

競歩の生理学的研究
——歩行スピードと酸素需要量の関係——

齊藤美奈子* 加賀谷瀬彦*** 森井秀樹**** 中川喜直*****
木村直人** 吉田博幸*** 広田公一*

PHYSIOLOGICAL STUDY OF RACE-WALKING
——THE RELATIONSHIP BETWEEN WALKING SPEED
AND OXYGEN REQUIREMENT——

MINAKO SAITOH, HIROHIKO KAGAYA, HIDEKI MORII, YOSHINAO NAKAGAWA,
NAOTO KIMURA, HIROYUKI YOSHIDA and KOICHI HIROTA

Abstract

The purpose of this study was to clarify some of the characteristics of race-walking, especially the relationship between walking speed and oxygen requirement, and stride in race-walking and normal walking, and to examine whether race-walking is effective for the maintenance and promotion of health.

The subjects were five male race-walkers (race-walker group) and five male college students (control group).

The results obtained were as follows :

1. Under race-walk conditions, the highest speeds attained in the race-walker and control groups were 200~220 m/min and 160 m/min, respectively. Under normal walking conditions, however, the values were 140 m/min in both groups.

2. A lower oxygen requirement was observed at slower speed during normal walking and at a higher speed (over 130 m/min) during race-walking.

3. Oxygen requirement (ml/kg/100 m) in the race-walker group was minimal at 60~80 m/min during race-walking and at 60 m/min during normal walking. Values in the control group were minimal at 60 m/min under both walking conditions.

4. The oxygen requirement in the race-walker group was less than that of the control group under both walking conditions.

5. Under normal walking conditions, as the speed increased, both step-length and step frequency gradually increased, until step-length reached a limit of 80 cm. Thereafter, walking was maintained only by an increase in step frequency. However, in the race-walkers group, the subjects were capable of increasing their step-length further, and maintaining a higher speed (up to 220 m/min).

6. It was suggested that race-walking is one of the most efficient exercises for maintaining and improving health.

(Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med. 1991, 40 : 31~40)

key words : Race-walking, Walking speed, Oxygen requirement, Stride

*日本体育大学体力学研究室

**日本体育大学衛生・公衆衛生学教室
〒158 東京都世田谷区深沢7-1-1

***埼玉大学教育学部保健体育学科
〒338 埼玉県浦和市下大久保255

****京都市立芸術大学
〒610-11 京都府京都市西京区大枝杏掛町13-6

*****小樽商科大学商学部体育科
〒047 北海道小樽市緑3-5-21

*Department of Physical Fitness, Nippon College of
Physical Education,*

*Department of Hygiene and Public Health, Nippon
College of Physical Education, 7-1-1 Fukazawa,
Setagaya-ku, Tokyo 158, Japan*

*Department of Health and Physical Education,
Faculty of Education, Saitama University, 255 Shimo-
ohkubo, Urawa City, Saitama 338, Japan*

*Kyoto City University of Arts, 13-6 Ohe-kutsukake-cho,
Nishikyo-ku, Kyoto 610-11, Japan*

*Department of Sports Sciences, Faculty of Commercial
Sciences, Otaru University of Commerce, 3-5-21 Midori,
Otaru City, Hokkaido 047, Japan*

I. 緒 言

運動の基礎となる歩行に関する研究は、古くから数多く行われており、歩行のメカニズム、歩行スピードとエネルギー代謝の関係などが明らかにされている^{3,7,15)}。

近年では、各地で歩行のイベントが行われるなど、健康のための歩行が取り上げられている。このことは、歩行が誰にでも安全で、手軽に行えるものであり、呼吸循環器系のトレーニングとして期待できるものだからである。勝田ら⁸⁾は、体力の低い中年者にとって、40% $\dot{V}O_2\max$ の強度の歩行トレーニングは、呼吸循環器系に有効であると報告している。また、岡野ら¹³⁾は、肥満者に1日6~9 km, 週5~6日の歩行トレーニングを3ヶ月間行わせた結果、体脂肪率の低下を認めた。

Kagaya⁷⁾の報告によると、日本人の自然で、快適な歩行スピード (Optimal Speed) は68.90 m/min で、このスピードでの運動強度は22% $\dot{V}O_2\max$ であった。これは健常者に呼吸循環器系の改善を期するには低い強度である。従って呼吸循環器系の改善を目的として歩行を行った場合は、歩行スピードを高める必要がある。実際に、健康を目的として歩行を行っている人々は、普通

の歩行をスピードアップした急歩を行っているが、速い歩行の最たるものに、陸上競技で行われている競歩がある。

競歩は、腕をよく振り、腰を大きく回転させるという独特のフォームで、速いスピードを長時間持続させ、しかも長距離の歩行を可能とするが、後藤ら⁵⁾、楠本ら⁹⁾、Murray et al.¹¹⁾などは、動作分析や筋電図解析からみて、競歩と普通歩行のメカニズムが異なることを明らかにしているが、速いスピードでの歩行を特徴とする競歩は、普通歩行と動作学的に異なるだけでなく、酸素需要量からみた経済性にも、競歩と普通歩行の違いをみることができると予測した。

従って本研究では、種々の歩行スピードでの競歩と普通歩行における酸素需要量を比較し、競歩の特性を明らかにすることを目的とした。そして、競歩選手だけでなく、一般大学生にも競歩と普通歩行の両歩行を行わせ、健康の維持・増進に効果的な運動の一つとしての競歩の有用性を検討した。

II. 方 法

A. 被検者

本研究における被検者は、大学トップレベルの

Table 1. Physical Characteristics of Subjects.

	Subj.	Age. (yr.)	Height. (cm)	Lower limb length (cm)	Lower leg length (cm)	Weight. (kg)	%fat. (%)	$\dot{V}O_2\max$ (ml/kg/min)
race walker	1 H. O.	21.1	167.5	97.3	49.5	54.9	11.58	65.09
	2 K. T.	21.1	175.8	95.2	50.9	59.1	11.58	64.12
	3 M. M.	20.4	178.2	96.6	48.4	63.6	9.75	64.34
	4 T. M.	22.4	173.8	98.1	46.8	62.3	11.12	63.12
	5 T. T.	21.4	182.0	102.7	53.2	67.0	13.20	59.88
	Mean	21.28	175.46	97.98	49.76	61.38	11.45	63.31
	S. D.	±0.73	±5.40	±2.85	±2.44	±4.60	±1.23	±2.04
control	6 A. U.	22.3	163.0	90.1	39.5	59.4	11.81	66.16
	7 H. N.	21.1	185.2	103.0	51.3	77.3	13.43	59.99
	8 M. O.	20.3	166.3	93.1	45.2	54.5	12.97	56.49
	9 N. K.	22.5	169.6	88.9	42.6	60.7	10.89	52.16
	10 T. M.	23.3	175.0	97.8	42.7	59.1	9.98	51.39
	Mean	21.90	171.82	94.58	44.26	62.2	11.82	57.24
	S. D.	±1.19	±8.69	±5.83	±4.42	±8.76	±1.43	±6.08

Table 2. Experience years of exercise and race-walk record.

	Subj.	experience years (yr)	Record	
race walker	1 H. O.	5	10000 mW	46'02"0
			20 kmW	1'31'59"0
	2 K. T.	6	30000 mW	2'32'00"0
			20 kmW	1'39'53"0
	3 M. M.	5	5000 mW	23'05"0
control			10000 mW	46'36"0
			20 kmW	1'44'47"0
	4 T. M.	7	10000 mW	44'35"0
	5 T. T.	6	10000 mW	47'14"0
			20 kmW	1'37'24"0
	6 A. U.	9		
		(sprint)		
	7 H. N.	9		
		(basketball)		
	8 M. O.	18		
		(kendou)		
	9 N. K.	4		
		(soft ball)		
	10 T. M.	2		
		(basketball)		

男子競歩選手 5 名, 体育専攻男子大学生 5 名であった。前者を選手群 (race walker), 後者を対照群 (control) とした。被検者の身体的特性を表 1, 競技歴及び競技成績を表 2 に示した。最大酸素摂取量は歩行実験前の異なった日に, Bruce, R. A.⁴⁾ のプロトコールに従い, トレッドミルを用いて測定した。

B. 歩行様式

本研究における競歩の条件は, 次に示す日本陸連の競技規則¹²⁾における競歩の定義に従った。

- 各ステップとも, 歩者の前進する足は, 後方の足が地面から離れる前に地面に着かなければならない。
- 支持脚は垂直になったとき, たとえ一瞬でもまっすぐでなければならない。

普通歩行については各被検者の自然歩行とした。

競歩の普通歩行との差異は,

- 支え脚の膝関節が, 着地時点から垂直状態を過ぎるまで, まっすぐ伸びている。

- 腰の動きが普通歩行より大きい。

- 両腕の肘関節が大きく曲げられ, 勢いよく振られる。

こととした¹⁾。運動がこれらの条件を満たしているか否かは, 検者の観察によった。

また, 測定後, 歩行スピードと酸素需要量の関係をグラフに示し, スピードの増加にもかかわらず, 酸素需要量が横ばい状態, 或は低下を示した時点をも, 競歩, 普通歩行の限界とした²⁾。

C. 運動負荷手順

実験は昭和62年 8 月 26 日～11 月 5 日の期間に日本体育大学人体環境シュミレーター室で行った。

実験中室温は約 25℃。湿度約 60% に設定した。歩行実験はトレッドミルを用いて, 各種スピード 6 分間ずつ, 競歩と普通歩行を行った。歩行スピードの範囲は 40 m/min から 20 m/min 間隔に 6 分間の歩行が可能なスピードまで設定した。

尚, 被検者にはトレッドミルにおける歩行の違和感をなくすよう, 測定前トレッドミルでの歩行

練習を行わせた。

D. 測定項目

1. 酸素需要量の測定

測定当日の運動開始前, 安静時の酸素摂取量を椅座位にて5分間測定した。歩行は1日に4~5種のスピードをそれぞれ6分間行わせ, 酸素需要量と歩数を測定した。各歩行の間には十分に休息を取り, 心拍数が安静レベルに戻ったことを確認して次の歩行を行った。

各歩行後, 椅座位姿勢で回復期10分間の酸素摂取量を測定した。回復期を10分間としたのは, 予備実験において, 本研究の歩行スピードの範囲内においては, 酸素摂取量が運動後10分間でほぼ安静値レベルに戻ることを確認したためであった。従って本研究では, この回復期10分間の酸素摂取量を酸素負債量とした。

本実験における酸素摂取量の測定はダグラスバッグ法で行った。ガス分析は, Morgan社製のガス分析器で行った。これにより $\dot{V}O_2\max$, $\% \dot{V}O_2\max$, 各運動の酸素需要量 (net) を求めた。

2. 歩長と歩数の測定方法

どちらか一方の足が地面に着地した瞬間から, 反対側の足が地面に着地するまでを1歩とし, 20

歩に要する時間をストップウォッチで測定し, その結果から歩数 (step frequency) の1分間値と, 1歩の歩長 (step length) を求めた。

E. 統計的処理

得られた結果は, 図中に示してある例数以外は被検者5名の平均値で表した。両群, 両歩行の平均値の有意差検定には, Studentのt-testを用い, その有意差水準は5%未満とした。

III. 結 果

A. 歩行スピードと酸素需要量の関係

競歩が可能であったスピードは, 選手群では1名が220 m/minまで, 4名が200 m/minまでであった。一方, 対照群では4名が160 m/min, 1名が120 m/minのスピードまで競歩を行うことができた。普通歩行は選手群3名と対照群全員が140 m/min, 選手群2名が120 m/minのスピードで限界となった。

歩行スピードと酸素需要量の関係について各被検者群の平均値を図1に示した。1分間当たりの酸素需要量は, 両群, 両歩行ともスピードの増加に伴い増加傾向を示した。

1. 境界スピード

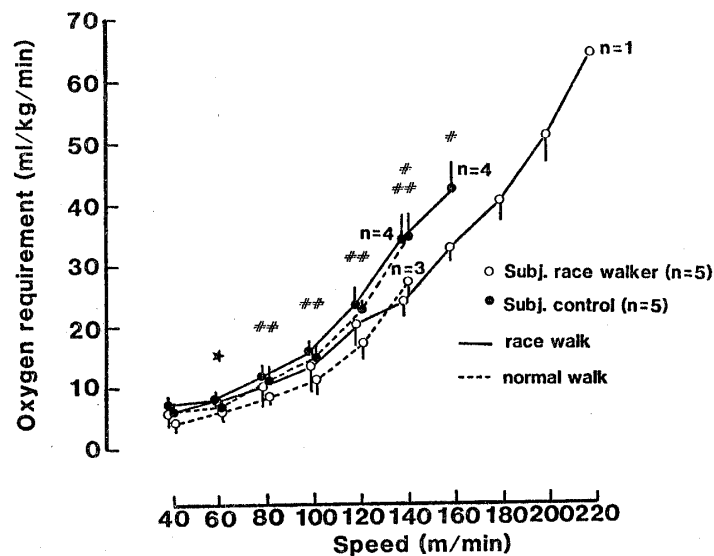


Fig. 1. The relationship between walking speed and oxygen requirement (ml/kg/min).

★ $p < 0.05$; Significant difference between race walk and normal walk of race walker Group. # $p < 0.05$; Significant difference between race walker Group and control Group in race walk. ## $p < 0.05$; Significant difference between race walker Group and control Group in normal walk.

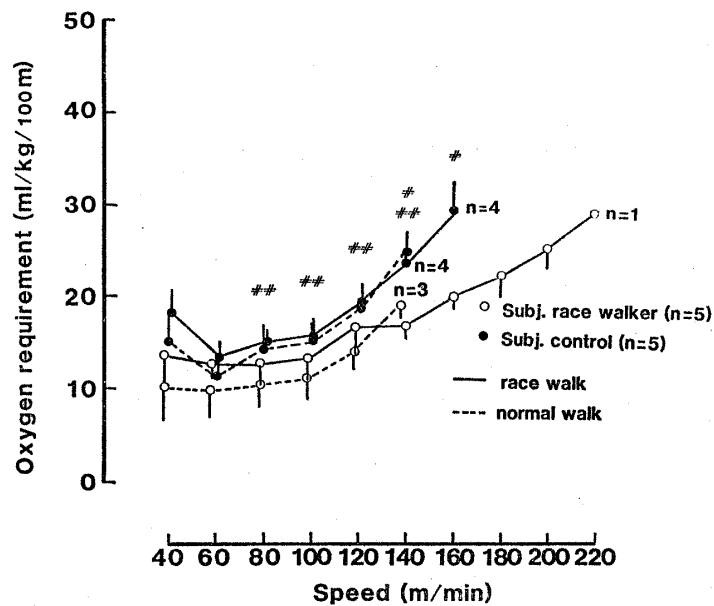


Fig. 2. The relationship between walking speed and oxygen requirement (ml/kg/100 m). # $p<0.05$; Significant difference between race walker Group and control Group in race walk. ## $p<0.05$; Significant difference between race walker Group and control Group in normal walk.

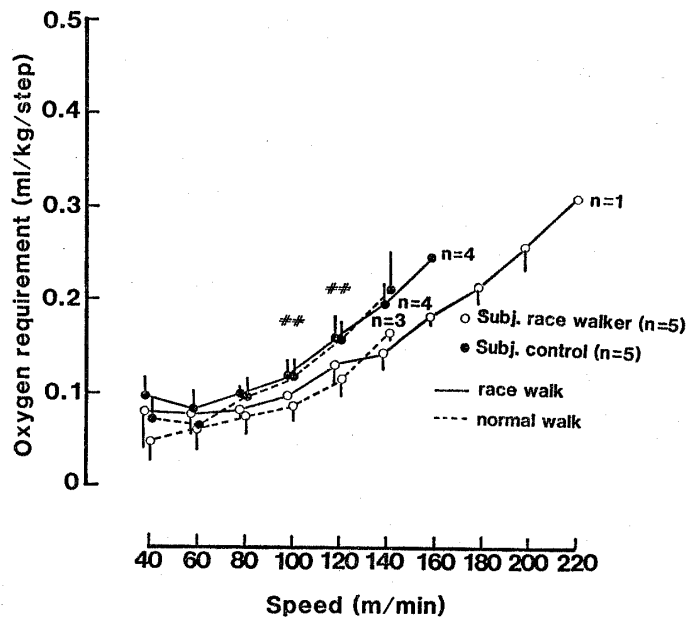


Fig. 3. The relationship between walking speed and oxygen requirement (ml/kg/step). # $p<0.05$; Significant difference between race walker Group and control Group in race walk. ## $p<0.05$; Significant difference between race walker Group and control Group in normal walk.

1分間当たりの酸素需要量(図1), 100m前進当たりの酸素需要量(図2), 1歩当たりの酸素需要量(図3)は, いずれも, 40~120m/minの低スピードにおいて, 両群とも競歩の値は普通歩行の値より大きい傾向を示した。しかし, 120~140m/

minにかけて両歩行における酸素需要量は交差を示し, その直後の140m/minのスピードで両群とも普通歩行は歩行の限界となっているが, 競歩の酸素需要量が普通歩行より小さい傾向を示した。選手群の1分間当たりの酸素需要量におい

て, 60 m/min のスピードの時, 両歩行間に有意な差がみられた。

2. optimal speed

100 m 前進当たりの酸素需要量は, 40~100 m/min のスピードにおいて, スピードの増加に伴う値の増加が認められず, 選手群における競歩が 60~80 m/min, 普通歩行が 60 m/min, 対照群における両歩行が 60 m/min で最小値を示した (図 2)。

3. 選手群と対照群の比較

両歩行とも同じスピードにおける酸素需要量は, 1分間当たりの酸素需要量(図 1), 100 m 前進当たりの酸素需要量(図 2), 1歩当たりの酸素需要量(図 3)いずれをみても, 選手群は対照群より小さい値を示した。そして両群のその差は, 歩行スピードが高くなるにつれ大きくなり, 競歩は 140~160 m/min のスピード, 普通歩行は 80~140 m/min のスピードにおいて両群の間に有意差がみられた。

B. 歩行スピードと歩長, 歩数の関係

1. 歩行スピードと歩長, 歩数の関係

歩行スピードと歩長, 歩数の関係について各被検者群の平均値を図 4 に示した。選手群は競歩において, 歩行の限界スピードまで歩長, 歩数とも直線的に増加を示し, 220 m/min の歩行スピード

での歩長, 歩数は, それぞれ 107 cm(身長64%), 206 steps/min であった。一方, 普通歩行は 100 m/min まで, スピードの増加に伴い, 歩長, 歩数ともに増加を示したが, それ以上のスピードに達すると歩長の増加の割合は減少し, 歩数は大きな増加を示した。

対照群においては両歩行とも 120 m/min のスピードを超えると歩長の増加の割合は減少し, 歩数の著しい増加がみられた。

2. 歩長と歩数の関係

歩長と歩数の関係について図 5 に示した。選手群の普通歩行は歩長が 80 cm(身長46%)に達すると, 歩長の増加より歩数の増加が著しく大きくなり, やがて歩行の限界に達した。これに対し競歩は, 歩長が 80 cm を超えても歩数, 歩長ともに増加を示した。

一方, 対照群は, 両歩行とも 80 cm 付近で歩長の増加の割合が小さくなり, 歩数のみ大きな増加を示し歩行の限界に達した。

IV. 考 察

A. 歩行スピードと酸素需要量の関係

楠本たち⁹⁾は, 競歩選手と一般人を比較した結果, 競歩では接地期の前半に股関節を内転することから重心の前方への移動をスムーズにし, その

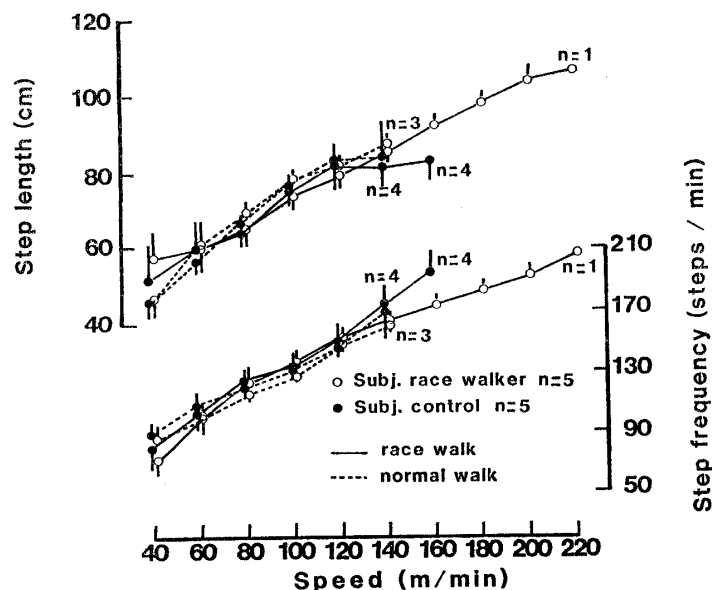


Fig. 4. The relationship between walking speed and step length (cm), step frequency (steps/min).

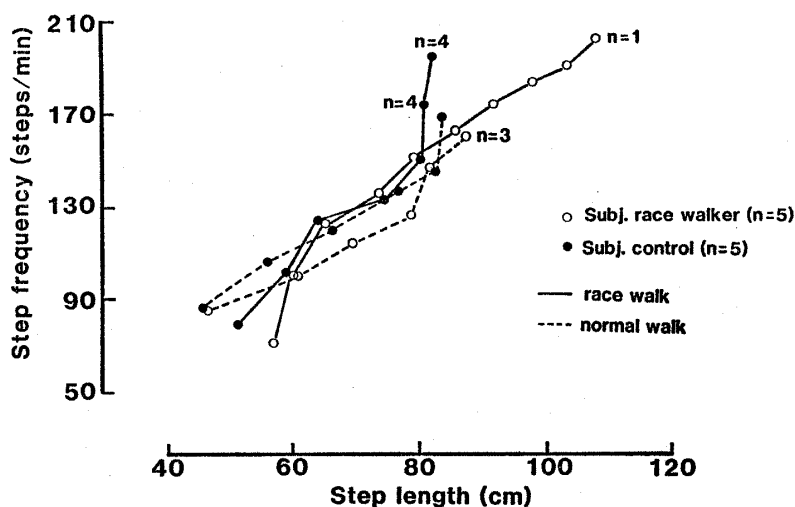


Fig. 5. The relationship between step length (cm) and step frequency (steps/min).

後、股関節を外転及び伸展することから推進力が生みだされるメカニズムがあり、このことが競歩独得の骨盤の回転という外観に現れると報告し、競歩は普通歩行とメカニズムが異なることを明らかにした。

本研究では、競歩と普通歩行を、スピード、酸素需要量、歩長、歩数の面から比較し、競歩の特性を見出し、競歩が健康の維持・増進に効果的な運動であるかを検討した。

本研究の被検者である選手群の競技成績から算出したレース時の平均スピードは、例えば 10,000 m 競歩が 45~46 分間として、約 212~224 m/min であったが、トレッドミル上の 6 分間の競歩の最高スピードは 200~220 m/min とやや低い値を示した。このようにトレッドミル上での競歩の最高スピードが実際の競技のスピードよりも低かった理由は、被検者の内省報告からみて、競技では自分のリズム、ペースを掴みながらスピードを選ぶのに対し、実験では、最初から所定のスピードを与えられたためと考えられる。雨宮たち²⁾の、日本一流競歩選手を被検者とした研究においても、トレッドミル上での競歩の最高スピードは、本研究と同様に 220 m/min であるが、その結果から、競歩の一応の傾向を掴むことができたと報告している。本研究においても、得られた結果から、競歩と普通歩行、選手群と対照群の比較は可能であると考えられる。

図 1 に示したように、選手群における普通歩行は、140 m/min の限界スピードで酸素需要量は 26.9 ml/kg/min、最大酸素摂取量から計算した $\% \dot{V}O_2\max$ が 49.5% と低かったのに対し、競歩は選手群 4 名の限界スピード 200 m/min において、酸素需要量は 50.2 ml/kg/min まで増加させることができ、この時の $\% \dot{V}O_2\max$ は 83.0% という高い値であった。この値は雨宮たち²⁾の 220 m/min のスピードで得た 80~90% $\dot{V}O_2\max$ と同値であり、また、Menier, D. R. & Pugh, L. G. C. E.¹⁰⁾ の競歩は歩行で得た最大酸素摂取量に近い値まで歩行が可能であるという報告と同様の意味を持つものである。

対照群の競歩は選手群ほど歩行スピードを高めることはできず、限界スピードは 160 m/min に留まった。しかし、この時の酸素需要量は 47.1 ml/kg/min、 $\% \dot{V}O_2\max$ は 77.5% と高く、呼吸循環器系の改善が十分に期待できる強度の歩行が可能であった。

1. 境界スピード

Kagaya⁷⁾ は歩行、走行に要したエネルギー量を単位距離当たりで求め、その値をプロットすると両歩行の交差がみられるが、その交差しているスピードが歩行と走行の境界スピードであると報告している。

本研究において、競歩と普通歩行の 100 m 前進当たりの酸素需要量をプロットすると、普通歩行

は 140 m/min のスピードで限界がみられたが, 両群ともおよそ 130 m/min のスピードで両歩行の交差を示した(図 2). また, 1 分間当たりの酸素需要量(図 1), 1 歩当たりの酸素需要量(図 3)においても, 約 130 m/min で両歩行が交差していた.

従って, 競歩と普通歩行の間にも境界スピードが存在し, その境界スピードは, 先行研究で報告されている歩行と走行のそれと近似したスピードの約 130 m/min にみることができ, 競歩で用いられている速く歩くための動作が, 130 m/min より高いスピードでは生かされ, スムーズに行われるようになり, 普通歩行より効率が良くなるという特性をもつことがわかった^{3,7)}.

2. optimal speed

Relston, H. J.¹⁴⁾ は, 自然で快適な歩行スピードは, 距離当たりのエネルギー消費量が最小値を示すスピードと一致したと報告している. 日本人を被検者とした先行研究^{7,15)}によれば, 歩行の optimal speed は 60~70 m/min だが, 本研究の選手群の普通歩行と対照群の両歩行はこれと一致した結果が得られた. しかし, 習熟した選手群の競歩は, 普通歩行より高いスピードの 80 m/min まで optimal speed をみることができた.

3. 選手群と対照群の比較

雨宮たち²⁾ は, 競歩の一流選手と未熟練者を比較した時, 100 m/min のスピードまでは, 一流選手よりも未熟練者の方が少ない酸素摂取量で運動を行い, 高いスピードになるに従い, 未熟練者の酸素摂取量は急激な増加を示したと報告している.

本研究における選手群と対照群の比較では, 図 3 に示したように, 同一スピードにおける 1 分間当たりの酸素需要量は, 両歩行とも選手群は対照群より低い値を示した. また, 1 歩当たりの酸素需要量も選手群が対照群より低い値が示された(図 5). 従って, 選手群は対照群より 1 歩 1 歩の動作が効率よく行われたことになる. このことが, 1 分間当たりの酸素需要量, 100 m 前進当たりの酸素需要量に影響しているものと思われる.

B. 歩行スピードと歩長, 歩数の関係

1. 歩行スピードと歩長, 歩数の関係

選手群の競歩における最大歩長は, 220 m/min のスピードの時 107 cm で, 雨宮たち²⁾ の報告の 230 m/min のスピードの時 120 cm という値よりやや小さい傾向にあったが, 普通歩行及び対照群の両歩行よりは大きな値を示した(図 4).

Bôje, O.³⁾ と Högberg, P.⁶⁾ は, 競歩には, どちらか一方の足が地面に着いていなくてはならないという規則があり, 宙に浮いた状態がないため, 競歩の歩長は足の長さや腰の柔軟性によるものと指摘している. また, 八尾たち¹⁶⁾ は, 競歩の鍛錬者と非鍛錬者について動作分析を行った結果, 最大歩長の時, 鍛錬者は非鍛錬者に比べ足関節の伸び, 腕振りの角度が大きく, この脚と腕の動作が競歩の歩長を増加させる原因となっていると報告している.

本研究は, 競歩の場合には対照群にも, 普通歩行より大きな腕の振り, 大きな腰の回転を用いるように指示した. しかし, 選手群は競歩を行った時に, 歩長を伸ばすことができたのに対し, 対照群は競歩を行っても歩長を伸ばすことができなかった. 競歩に不慣れた対照群が, 大きな腕の振りを試みても早急には競歩の技術を取得するに至らなかったものと思われる.

歩数においては, 選手群の競歩が 220 m/min のスピードで 206 steps/min と最も大きな値を示した. この値は, 歩長同様, 雨宮らの研究で得た 215 steps/min よりやや小さい傾向にあったが, 普通歩行, または対照群の両歩行より大きい値を得た.

八尾たち¹⁶⁾ は, 競歩を行った際, 鍛錬者は非鍛錬者より足関節の伸びが大きく, 逆に膝関節の伸びは小さいことを見つけ出し, このことが足の動きの速さに影響を与える一要因であると報告している. 競歩では, この様な歩数を高めるための技術と, これに合わせて歩長を伸ばすための技術を習得することにより, 速いスピードでの歩行を可能にするように思われる.

2. 歩長と歩数の関係

Bôje, O.³⁾ や Högberg, P.⁶⁾ の高いスピードで

はスピードが増すに従い、歩長より歩数の方が急激に増加を示すという報告がある。

本研究において、選手群の普通歩行と対照群の両歩行は、歩長が 80 cm(身長46%)付近に達すると、歩長の増加の割合は殆どみられず、歩数の増加が大きくなり、グラフの傾きがX軸に垂直になるほど急になるという現象がみられた(図5)。つまり、選手群の普通歩行、対照群の両歩行においては、スピードの増加に伴い、まず歩長が限界に達し、その後のスピードの増加は歩長の増加ではなく、歩数の増加によって得ていることになる。

これに対し、選手群における競歩では限界スピードまで歩長、歩数ともに伸ばすことができ、この歩長と歩数の増加が 200~220 m/min の高スピードの歩行を可能にしているものと思われる。

また、競歩における選手群と対照群の歩長、歩数を比較すると、歩長は約 24 cm (29.0%)の差に対し、歩数は約 12 steps/min (6.2%)の差であった。歩数より歩長に大きな違いをみることができ、選手群の競歩はより大きな歩長で歩くことができたため、220 m/min のスピードまで歩くことができたということが示唆され、従って速いスピードまで歩くには、歩長を大きくできることが条件になると考えられる。

以上、競歩は約 130 m/min より低スピードにおいては、普通歩行より効率が悪いが、それ以上のスピードでは効率よく行うことができる、また、歩長を伸ばすことによって、高いスピードまで歩行を可能にさせる、という特性を持つことがわかった。

尚、体育専攻男子大学生が競歩を試みた場合、競歩選手ほど歩長を伸ばすことはできず、歩行スピードを高めることもできないが、普通歩行よりは速いスピードの 160 m/min まで歩行が可能であった。これは 77.5% $\dot{V}O_{2max}$ の強度に相当するものであった。これにより、競歩は呼吸循環器系の改善に十分効果的な強度の運動であることが示唆されたので、競歩を陸上競技の種目としてだけでなく、健康の維持・増進に役立つ運動法として、その普及を検討してみる価値があると考えら

れる。

V. 要 約

大学の男子競歩選手 5 名(選手群)と体育専攻男子大学生 5 名(対照群)を被検者とし、競歩と普通歩行におけるスピードと酸素需要量・歩長、歩数の関係から、競歩の特性、競歩の健康の維持・増進のための運動としての有用性について検討を行ったが、その結果、次のように要約された。

1. 本研究における競歩の限界スピードは、選手群が 200~220 m/min, 対照群が 160 m/min であった。普通歩行の限界スピードは両群とも 140 m/min であった。

2. 競歩と普通歩行の境界スピードは、両群とも約 130 m/min にみることができ、普通歩行はその直後に限界に達しているが、約 130 m/min より低スピードにおいて、競歩は普通歩行より効率が悪いが、それ以上のスピードでは効率が良いということがわかった。

3. 選手群の普通歩行、対照群の両歩行の optimal speed は 60 m/min であった。これに対し、選手群の競歩における optimal speed は 60~80 m/min であり、やや高いスピードまでみることができた。

4. 選手群は、両歩行とも対照群のそれより同一スピードにおいて小さい酸素需要量を示しており効率よく歩くことができた。

5. 選手群は、競歩において歩行の限界まで歩長、歩数とも増加を示したが、選手群の普通歩行と対照群の両歩行は、歩幅が 80 cm 付近で、歩長が限界に達し、その後のスピードの増加は、歩数の増加によって得ているが、やがて歩数の増加も限界に達し、歩行困難になるということがわかった。

6. 競歩における選手群と対照群の歩長と歩数の差を比較すると、歩数より歩長に大きな違いをみることができ、速いスピードまで歩くには、歩長を大きくできることが条件になると考えられる。

7. 対照群に競歩を行わせた場合、選手群ほど歩長を伸ばすことはできず、歩行スピードを高め

ることはできないが、普通歩行よりは速いスピードの 160 m/min まで歩行を可能とし、この時、77.5% $\dot{V}O_2\text{max}$ の強度に相当する運動を行うことができた。これにより、競歩は呼吸循環器系の改善に十分効果的な強度の運動法であることが示唆された。

謝 辞

本研究遂行上、多大な援助を賜った、輪島勝利氏を初めとする埼玉大学教育学部保健体育学科運動生理学研究室、日本体育大学体力学研究室の学生の方々に深甚の謝意を表します。

(受付 平成元年 8 月 22 日)

引用文献

- 1) 浅見俊雄, 宮下充正, 渡辺 融(1984): 現代体育・スポーツ大系第13巻—陸上競技一, 初版, 陸上競技のトレーニング, 講談社, 東京, 96-183.
- 2) 雨宮輝也, 黒田善雄, 塚越克己, 伊藤静夫, 金子敬二, 松井美智子, 白鳥金丸, 松永尚久(1978): 競歩における歩行速度と酸素摂取量に関する研究, 日体育協会スポーツ科研報集, 2(11), 1-14.
- 3) Bôje, O. (1944): Energy production, pulmonary ventilation, and length of steps in well-trained runners working on a treadmill. *Acta Physiol. Scand.*, 7, 362-375.
- 4) Bruce, R. A. (1971): Exercise testing of patients with coronary heart disease. *Ann. Clin. Res.*, 3, 323-332.
- 5) 後藤幸弘, 松下健二, 本間聖康, 辻野 昭, 岡本 勉(1978): 歩行の筋電図的研究—各種歩行速度における筋電図の変化一. 大阪市大保健体育研究紀要, 13, 39-52.
- 6) Högborg, P. (1952): Length of stride, stride frequency, "flight" period and maximum distance between the feet during running with different speeds. *Arbeitsphysiologie*, 14, 431-436.
- 7) Kagaya, H. (1978): Cardiorespiratory responses to optimal speed of walking and to metabolic interection speed of walking and running. Edited by Landry, F. & W. A. R. Orban, *Exercise Physiology, Simposia Specialists, Miami*, 363-367.
- 8) 勝田 茂, 芳賀脩光(1982): 中年者に対する歩行による 40% $\dot{V}O_2\text{max}$ 強度・30分間トレーニングの効果—その性差への影響—. 筑波大学運動処方研究, 131-140.
- 9) 楠本秀忠, 後藤幸弘, 辻野 昭(1983): 競歩の筋電図的研究. 体育研, 28, 43-54.
- 10) Menier, D. R. and Pugh, L. G. C. E. (1968): The relation of oxygen intake and velocity of walking and running in competition walkers. *J. Physiol.*, 197, 717-721.
- 11) Murray, M. P., Guten, G. N., Mollinger, L. A. and Gardner, G. M. (1983): Kinematic and electromyographic patterns of Olympic race walkers. *Am. J. Sports Med.*, 11, 68-74.
- 12) 日本陸上競技連盟(1986): 陸上競技ルールブック'86, あい出版. 東京, 246.
- 13) 岡野五郎, 三宅章介, 加藤 満, 田中三栄子, 須田力, 絹川信夫(1986): 3ヶ月間の歩行トレーニングが肥満女性の体組成, 血圧および血液脂質に与える影響. 北海道体育研, 21, 31-36.
- 14) Ralston, H. J. (1958): Energy-speed relation and optimal speed during level walking, *Int. Z. angew. Physiol. einsch. Arbeitsphysiol.*, 17, 277-283.
- 15) 白井伊三郎, 古沢一夫(1937): 筋労作に於ける optimal speed に就て. 日生理誌, 2, 80-81.
- 16) 八尾 隆, 池内八郎, 井坂恵裕(1976): 競歩の指導に関する研究(その1), 日体育会第27回大会号, 441.