしての多段階 Side Step 運動の検討

小沢 治夫・川畑 栄一・深野 明

入江 友生・大矢 稔

(筑波大学附属駒場中等高等学校)

富原 正二

(日本大学医学部)

Key words : 持久力テスト・ステップテスト・多段階サイドステップ運動・心拍数・最大酸素摂取量

はじめに

体力テストのひとつである全身持久力テストは、最大酸素摂取量、PWC₁₇₀、踏み台昇降運動テストによるものの他、実験的には物理学的負荷強度を一定にした時の心拍数⁽¹⁾、酸素摂取量を一定にした時の心拍数 (HR_{1.5} or fh_{1.5})⁽²⁾ によるものなどいくつか行われているが、踏み台昇降運動テスト以外のものは、全身持久力を正確に表現し得るものの、特別な負荷器具や測定器具を用いねばならない為、一度に多勢の人を測定できないという欠点を有しており、学校体育や社会体育の現場ではほとんど使われていない。そのため、一般には踏み台昇降運動テストが全身持久力を間接的に評価する方法として広く用いられているが、これによる指数も1500 m 走や最大酸素摂取量との相関が一定の傾向になく、疑問が持たれるに致って⁽³⁾、より望ましい方法が多く研究者によって模索されているが、未だそれらについての報告は出されていない。

最近、藤牧ら⁽⁴⁾ はスポーツテストの中で敏捷性を評価するために行われているサイドステップ運動を応用した多段階サイドステップ運動を考案し、自転車エルゴメータ法との比較から、有酸素の作業能を評価する場合の負荷法として用いる点について報告しているが、我々はこの運動が特別な負荷用の器具を用いない、狭い場所で多人数で行える、転倒などの心配がない、容易な運動である、などの点で優れており、さらにサイドステップテストが1500 m 走と比較的高い相関にあること(表3)に注目し、この運動が持久力テストとして応用できるや否やについて検討を試みた。又、本法を用いてトレーニングを行った場合、全身持久力にどのような変化があるかを併せて調査した。

方 法

サイドステップ運動は、距離80, 100, 120, 140 cm の各種、リズムはメトロノームを用いて80回/分, 90回/分, 110回/分の各種でそれぞれを組み合わせで行った。対象は、筑波大学附属駒

場中高等学校の生徒中学1年生から高校3年生までの男子、のべ333名である。

又、トレーニング実験では、筑大駒場中学3年生の男子10名を1500m走のタイムにより全身持久力の差が出ない様に配慮して対照群5名、トレーニング群には距離80cmから始めて4分間毎に100cm、120cmと20cmずつ漸増させて計12分間の3段階サイドステップ運動を4週間(3回/週)行わせた。この間の体育の授業は鉄棒運動のみで、両群の被験者には全身持久力を要する運動は行わせない様に配慮した。トレーニング前及び後の心拍数はテレメータを用いて胸部双極誘導のECGから求め、呼気分析は、MIJNHRDT社 OXYCON SYSTEM により行ったが、分析にあたっては、scholander 微量ガス分析器にて校正を行った。

結果及び考察

1) 昭和38年生まれの男子42名について、踏み台昇降運動テスト、1500m走時間、それらの相関係数を、中学1年時から高校3年時の6年間の経時的変化を調査したものが表1である。1980年の文部省体力運動能力調査報告書(表2)の結果と比べて、step test score は本校生徒の値はやや低

表1. ステップテスト・1500m走の平均・標準偏差・相関係数の経時的変化

	step test score		1500m Run (sec)		相 関 係 数	
	\bar{x}	S.D	\bar{x}	S.D	(step test-1500m Run)	
中学1年	57.67	9.43	414.05	33.89	-0.295	N.S
2年	57.27	10.78	377.79	27.71	-0.034	N.S
3年	58.79	10.70	358.67	23.68	-0.512	***
高校1年	56.92	8.64	353.79	21.47	-0.420	**
2年	63.49	11.84	352.64	23.90	-0.484	**
3年	58.39	11.28	355.19	27.11	-0.300	N.S

** 1% *** 0.1%

表2. ステップテストスコアの全国平均

	\bar{x}	S.D
中学1年	67.54	11.16
2年	68.75	11.35
3年	66.80	12.07
高校1年	67.13	12.42
2年	67.42	12.38
3年	66.17	11.81

(文部省体力運動能力調査報告書による)

いものの、両調査値とも加齢による変化はほとんどみられず、1500m走のタイムが次第に短くなり performance が向上することとの関係 ($r = 0.366$ N.S) からは一見何の関係もないかの如くである。各年令毎に step test score と1500m走時間との相関係数でも、14才 $r = -0.512$ ($P < 0.001$), 15才 $r = -0.420$ ($P < 0.01$), 16才 $r = -0.484$ ($P < 0.01$) でやや相関のみられるものの、12才, 13才, 17才では有意な相関は得られなかった。現在、踏み台昇降運動は、青少年の全身持久力を測定する体力テストとして広く用いられているが、以上の如く、これを必ずしも正しく評価していないという欠点を有している。言うまでもなく、全身持久力は、循環機能だけでなく呼吸機能や筋持久力・筋力・瞬発力・敏捷性などと密接に関係しており、これを循環機能のひとつである心拍反応のみで評価することは必ずしも最良の方法であるとは言い難いのは当然のことである。同じく42人の1500m走のタイムとスポーツテスト各パラメータ間の相関関係の縦断的な結果(表3)でもわかる様に、相関の高いものは50m走($r=0.524$)、反復横跳び($r=-0.445$)、垂直跳び($r=-0.440$)、などが挙げられ、以下身長、ハンドボール投げ、走り幅跳び、と続き、ステップテストは $r = -0.341$ とこれらに比べても決して相関は高くない。従って今後、これらのパラメータのうち、相互に相関の高いものを除き、重回帰分析による方法によって全身持久力を推定することも検討する必要があると思われるが、今回は、特に、サイドステップの相関の高いことに注目して、このサイドステップ運動を応用した方法について検討した。

表3. 1500m走タイムと各パラメータとの相関係数

	中1	中2	中3	高1	高2	高3	平均
身長	-0.149	-0.304	-0.468**	-0.502***	-0.478**	-0.528***	-0.405
体重	0.017	-0.158	-0.181	-0.250	-0.195	-0.234	-0.173
胸囲	-0.052	-0.159	-0.209	-0.233	-0.242	-0.201	-0.183
座高	-0.157	-0.192	-0.312*	-0.295	-0.264	-0.267	-0.248
ローレル指数	0.233	0.078	0.257	0.239	0.230	0.293	0.122
反復横跳び	-0.230	-0.434**	-0.576***	-0.560***	-0.466**	-0.402**	-0.445
垂直跳び	-0.452**	-0.557***	-0.331*	-0.439**	-0.425**	-0.435**	-0.449
背筋力	0.004	-0.444**	-0.191	-0.206	-0.193	-0.307*	-0.224
握力	-0.242	-0.424**	-0.268	-0.277	-0.296	-0.255	-0.294
立位体前屈	-0.253	-0.192	-0.225	-0.266	-0.149	-0.244	-0.222
伏臥上体反し	-0.011	-0.296	-0.346*	0.023	0.068	-0.291	-0.173
ステップテスト	-0.295	-0.034	-0.512***	-0.420**	-0.484**	-0.300	-0.341
50m走	0.508***	0.655***	0.589***	0.560***	0.402**	0.431**	0.524
走り幅跳び	-0.367*	-0.442**	-0.253	-0.316*	-0.364*	-0.546***	0.381
ハンドボール投げ	-0.342*	-0.438**	-0.382*	-0.381*	-0.380*	-0.437**	0.393
懸垂	-0.180	-0.361*	-0.341*	-0.309*	-0.275	-0.387*	0.309

* 5%, ** 1%, *** 0.1%

2) 1500 m 走タイムに差のない中学1年生と2年生の19名、および高校1年生と2年生の26名を被験者として5段階サイドステップ運動によるオールアウト時間を測定した。測定方法は、距離80cmより始め、2分間毎に20cmずつ漸増させ最大160cm巾までとし、毎分80拍の一定リズムで中学生は最高12分、高校生は最高18分まで行わせ、リズム音より3拍遅れた時をオールアウトと判定した。その結果、オールアウトタイムの平均は、中学生 $552.5 \pm 134.8 \text{ sec}$ 、高校生 $802.8 \pm 155.6 \text{ sec}$ で1500 m 走タイムとの相関は、中学生 $r=0.668(P<0.01)$ 、高校生 $r=0.498(P<0.01)$ であった。ステップテスト—1500 m 走との相関より高い値は得られたものの、測定時間が長い、オールアウトの判定がやや難しい、足の裏にマメを作りやすく、またリズムを80拍/分より速くした場合、ラインを踏まない誤動作が多くなって正しい負荷運動にならないなどの欠点を有しており、今後さらに検討する必要がある方法であると考えられる。

3) 高校1年生36名を被験者として、ステップ巾120cmのラインを最初の2分間は踏み動作、続く2分間は完全に越える動作の2段階サイドステップ運動で計4分間行わせ、直後床に座らせて、運動後1分、2分、3分、4分の脈拍を測定した。リズムは90拍/分と110拍/分の2種類を用いたが、90拍/分時は0~20秒、1分~1分20秒、2分~2分20秒、3分~3分20秒、110拍/分時は30秒~1分、1分30秒~2分、2分30秒~3分、3分30秒~4分を実際に計測し、1分当りを算出した。又、同一被験者には1500 m 走と12分間走を行わせ、それぞれの値について平均、標準偏差、相関係数を求めた(表4)。最大酸素摂取量と最もよく相関するものは12分間走であることはよく知られているが⁹⁾この12分間走及びこれと高い相関のある($r=0.829 \cdot P<0.001$)1500 m 走の2つと相関のあるものは、表から明らかな様に、90拍/分2段階サイドステップ運動後回復時心拍数、特に2分目と3分目に高い相関が得られた。1分目に相関が低かったのは、平均心拍数が150拍を越えており、被験者自らに橈骨動脈又は頸動脈にて触診させて測定したため、誤差が大きいことによると考えられ、又4分目では安静時心拍数に近づいたために相関係数が低くなったものと思われる。又、安静時心拍数と12分間走との相関は、理論的には高くてもよいのであるが、安静時心拍数はその時の精神状態や環境条件などコンディションによって変動し易く、正確に測定することが困難なために相関が低く(90拍/分: $r=0.112$, 110拍/分: $r=0.044$)なったと思われる。ちなみに、安静、1分、2分、3分、4分の時の心拍数を90拍時と110拍時で相関をとってみると、それぞれ $r=0.402$ (安静時), 0.444 (1分), 0.604 (2分), 0.648 (3分), 0.691 (4分)で、安静時の相関係数が最も低く再現性が低い。従って、全身持久力を評価するための変数は安静時、運動後1分及び4分時心拍数よりも、2分時及び3分時心拍数を用いた方がよいと思われる(図1・図2)。

又、110拍/分2段階サイドステップ運動時心拍反応が1500 m 走や12分間走と全く相関しなかったのは、約25%の生徒が途中からリズムに遅れて、正確に運動が遂行できなかった為と思われ、従ってこのリズムでは負荷としては一般にやや速すぎると考えられる。

4) 12分間3段階サイドステップ運動を4週間(3回/週)行かせたところ、トレーニング群はステップ巾80cm, 100cm, 120cmの各段階で、心拍数は平均約8%の減少、 $\dot{V}O_2$ も約8%の減少、

表 4. 12分間走・1500m走・2段階サイドステップ運動後脈拍数の相関

	身長 (cm)	体重 (kg)	12分間走 (m)	1500m走 (sec)	2段階サイドステップ運動後脈拍数(110拍/分リズム)						2段階サイドステップ運動後脈拍数(90拍/分リズム)					
					安静時	1分時	2分時	3分時	4分時	平均	安静時	1分時	2分時	3分時	4分時	平均
\bar{x}	168.53	58.17	2653.06	356.14	74.64	142.00	121.61	110.83	103.08	119.56	80.06	151.39	119.08	104.17	98.08	127.25
S. D.	4.78	6.81	260.34	38.44	10.78	18.28	18.12	15.25	14.18	14.74	11.90	17.06	17.68	15.66	13.65	53.01
身長	1.000	0.496	-0.287	-0.285	-0.128	-0.380	-0.302	-0.287	-0.216	-0.335	0.044	-0.420	-0.371	-0.384	-0.327	-0.241
体重		1.000	0.033	0.161	-0.008	-0.166	-0.165	-0.224	-0.231	-0.214	0.201	-0.111	-0.031	-0.089	-0.119	-0.253
12分間走			1.000	-0.829	0.044	-0.040	-0.160	-0.214	-0.166	-0.153	0.112	-0.272	-0.537	-0.450	-0.392	0.170
1500m走				1.000	0.026	0.070	0.042	0.061	0.072	0.064	0.130	0.356	0.506	0.514	0.435	-0.118
2段階サイドステップ脈拍数					1.000	0.543	0.663	0.670	0.775	0.734	0.402	0.285	0.348	0.525	0.642	0.278
1分						1.000	0.746	0.618	0.566	0.832	0.259	0.444	0.449	0.406	0.418	0.260
2分							1.000	0.813	0.809	0.943	0.087	0.401	0.604	0.593	0.558	0.296
3分								1.000	0.913	0.919	0.188	0.427	0.640	0.648	0.656	0.280
4分									1.000	0.899	0.143	0.411	0.548	0.640	0.691	0.253
平均										1.000	0.190	0.469	0.617	0.624	0.633	0.307
安静											1.000	0.203	0.285	0.325	0.350	0.142
1分												1.000	0.676	0.671	0.653	0.187
2分													1.000	0.896	0.781	0.035
3分														1.000	0.899	0.141
4分															1.000	0.186
平均																1.000

* 5%, ** 1%, *** 0.1%

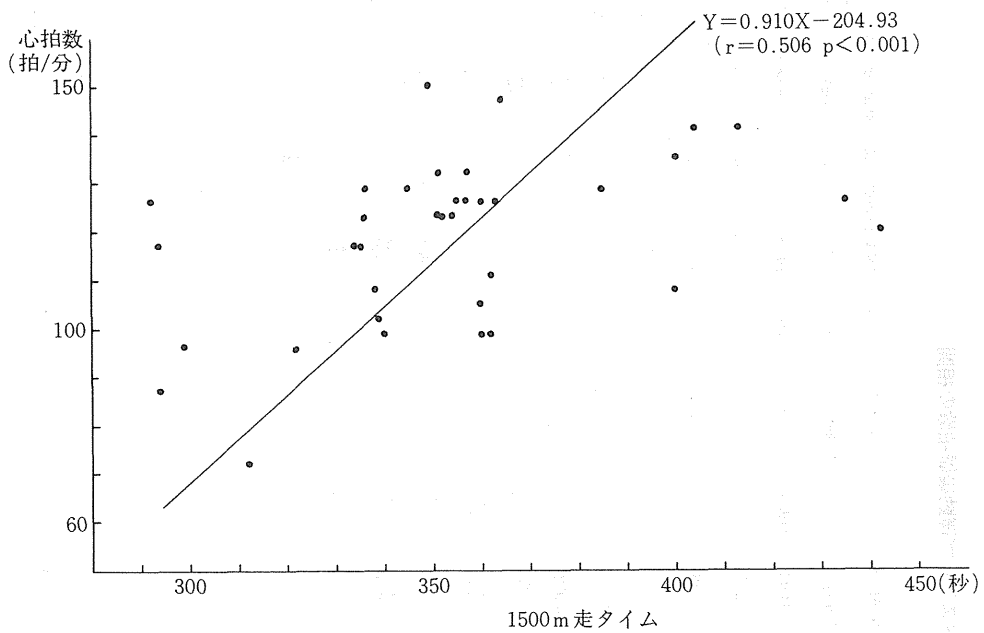


図1. 90拍/分リズム2段階サイドステップ運動後2分時心拍数と1500m走との相関

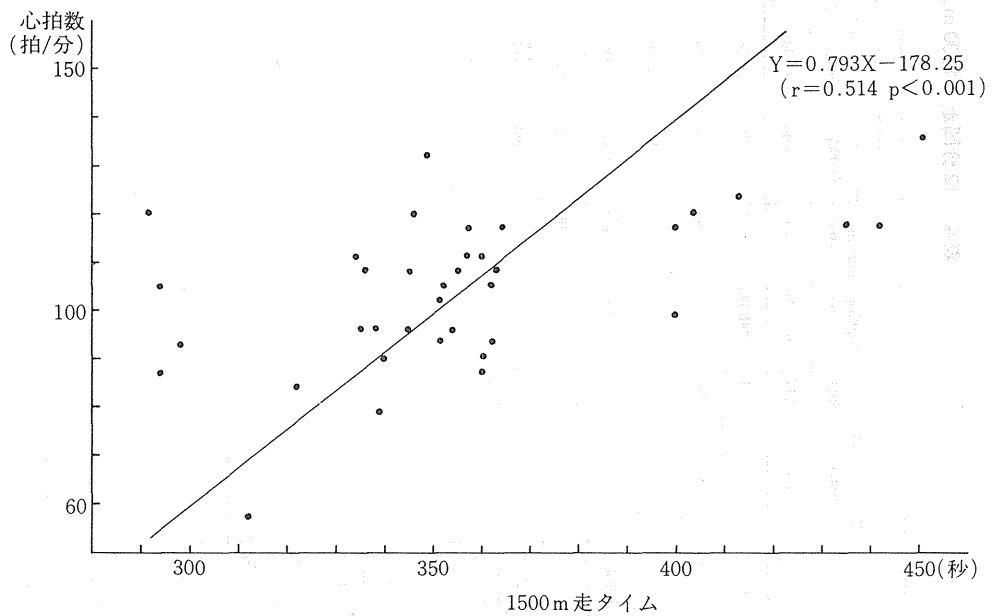


図2. 90拍/分リズム2段階サイドステップ運動後3分時心拍数と1500m走との相関

$\dot{V}O_2 / W^t$ は約9%の減少を示した。最大下負荷ではÅstrand and Rhyming (1976)⁽⁶⁾の式や石井 (1973)⁽⁷⁾の式が最大酸素摂取量を算出するのに用いられるが、多段階サイドステップ運動の $\dot{V}O_2$ - Heart Rate 関係はトレッドミル走運動や自転車エルゴメータ運動の直線関係と傾きが近似しているため、⁽⁴⁾⁽⁸⁾これらの式にあてはめると、まずÅstrand and Rhymingの式で算出すると、 $\dot{V}O_2$ maxはトレーニング前で各段階の平均1.8l/min.であったのがトレーニング後には2.4l/min.に増加し、±10%の誤差を最大に考慮しても約9%の増加が認められた。又、石井の式によって算出した場合でも、1.77 l/min.が2.05 l/min.に増加した。対照群ではこれらの増加はみられなかった。

$\dot{V}E \cdot \dot{V}O_2$ より酸素摂取率を求めたところ、各段階で3~10%の摂取率の増加がみられたが、対照群ではほとんど変化がみられなかった。以上より、4週間(3回/週)の12分間3段階サイドステップ運動によるトレーニングは、呼吸循環系機能の向上に影響を及ぼしたと考えられる。

5) サイドステップ運動は、脚を開いて横に移動する様式であるので、その成績は下肢長に影響されることが懸念されるので、その影響について身長とstep test score, side step test, 1500m走のそれぞれの相関係数を求めたものが表5である。対象は、前述した42名である。身長-step test scoreでは加齢とともに正の相関が強くなる様子は見られるものの有意な値ではなくstep test scoreについては身長の影響はほとんど無視できると言えよう。サイドステップテストではこれに比べると相関係数は大きく、かつ5%ないしは1%水準で有意な値を示しており決して無視できない。又、5段階サイドステップ運動 all out timeと身長との相関は中学生で $r=0.460$ ($P<0.05$)、高校生で $r=0.353$ (N.S.)であり、又、90拍/分4分間2段階運動後回復時心拍数との相関は $r=-0.327 \sim 0.420$ ($P<0.05$)でステップテストと比べるとやや大きい値を示しているが、1500m走—身長との相関の高さに比べれば低く、身長の影響は無視できないものの、全身持久力を評価する方法としては有効性はあると思われる。

表5. 学年別相関係数

	ステップテスト — 身長		サイドステップ — 身長		1500m走タイム — 身長	
中学1年	-0.106	N.S	0.330	*	-0.149	N.S
2年	0.022	N.S	0.412	**	-0.304	*
3年	0.104	N.S	0.368	*	-0.468	**
高校1年	0.294	N.S	0.42	**	-0.502	***
2年	0.205	N.S	0.385	*	-0.478	**
3年	0.346	*	0.281	N.S	-0.528	***

*5% **1% ***0.1%

ま と め

2～5段階の多段階サイドステップ運動を、中学生及び高校生を対象として、従来のステップテストと比較しながら持久力テストとしての信頼性、トレーニング法としての有効性について、呼吸循環系反応や持続時間などから検討し、以下の結論を得た。

- 1) ステップテストは、全身持久力を評価する体力テストとしては必ずしも信頼性の高い方法ではなく、これに替りうるテスト又は方法を今後検討する必要がある。
- 2) 5段階サイドステップ運動によるオールアウトタイムは、1500m走、12分間走とよく相関するが、測定時間が長い、判定がやや難しいなどの点で欠点を有している。
- 3) 4分間2段階サイドステップ運動(90拍/分)後の回復時心拍反応は1500m走や12分間走とよく相関し、全身持久力の評価法としての可能性が見出された。
- 4) 12分間3段階サイドステップ運動を4週間(3回/週)トレーニングとして用いた場合、呼吸循環系機能の促進が認められた。
- 5) サイドステップ運動の成績には身長の影響が多少みられ無視はできないが、それによって得られるデータは信頼できるものと推定された。

本研究の一部は、昭和57年度文部省奨励研究B課題番号57921005によった。

参考文献

- 1) Åstrand, I.: Degree of strain during building work as related to individual aerobic work capacity. *Ergonomics*, 10, 293-303, 1967.
- 2) Shephard, R.J.: Future research on the quantifying of endurance training. *J. Human Ergol*, 3, 163-181, 1975.
- 3) 山地啓司: 心拍数の科学, 大修館, 73-75, 1981.
- 4) 藤牧利昭他: 多段階 Side Step 運動における心拍反応. *東京体育学研究*, 8, 1981.
- 5) 体育科学センター: 健康づくりカルテ, 講談社, 33-37, 1976.
- 6) Åstrand P.-O.: Text of work Physiology, 大修館, 466-471, 1976.
- 7) 石井喜八: 最大酸素摂取量の間接測定. *身体運動の生理学*, 370-386, 1973.
- 8) 川畑栄一他: 中学生の有酸素的作業能について—12分間多段階サイドステップ運動による—. *筑波大学附属駒場中高等学校研究紀要*, 21, 155-164, 1981.

A Study on Multi-stage Side Step Exercise in Relation to an Endurance Test

Haruo Ozawa*, Eiichi Kawabata*, Akira Fukano*,
Tomoo Irie*, Minoru Oya*, and Masaji Tomihara**

* Komaba Secondary School Attached to Tsukuba University

** Nihon University School of Medicine

Summary

The purpose of this study is to investigate a multi-stage side step exercise in its relation to a step test exercise, with the subjects of secondary school pupils (12~17 years of age). The reliability of the multistage side step exercise as an endurance test, availability for physical training, cardio-respiratory responses, and the all-out-time (the time for the subjects to be exhausted) of a multistage side step exercise are investigated. The results are as follows:

1. Aerobic capacity cannot always be evaluated by step test. Thus it is necessary to devise another method for the measurement of the aerobic capacity.
2. The all-out-time of the five-stage side step exercise is highly related to the time of 1500 metre run and 12 minute test.
3. 2-stage side step exercise for 4 minutes can be utilized for the evaluation of the endurance capacity.
4. Cardio-respiratory function improves through the training of 3-stage side step exercise for 12 minutes, which was performed for 3 days a week for 4 weeks.
5. The results of the side step exercise, though slightly affected by standing heights, prove to be extremely reliable.