歩幅の変化が速度・酸素摂取量 におよぼす影響

安藤 正志¹⁾ 黒澤 和生 丸山 仁司 小坂 健二
山西 哲郎²⁾ 磯崎 康明 金子 好文

Effect of the Step Length on Walking Speed and Energy Cost.

Masashi ANDOU, RPT¹⁾. Kazuo KUROSAWA, RPT. Hitoshi MARUYAMA, RPT. Kenji KOSAKA, MD. Teturo YAMANISHI²⁾. Yasuaki ISOZAKI. Yoshifumi KANAKO.

1)Department of Physical Therapy, Saitama Medical School Jounir College: 38 Moroyama Iruma-gun Saitama 350-04 Japan. TEL +81 0492-95-1111.

2)Department of Health and Physical Education, Faculty of Education, Gunma University: Aramakicho 4-2, Maebashishi, Gunma 371 Japan. TEL +81 0272-32-1611.

J. of Exerc. Physiol. 8(2):111-114,1993. Submitted Jan.20,1993. Accepted Mar.20,1993.

ABSTRACT

In order to determine the step length for the maximum walking speed, ten healthy males(mean age, 23.1 years;mean body height, 172.7 cm) were ordered to walk straight 10 m as fast as possible with their conventional (free step), shorter (short step) and longer step lengths(long step). It was found that the maximum walking speed was observed in walking with free step. In addition, for the purpose of examining how changes in the step length affect energy cost during walking, four healthy males (mean age, 29.0 years; mean body height, 173.3 cm) were instructed to walk Treadmill with four different step lengths(30, 60, 70, and 80% of body height) at the speed of 2, 4, and 6 km/h for 3 min. The oxygen consumption for 1 min and the heart rate for 15 sec just after each experiment were recorded. It was also found that the speed became faster during walking with % step length of 30 and 60 %, and that it remained unchanged during walking with % step length of 70 and 80%. The results obtained here indicate that the optimum % step length to induce the maximum walking speed is approximately 70%, and that walking with longer step length requires larger oxygen consumption, which suggests its inefficiency.

Key words : walking speed, step length, energy cost

要旨

本研究の目的は、歩行速度を最も速くする歩幅を探ることと歩幅を変化させたときのエネルギー消費量を確認することである。最大速度となる歩幅の検出には健常男子10名(mean age 23.1歳, 平均身長172.7cm)を対象とした。10m直線路を、(1)歩き易い歩幅(free step) (2)歩幅を短く(short step) (3)歩幅を長く(long step)の課題に従わせて全速力で歩行させた。歩行速度は、free stepが最大値であった。歩幅(step length/height)と速度との関係では、歩幅を長くすると速度も早くなるが、身長約70%以上では速度は一定であった。以上のことより最も早い速度で歩行するためには、身長約70%の歩幅が適することが確認できた。一方同じ速度であっても歩幅を大きくすればするほど酸素摂取量は増加し移動の経済性としては効率の悪いことが確認できた。

キーワード: 歩行速度・歩幅・エネルギー消費量

1)埼玉医科大学短期大学理学療法学科 : 埼玉県入間郡毛呂山町毛呂本郷38 (〒350-04) TEL 0492-95-1111.

2)群馬大学教育学部 保健体育研究室 : 群馬県前橋市荒巻町4-2 (〒371) . TEL 0272-32-1611.
受付日1993年1月20日 受理日1993年3月20日

I 緒 言

人間は歩幅と歩行率を、意図的に、しかも独立に変化させることができる。速度を次第にあげる場合には、歩幅も歩行率も同時に増加する。しかし、最大速度下では歩幅と歩行率は、個人により限界があると考えられる。松尾ら¹⁾は、走行中の速度の増加は、低速度の場合は、歩幅の増加によって行われ、高速度では歩数の増加によって行われることを明らかにしている。佐竹ら²⁾は、ピッチとストライドの変化が走効率におよぼす影響を検討し経済ピッチが存在すること報告している。しかしながら歩行においては歩幅や歩数を変化させることにより歩行要因にどのような影響をおよぼすのかについて未だ明らかにされていない点が多い。そこで今回、最大速度下で、強制的に歩幅を変化させることにより最も歩行速度を早める歩幅を探ることと、この時のエネルギー消費量を確認することを目的に実験を行った。

II 実験1 最大速度の検出

1 方法

健康男子10名(平均年齢 23.1 ± 4.8 歳、平均身長 172.7 ± 6.8 cm、平均体重 64.0 ± 9.0 kg)を対象とし、被験者は軽装および運動靴で測定した。10m直線路を(1)歩き易い歩幅(free step)、(2)歩幅を短く(short step)、(3)歩幅を長く(long step)の3つの課題で歩行させた。これらの歩行をランダムな順序で、それぞれ3回づつ行い、検者は10m歩行に要した時間と歩数を測定しこれにより、最大歩行速度、歩幅そして歩行率の平均を算出した。

2 結果

歩幅はfree step 1.23m、short step 0.87mそしてlong step 1.36mであり、それぞれ任意に課題通り3段階に調節されていた(Table1)。

Table1 The step length, walking speed and cadence, Mean(S.D.)

	free step	short step	long step
(n=10)			
step length (m)	1.23 (0.12)	0.87 ^a (0.12)	1.36 ^a (0.12)
step length/H (%)	71 (5)	50 ^a (8)	80 ^a (6)
walking speed (m/sec)	4.1 (0.5)	3.5 ^a (0.4)	3.8 ^c (0.2)
walking rate (steps/min)	199.4 (27.7)	244.0 ^b (41.3)	168.8 ^a (16.6)

comparison to free step: a;p<0.01 b;p<0.05 c;no significant

Fig.1 Relation of % step length(step length/height) and walking speed.

a: $y=1.544+0.06x-0.0003x^2$, $r=0.498$ ($f=2.27$ $p<0.05$)

b:step length<70% : $y=2.23+0.02x$, $r=0.58$ ($p<0.05$)

c:step length>70% : $y=4.32-0.005x$, $r=-0.06$ (ns)

Fig.2 Relation of walking rate and walking speed.

最大歩行速度はfree step 4.1m/sec、short step 3.5m/secそしてlong step 3.8 m/secでありfree stepが最大値であった。歩行率は、free step199.4steps/min、short step244.0 step/minそしてlong step 168.8 steps/minであり歩幅とは反比例の関係にあった(Table1)。また、従属変数(x)を歩幅(step length/height)として独立変数(y)の速度との関係を

求めたところ $R=0.498$ と有為な相関関係が見られた ($p<0.05$)。最も速度を早める歩幅をこの時の二次多項式である

$$y=1.544+0.06x-0.0003x^2$$

より求めると理論的には100%が最も早くなった。つまり歩幅を長くすればするほど速度は早くなることになる (Fig.1 a)。しかしながら速度の変化曲線は70%以上では傾斜が緩やかになる。そこでこの点を境に歩幅(x)と速度(y)との直線回帰式を求めたところ 70%以上では速度との有為な関係が見られなかった (Fig.1 b,c)。

歩行率と最大速度との関係を見ると200 steps/minから250steps/minで最高値を示し、それより小さくても大きくてもやや遅くなる傾向を示した (Fig.2)。

III 実験2 酸素摂取量の測定

1 方法

健康人男性4名(平均年齢 29.0 ± 4.3 歳、平均身長 173.3 ± 6.4 cm、平均体重 60.0 ± 1.6 kg)を対象とし、身長より算出された4種類の歩幅(身長の30,60,70,80%)をトレッドミル側面にマキングした。被験者にできるだけこれに歩幅を合わせて歩行するよう指示し2,4,6km/hの速度で、それぞれ3分間の歩行を行わせた。これに要する1分間の酸素摂取量を三栄測器製I70ビクスプロメッサ-にて計測した。また同時に負荷終了前15秒間の心拍数を三栄測器製ハートビュ-心電図モニターにて記録した。

2 結果

歩行速度2km/hでの平均酸素摂取量は、歩幅30%で 10.7ml/kg/min 、60%で 14.8ml/kg/min 、70%で 19.3ml/kg/min 、80%で 22.5ml/kg/min であり歩幅の増大に伴い酸素摂取量が増加した。このことは4km/h、6km/h時においても同様な

Table2 Oxygen consumption, heart rate at various speed, Mean(S.D.)

	(n=4)			
	30%	60%	70%	80%
2km/h				
VO2(ml/kg/min)	10.7(0.9)	14.8(2.0)	19.3(2.4)	22.5(1.0)
HR (beat/min)	113(16)	124(17)	131(15)	138(10)
4km/h				
VO2(ml/kg/min)	13.7(1.3)	20.3(2.1)	25.4(4.0)	28.8(1.0)
HR (beat/min)	123(19)	138(13)	150(19)	165(14)
6km/h				
VO2(ml/kg/min)	17.2(2.1)	23.5(1.4)	30.6(4.7)	33.7(2.6)
HR (beat/min)	131(15)	147(19)	173(3)	185(6)

傾向にあった (Table2, Fig.3)。

歩行速度2km/hでの平均心拍数は、歩幅30%で113bpm, 60%で124bpm, 70%で131bpm, 80%では138bpmであった。そして6km/hで歩幅を80%として歩行させた場合には185bpmに達した (Table2)。これは各被験者のおおよそ予測最大心拍数であった。

IV 考察

最大歩行速度は移動能力を評価する因子として、重要なものであり臨床の場においてもよく用いられている。歩行速度は、歩幅に歩行率を乗じたものである。そして歩行速度が速まるに従って歩幅も歩行率も増加することはすでに明かなことである。しかし、走行に、

Fig.3 Relation of % step length(step length/height) and oxygen consumption.

$$a: y=14.06-0.246x+0.004x^2, R=0.946(f=3, 15 \text{ } p<0.001)$$

$$b: y=12.84-0.008x+0.004x^2, R=0.935(p<0.001)$$

$$c: y=21.70-0.330x+0.006x^2, R=0.966(p<0.001)$$

stride走法(歩幅を大きくとる走法)と pitch 走法(単位時間あたりの歩数を多くする走法)があるように^{3, 4)} 歩行においても、歩幅を大きくとり、速度を早めようとする者と、歩行率を多くすることによって速度を速めようとする者の両タイプが見られる。

今回、歩幅を規定することで、最大歩行速度におよぼす影響を探ったところ、より歩幅を大きくした時に速度は早くなった。しかし、歩幅を必要以上に大きく(身長⁷⁰%以上)しても、速度は変化しなかった。これは、歩幅を大きく取りすぎると前方への推進力が踵接地時に減少するためであると考えられる。

大道⁴⁾は、歩幅を強制規定した場合の種々の歩行速度に要した酸素摂取量を測定している。これによると、歩幅を大きく取らせると体幹の上下動が伴って大きくなることを明かにしている。要するにひとたび低くなった重心を上方向に持ち上げるためにエネルギーが必要となる。このことが同じ速度であるにもかかわらず歩幅を大きく取ることにより酸素摂取量が増加する原因であると考えられる。

さらに今回の実験においては 6km/hで歩幅 80% 時には予測最大心拍数に相当する値を示した。つまり歩行でも最大負荷を与えられることの可能性が示唆されたのである。

また大道⁵⁾は、それぞれの速度で、酸素摂取量が最低となる経済的歩幅(0.70-0.80m)を明らかにし、これが短すぎても、長すぎても歩行能率が悪くなることを述べている。このようにエネルギー消費量から見る至的歩幅は、速度を中心に見たときの歩幅の約40-45%にある。これらのことは、歩行の目的に応じて、適する歩幅が異なることを示している。つまり、より長く疲れないように歩く場合は、歩幅を中等度に(身長⁴⁰⁻⁴⁵%)することが望ましく、短い距離を早く歩く場合は歩幅を広げて(⁷⁰%)歩くことが適することを示唆している。

文 献

- 1) 東京大学教養学部保健体育研究室編: 身体運動学 ハンディックス 第2版 第7章 p70 東京大学出版会 東京 1981.
- 2) 佐竹昌之 池上晴夫: 長距離走におけるピッチとストライドの変化が走効率に及ぼす影響 体育学研究 30 3 231-239 1985.
- 3) 山路啓司 山西哲郎 有吉正博 ランニング・ワイルド・イントロ 94-95 大衆館 東京 1983.
- 4) 山西哲郎: 各種ランニング・スピードにおけるストライドとピッチについての研究 群馬大学教育学部紀要 芸術・技術編 10:37-49 1974.
- 5) 大道等: 歩行の運動分析 J. J. Sports SCI. 3:573-588 1984.