

一定速度歩行において歩数を変化させる ことによる呼吸・循環器系への影響

福井大学 田中秀一

The Effects of Altered Step Frequency on Cardiorespiratory Responses during Fixed Speed Walking

by

Shuuichi Tanaka

Faculty of Education, Fukui University

ABSTRACT

The purpose of this study was to compare the effects of step frequency (SF) variations on cardiorespiratory responses in women. Six healthy university students participated as subjects. The subjects performed five 10 min altered SF treadmill walkings at the three fixed speeds, i.e., 60, 80 and 100 m · min⁻¹, respectively. The five trials involved walking with a freely chosen SF (FCSF) and a FCSF altered by +10%, +20%, -10% and -20%. Following determination of the FCSF at fixed speed, each subject performed walking at the same speed with four randomly ordered SF, ±10% and ±20% from the FCSF, conditions.

Determinations of oxygen uptake, heart rate, blood pressure (SBP/DBP), PRP and RPE were made during 4~6 and 8~10 min. All subjects showed a significant increase ($P < 0.05$) in oxygen uptake and RPE when walking at either the low or the high frequency of SF when compared to the FCSF at the all speeds. There were no significant differences in heart rate, blood pressure (SBP/DBP) and PRP in the five trials at all the speeds. The results of this study suggest that walking with a decreased SF from the FCSF, long step length,

may be one of the advantageous aerobic exercises for the improvement of aerobic work capacity.

緒 言

健康あるいは体力の維持と増進を目的として、意図的かつ積極的に運動不足を解消するために、ランニングやジョギングを実施している人は多い。しかし一方では、スポーツ傷害の発生例の多いことも報告^{9,10,11,12,22)}されている。ランニングやジョギングといった走運動による傷害は、体幹や上肢に比較して、膝部や足部などの下肢部に発生しやすく、「Runner's knee」と称されるように特に膝部に多い^{9,22,23)}。このような膝部や足部に負担のかかる走運動に替わり、日常的な歩行速度よりも、速度を高めた「速歩」が勧められている^{1,21)}。

一定速度での走行においては、歩数を増減させることにより、酸素摂取量や心拍数も変化することが報告^{3,4,6,15,16,18,19)}されている。歩行においても、歩数を増減させることにより、走行の場合と同様な結果が得られるならば、低速度の歩行であっても、有酸素的作業能改善を目的とした、有効な運動の実施法となることが期待できる。本研究の目的は、歩行速度は一定として、意図的に歩数を増

減させた場合の酸素摂取量、心拍数、血圧、PRP (Pressure Rate Product) および RPE (Ratings of Perceived Exertion) について検討することである。

1. 方 法

1.1 被検者

被検者は、トレッドミル歩行に十分に慣れさせた、健康な女子大学生6名(表1)であった。すべての被検者に、研究の目的と手順を詳細に説明して、被検者として参加する同意を得た。

1.2 運動負荷

運動負荷は、10分間のトレッドミル歩行であり、3種類の速度(60, 80 および 100 m/分)について行った。3種類の速度は、順不同に1日に1種類として3日間に分け、いずれも午前10時30分から午後2時までのほぼ同一時刻に行った。15分間の椅座位安静の後に、当日の速度で5分間のウォーミングアップを行い、約5分間の休息の後に、自由な歩数で10分間の歩行を行った。自由歩数での歩行を終えてからこの歩数に対して、±

表1 被検者の身体的特徴

被検者	年齢 (歳)	体重 (kg)	身長 (cm)	下肢長 (cm)	最大酸素摂取量 (ml/kg・min)	血圧 (SBP/DBP) (mmHg)
A. K.	20.1	55.7	158.0	81.8	44.2	118/69
K. I.	19.3	50.5	155.5	79.2	39.6	113/62
K. M.	19.4	54.5	163.5	86.1	47.1	123/70
M. S.	21.5	56.9	167.4	87.6	51.2	114/64
Y. M.	19.6	50.0	154.0	80.0	53.9	111/52
Y. Y.	21.0	47.8	158.1	77.3	46.2	127/68
平均	20.2	52.6	159.4	82.0	47.0	117.7/64.2
S D	0.9	3.6	5.1	4.1	5.1	6.3/6.7

注1) 下肢長は(上前腸骨棘高+恥骨結合上縁高)÷2

注2) 血圧は3日間の平均値

10% と± 20% 増減させた4種類の歩数条件での歩行を行った。± 10% と+ 20% 歩数条件は順不同に行ったが、- 20% 歩数条件は最後に行った。

変化させた歩数は、被検者の前面に設置したピッチメーカの音に合わせるように指示し、この音を歩行開始約1分前より終了まで聞かせた。各歩数による歩行間は、10～20分間の休息を取った。速度はハンドタコメータを用いて、規定速度の± 1.0 m/分以内に設定した。3種類の歩行をすべて終えた1～2日後に、速度は一定として疲労困憊に至るまで、トレッドミル角度を毎分1度ずつ上昇させるランニングを行わせ、最大酸素摂取量を測定した。

1.3 測定項目

測定項目は、歩数、酸素摂取量、心拍数、血圧およびRPEであった。15分間の椅座位安静の最後の5分間に、酸素摂取量と心拍数を、さらに血圧を右上腕部にて二回測定した。10分間の歩行中は、歩行開始後4～6分と8～10分に酸素摂取量と心拍数を、4分15秒～4分45秒と5分15秒～5分45秒および、8分15秒～8分45秒と9分15秒～9分45秒に歩数を測定し、それぞれ1分間値に換算した。変化させた歩数条件での歩行においても、同様に測定し歩数の確認を行った。血圧は5分目と9分目に、RPEは6分目と10分目にそれぞれ測定した。

酸素摂取量は、ダグラスバッグを用いて呼気を採集し、酸素濃度分析器（東レ：LC 700 ED）と、二酸化炭素濃度分析器（JAEGER：CO₂ TEST）を用いて分析を行い、湿式ガスメータで計量した呼気量に乗じて求めた。それぞれのガス分析器は、既知の標準ガスにより校正した。心拍数はCM-5誘導による心電図より、血圧は運動負荷用血圧監視装置（日本コーリン：STBP-680）を用いて測定した。歩数は、被検者の足部と電気ストップウォッチ（1秒/周）を、同一画面に映したVTRにより測定した。PRPは、収縮期血圧×

心拍数により求めた。RPEは、Borg²⁾によるRPEスケールを、小野寺と宮下¹⁰⁾によるRPEスケールを参考にして、日本語表示（表2）になおし用いた。すべての測定時における室内温度と湿度は、アスマン通風乾湿計を用いて計測し、それぞれ21.7± 3.2℃と41.0± 9.4%であった。

1.4 統計処理

各測定項目の時間経過による比較には、対応のあるt-テストを、歩数条件による比較には、t-テストをそれぞれ用いP< 0.05を有意とした。

2. 結果

2.1 3種類の速度における自由歩数と、変化した実際の歩数

表3は、3種類の速度における自由歩数と、自由歩数に対して歩数を、± 10% と± 20% 変化させた場合の実際の歩数を示している。自由歩数は、いずれの被検者も4～6分（以下I期とする）と、8～10分（以下II期とする）での歩数の差が、± 2歩以内であったためにその平均値とした。また、変化させた± 10% と± 20% 歩数条件の歩数と、VTRにより確認した実際の歩数との

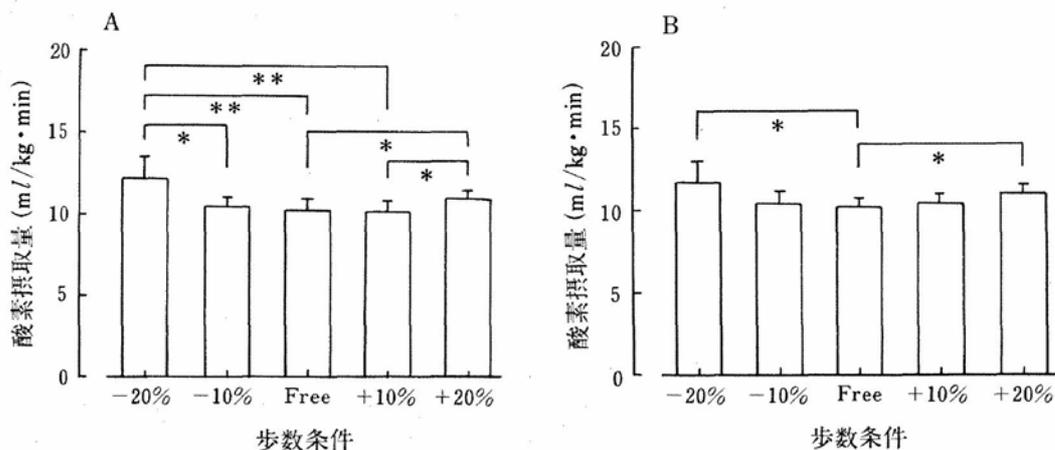
表2 RPEスケール

BorgのRPEスケール	本研究に用いたRPEスケール
6 No exertion at all	6 安静
7 Extremely light	7 非常に楽である
8 Very light	8 かなり楽である
9 Light	9 楽である
10 Somewhat hard	10 ややきつい
11 Hard (heavy)	11 きつい
12 Very hard	12 かなりきつい
13 Extremely hard	13 非常にきつい
14 Maximal exertion	14 もうだめ

表3 3種類の速度における自由歩数と変化した実際の歩数(歩/分)

被検者	60m/分の場合					80m/分の場合					100m/分の場合				
	-20%	-10%	自由歩数	+10%	+20%	-20%	-10%	自由歩数	+10%	+20%	-20%	-10%	自由歩数	+10%	+20%
A. K.	84	95	105	116	126	94	105	117	129	140	106	119	132	145	158
K. I.	86	97	108	119	130	93	104	116	128	139	106	119	132	145	158
K. M.	86	96	107	118	128	93	104	116	127	138	102	114	126	140	152
M. S.	75	86	94	105	114	93	104	116	127	139	100	113	125	136	150
Y. M.	85	96	107	117	128	94	106	118	130	142	110	123	137	151	164
Y. Y.	94	106	118	129	141	100	113	125	138	150	105	118	131	144	157

注1) 小数点以下は四捨五入



A… I期, B… II期, *…P<0.05, **…P<0.01

図1 60 m/分の場合の歩数条件と酸素摂取量

差も±2歩以内であった。

2.2 5種類の歩数条件における各測定値

表4は、5種類の歩数条件での歩行中における酸素摂取量 (ml/kg·min), % $\dot{V}_{O_{2max}}$, 心拍数, 血圧, PRP および RPE の平均値と標準偏差を示している。I期とII期の各測定値には、いずれも有意な差はなかった。

2.3 60 m/分の速度での各歩数条件間の比較 (表4 上段)

酸素摂取量は、I期では-20%歩数は、-10%歩数、自由歩数および+10%歩数よりも大きかった。また+20%歩数は、自由歩数と+10%歩数よりも大きかった。II期では、-20%歩数と+20%歩数が、自由歩数よりも大きかった。(図1-A, B)。% $\dot{V}_{O_{2max}}$ は、I期では-20%歩数は、自由歩数と+10%歩数よりも大きかった。

た。II期では、すべての条件間に有意な差はなかった(図2)。

心拍数、収縮期血圧、拡張期血圧およびPRPは、I期とII期ともにすべての条件間に差はなかった。RPEは、I期では-20%歩数は、-10%歩数、自由歩数および+10%歩数よりも大きかった。また+20%歩数は、自由歩数と+10%歩数よりも大きかった。II期はI期と同様であったが、-20%歩数と-10%歩数の差はなくなった(図3-A, B)。

2.4 80 m/分の速度での各歩数条件間の比較 (表4 中段)

酸素摂取量は、I期では-20%歩数は他の4つの歩数条件よりも大きかった。また、-10%歩数は自由歩数よりも大きく、+20%歩数は自由歩数と+10%歩数よりも大きかった。II期も

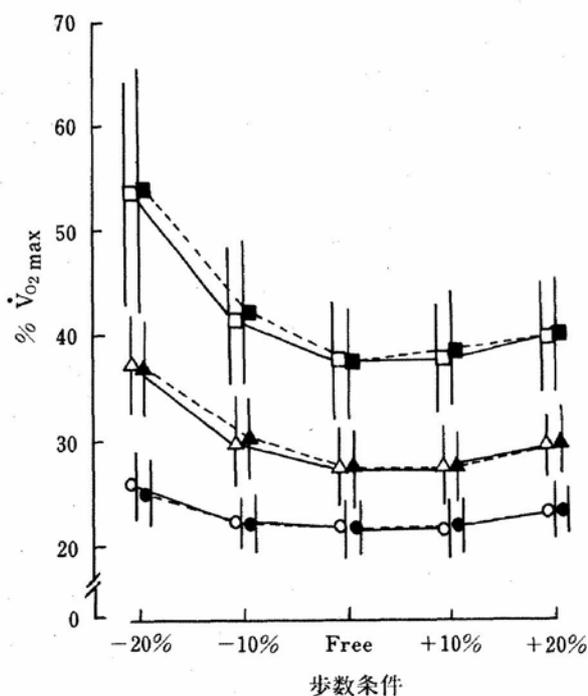
表4 歩数条件における各測定値の平均値と標準偏差

60m/分の場合								
歩数条件		酸素摂取量		心拍数	血圧 (mmHg)		PRP	RPE
		ml/kg・min	% $\dot{V}O_{2max}$	拍/分	SBP	DBP	×10 ²	
-20%	I	12.2±1.3	26.1±3.5	95.3±11.4	127.8± 9.2	69.3±10.5	122.2±18.6	10.0±0.9
	II	11.7±1.3	25.0±3.2	97.5±14.0	130.8±14.2	65.3± 6.8	127.8±23.0	10.3±1.0
-10%	I	10.5±0.5	22.5±2.7	90.5±12.7	122.0± 9.3	66.2±5.7	110.8±20.4	8.5±1.2
	II	10.4±0.8	22.2±3.2	91.2±12.3	125.0±10.5	67.2±7.7	114.3±20.4	9.0±1.4
自由歩数	I	10.3±0.6	22.0±2.7	92.7±13.8	130.7±8.0	65.7±5.7	121.5±22.0	7.5±0.8
	II	10.2±0.5	21.9±2.7	93.5±12.5	127.2±9.1	64.5±7.4	119.1±19.0	7.7±0.8
+10%	I	10.2±0.6	21.9±3.0	91.5±14.5	126.7±10.9	65.3±8.5	116.7±25.7	8.0±0.6
	II	10.4±0.6	22.3±3.3	93.7±15.6	128.5± 7.6	64.7±4.1	121.2±26.6	8.0±0.6
+20%	I	11.0±0.5	23.6±3.1	92.8±13.9	128.7±12.6	63.5±11.0	120.3±26.6	9.8±1.2
	II	11.0±0.5	23.5±2.7	95.3±14.5	132.7±10.4	60.5± 8.0	127.3±26.5	10.0±0.9

80m/分の場合								
-20%	I	17.5±1.4	37.5±5.0	117.0±16.5	141.5±10.0	61.5±5.4	165.8±27.7	12.0±0.6
	II	17.3±1.2	37.1±4.7	120.2±18.2	145.2±13.5	65.7±6.3	174.8±34.0	12.2±0.8
-10%	I	13.9±0.9	30.0±4.7	103.5±12.8	131.7± 6.2	61.8±4.5	136.4±18.4	10.2±1.0
	II	14.1±0.7	30.4±4.2	106.2±13.2	136.2±13.0	63.5±8.3	145.0±25.0	10.5±1.0
自由歩数	I	12.8±0.6	27.5±3.9	99.3±12.0	132.2± 8.9	60.2± 8.5	131.9±22.4	9.2±0.8
	II	12.8±0.7	27.6±4.0	101.0±12.2	135.0±10.5	61.5±10.2	137.1±24.9	9.5±1.0
+10%	I	12.9±0.8	27.8±4.0	101.5±12.0	131.3± 7.2	61.2±3.1	133.6±20.1	10.0±1.3
	II	12.9±0.8	27.7±3.6	103.3±13.3	131.3±11.3	60.3±5.5	136.4±25.5	10.2±1.2
+20%	I	14.0±0.6	30.0±3.0	104.3±13.4	132.8±7.9	59.5±2.3	138.9±21.6	10.5±1.0
	II	14.0±0.8	30.1±3.6	106.5±14.3	131.8±9.7	58.0±1.8	140.8±24.0	10.7±1.0

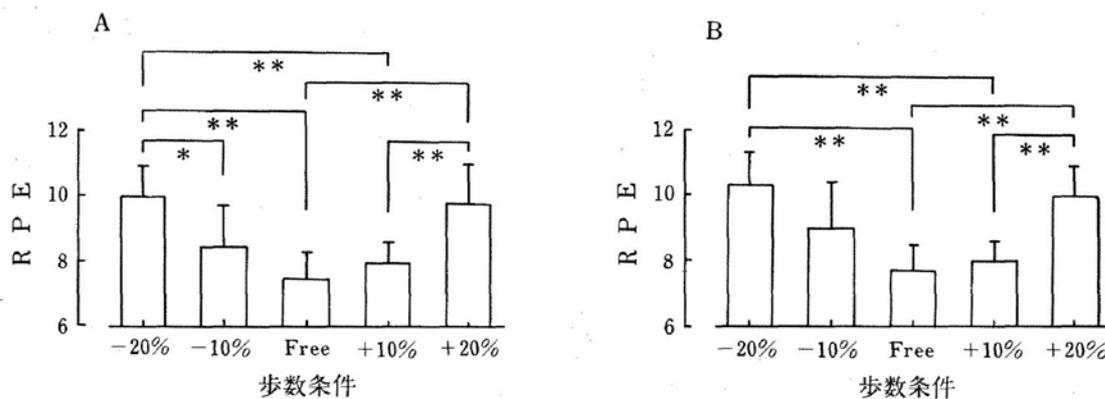
100m/分の場合								
-20%	I	25.0±3.5	53.8±10.9	145.7±26.5	154.2±19.3	72.2±13.5	227.2±62.0	14.2±1.3
	II	25.1±4.1	54.2±12.0	151.0±28.0	158.0±20.3	69.8±12.4	242.0±69.1	14.7±1.2
-10%	I	19.3±1.3	41.6±7.2	123.7±19.2	141.5±10.6	62.7± 9.3	175.5±32.1	12.7±1.4
	II	19.6±1.3	42.4±7.3	127.7±21.4	143.3±12.2	64.0±10.5	184.6±42.5	12.8±1.5
自由歩数	I	17.6±0.9	37.9±5.9	113.8±16.1	133.8±11.0	63.7±6.5	153.7±33.7	10.8±1.0
	II	17.6±0.7	37.8±5.4	116.5±17.7	143.0±12.9	63.8±7.7	168.3±38.7	10.8±1.0
+10%	I	17.6±0.8	38.0±5.5	118.7±17.5	139.3±11.9	63.5±7.4	166.5±34.5	11.5±1.0
	II	18.0±0.9	38.9±5.9	121.7±19.0	143.7±10.5	65.3±7.6	175.8±35.3	11.7±0.8
+20%	I	18.7±0.9	40.3±5.4	122.8±15.4	143.7±10.1	63.5±4.8	177.5±31.8	12.8±0.8
	II	18.8±1.0	40.4±5.8	124.0±15.9	147.8± 9.2	62.7±9.8	184.1±31.7	12.8±0.8

注1) Iは4~6分, IIは8~10分の値を1分間に換算



○… 60 m/分でのⅠ期, ●… 60 m/分でのⅡ期,
 △… 80 m/分でのⅠ期, ▲… 80 m/分でのⅡ期,
 □… 100 m/分でのⅠ期, ■… 100 m/分でのⅡ期

図2 3種類の速度における歩数条件と $\% \dot{V}_{O_2 \max}$



A…Ⅰ期, B…Ⅱ期, *… $P < 0.05$, **… $P < 0.01$

図3 60 m/分の場合の歩数条件とRPE

Ⅰ期と同様であったが、さらに-10%歩数は、+10%歩数よりも大きかった(図4-A, B)。 $\% \dot{V}_{O_2 \max}$ は、Ⅰ期とⅡ期ともに-20%歩数は、他の4つの歩数条件よりも大きかった(図2)。心拍数と収縮期血圧は、Ⅰ期とⅡ期ともにすべての

条件間に差はなかった。拡張期血圧は、Ⅰ期ではすべての条件間に差はなかったが、Ⅱ期では-20%歩数が+20%歩数よりも大きかった。PRPは、Ⅰ期では-20%歩数は、自由歩数と+10%歩数よりも大きかったが、Ⅱ期ではすべての条件

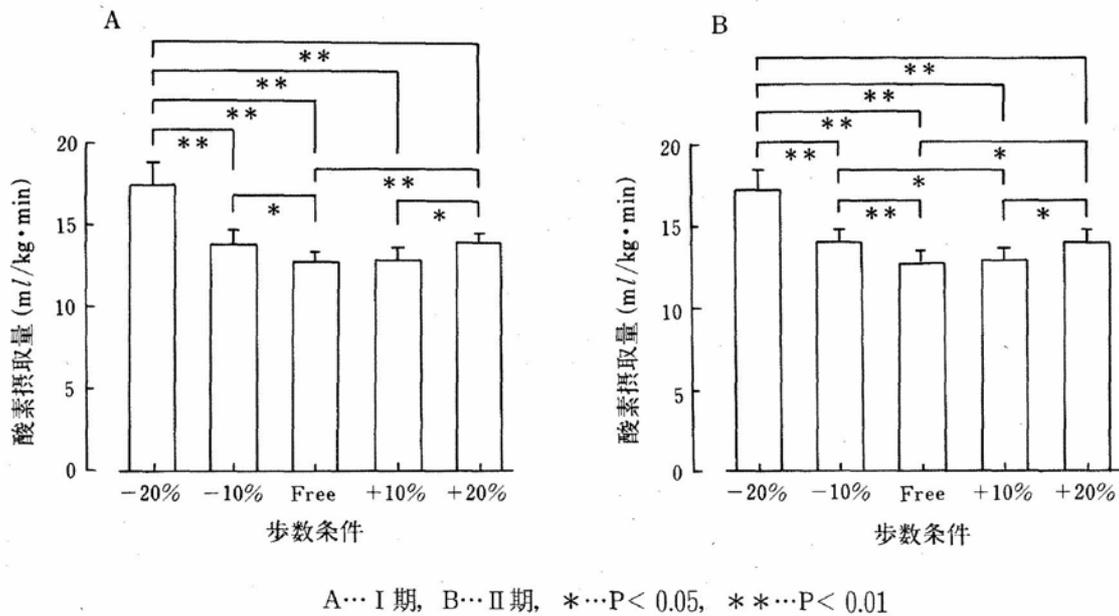


図4 80 m/分の場合の歩数条件と酸素摂取量

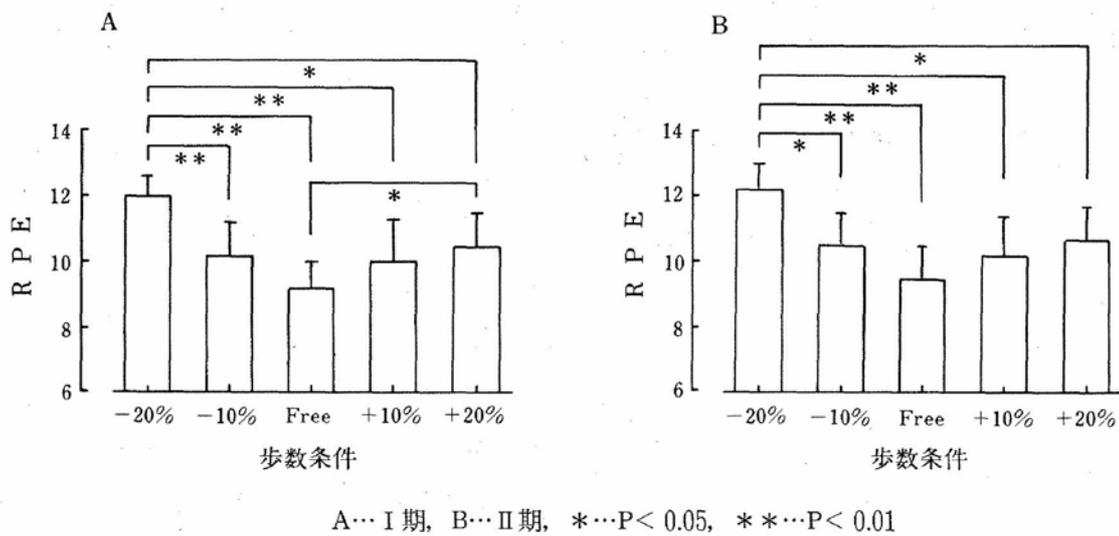


図5 80 m/分の場合の歩数条件とRPE

間に差はなかった。RPEは、I期とII期ともに-20%歩数は、他の4つの歩数条件よりも大きかった。さらにI期では、+20%歩数は自由歩数よりも大きかった(図5-A, B)。

2.5 100 m/分の速度での各歩数条件間の比較 (表4下段)

酸素摂取量は、I期とII期ともに-20%歩数は、他の4つの歩数条件よりも大きかった。また-10%歩数は、自由歩数と+10%歩数よりも大

きく、+20%歩数は自由歩数と+10%歩数よりも大きかった。しかしII期では、+20%歩数と+10%歩数の差はなくなった(図6-A, B)。% $\dot{V}O_{2max}$ は、I期では-20%歩数は、他の4つの歩数条件よりも大きかった。II期もI期と同様であったが、-20%歩数と-10%歩数の差はなくなった(図2)。心拍数とPRPは、I期とII期ともに-20%歩数は、自由歩数よりも大きかった。収縮期血圧は、I期では-20%歩数は、自由

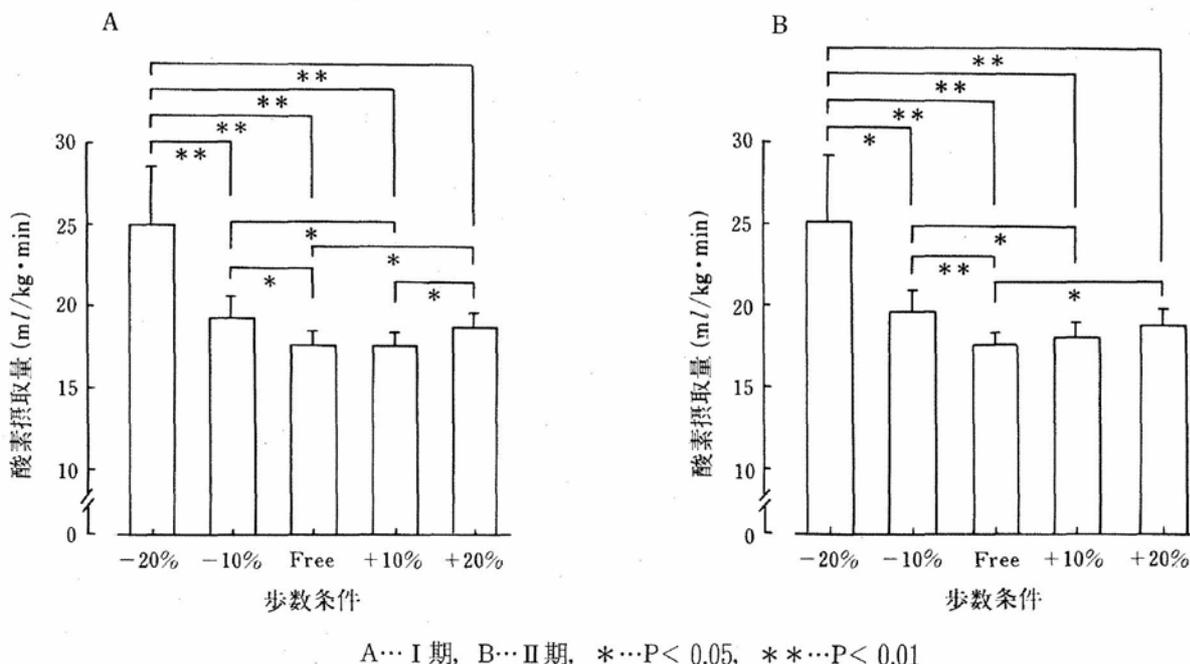


図6 100 m/分の場合の歩数条件と酸素摂取量

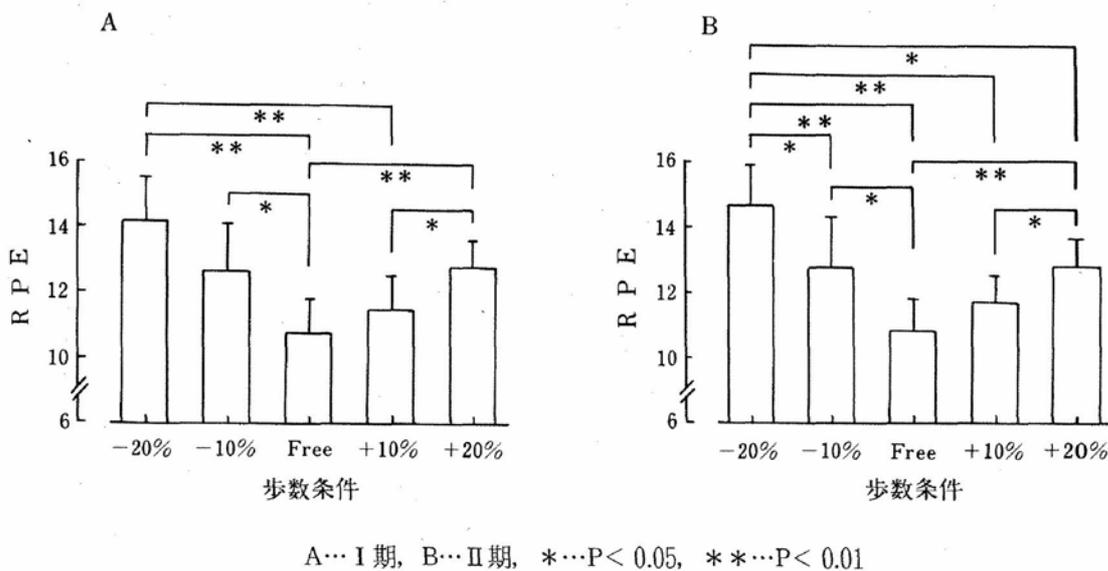


図7 100 m/分の場合の歩数条件とRPE

歩数よりも大きかったが、II期では差はなくなった。拡張期血圧は、I期とII期ともにすべての条件間に差はなかった。RPEは、I期では-20%歩数は、自由歩数と+10%歩数よりも大きかった。また、-10%歩数は自由歩数よりも大きく、+20%歩数は自由歩数と+10%歩数よりも大きかった。II期では-20%歩数は、他の4つの歩数条件よりも大きかった。また、-10%歩数は自由歩数よりも大きく、+20%歩数は自由歩数と+

デサントスポーツ科学 Vol.12

10%歩数よりも大きかった (図7-A, B)。

3. 考 察

3種類の速度について、自由歩数とそれに対して、±10%と±20%歩数を増減させた10分間ずつの歩行を行わせた。呼吸循環器系の応答で、歩数変化による明らかな影響が認められたのは、酸素摂取量 (ml/kg·min) であった。酸素摂取量の全体的な変化傾向は、自由歩数が最小とな

り、歩数を減少あるいは増加させても自由歩数よりも大きくなった。またその変化量は、歩数を増加させるよりも減少させた場合が、大きくなる傾向であった。

田中²⁰⁾は、60, 80, 100 および 120 m/分での歩行を、「可能な限り小股」および「可能な限り大股」の極端な歩幅と、「自由な歩幅」での歩行について、女子を対象にして比較している。その結果、いずれの速度においても酸素摂取水準 ($\dot{V}_{O_{2max}}$) は、自由な歩幅 < 可能な限り小股 < 可能な限り大股になった。この理由として、可能な限り大股での歩行は、単位距離あたりの酸素摂取量 (ml/kg · 100 m) が大きかったことから、歩行効率の低下が考えられるとしている。

また大野¹⁹⁾は、身体の重心を高くし腕をL字型に曲げて、しっかりと振る普通歩よりも大股での歩行を、エアウォークと名付けている。このエアウォークと普通歩の酸素摂取量 (ml/kg · min) を、本研究と同様の60, 80 および 100 m/分について比較すると、いずれの速度においてもエアウォークが、普通歩よりも大きかった。走行に関して、歩数を自由歩数よりも増減させると、走効率は低下すると報告^{3, 4, 6, 15, 16, 18, 19)}されているが、歩行に関しても同様なことが考えられる。さらに、3種類の速度すべてにおいて、自由な歩数と+10%歩数の酸素摂取量に差がなかったことより、歩数を変化させることによる影響は、歩数を増加させるよりも減少させる方が大きいといえる。

心拍数、収縮期血圧、拡張期血圧およびPRPの変化は、歩数条件によりほとんど影響されなかった。身体運動による循環器系の負担の大きさは、心臓の仕事量で表されるが、この仕事量を支えているのは、心筋で発生する収縮エネルギーであり心筋酸素消費量である⁷⁾。この心筋酸素消費量と密接に関係しているのが、収縮期血圧×心拍数で求められるPRPであり、運動負荷試験にお

いて広く用いられている¹⁷⁾。収縮期血圧は、運動により上昇することが知られている。筋収縮様式が異なる運動の収縮期血圧の上昇について、静的筋力の発揮を必要とする運動では、筋の収縮が末梢の血管を圧迫して、血流に対する抵抗を高めるために、大きな筋力を発揮するほど収縮期血圧は急激に上昇する。

これに対して、比較的運動強度の低い動的な全身運動では、収縮期血圧の上昇は緩やかであることもよく知られている。速度が一定ならば、歩数を減少すると大股になり、主動部位である脚筋群の静的筋力の発揮は大きくなると考えられる。しかし、本研究で用いた歩数変化の範囲では、収縮期血圧に影響を及ぼさなかったのであろう。

RPEの変化傾向は、酸素摂取量の変化傾向と極めてよく一致していた。持久性運動の強度を表すには、酸素摂取量が最も信頼性の高い指標として、一般的に用いられている。一方、運動実施者の判断による主観的運動強度 (RPE: Rating of Perceived Exertion) も、酸素摂取量や心拍数と高い直線的関係にあることが確かめられ、運動強度を表す有効な指標のひとつとして認められている。しかしBorg²⁾は、運動様式の違いによって、同一酸素摂取量や心拍数に対するRPEには、違いが生じるとも述べている。

走行に関して、低い走行率はRPEを高くすることが報告^{5, 8)}されている。歩行においても走行と同様に、自由歩数よりも少ない歩数つまり大股歩行と、多い歩数つまり小股歩行では、歩行効率が低下することと、主動部位である脚筋群の負担度が大きく、そのためにRPEは高くなったのではないかと考えられる。

ま と め

3種類の速度 (60, 80 および 100 m/分) について、速度は一定として歩数を、自由歩数とそれに対して、±10%と±20%増減させた10分間

ずつの歩行を行った。

1. 3種類の速度いずれにおいても、自由歩数よりも歩数を増加あるいは減少させると、酸素摂取量 (ml/kg・min) と主観的運動強度としての RPE は大きくなった。またこの傾向は、速度が高くなるにしたがい顕著になった。

2. 歩数を減少させた場合が、歩数を増加させた場合よりも、歩数を変化させたことによる影響は大きかった。

3. 心拍数、収縮期血圧、拡張期血圧および PRP には、歩数を変化させたことによる影響はほとんどなかった。

これらのことより、運動不足の解消と有酸素性作業能の維持・増進を目的として、より積極的に歩行運動を行うとするならば、歩数の少ないつまり大股での歩行運動が、有効ではないかと考えられる。

文 献

- 1) 有吉正博; ジョギング・ウォーキングとその指導, 保健の科学, 30, 809-814 (1988)
- 2) Borg, G.; An introduction to Borg's RPE-scale, Movement Publications, N. Y., 1985.
- 3) Cavanagh, P. R., Williams, K. R.; The effect of stride length variation on oxygen uptake during distance running, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 14, 30-35 (1982)
- 4) Högberg, P.; How do stride length and frequency influence the energy-output during running?, *Arbeitsphysiologie*, 14, 437-441 (1952)
- 5) Kenney, E. A., Rejeski, W. J., Messier, S. P.; Managing exercise distress: The effect of broad spectrum intervention on affect, RPE, and running efficiency, *Can. J. Sport Sci.*, 12, 97-105 (1987)
- 6) Knuttgen, H. G.; Oxygen uptake and pulse rate while running with undetermined and determined stride lengths at different speeds, *Acta Physiol. Scand.*, 52, 366-371 (1961)
- 7) 紅露恒男; 中年期の運動メニュー, からだの科学, 137, 52-56 (1987)
- 8) Messier, S. P., Franke, W. D., Rejeski, W. J.; Effects of altered stride lengths on ratings

of perceived exertion during running, *Res. Quart. Exerc. Sport*, 57, 273-279 (1986)

- 9) 守屋秀繁, 斉藤雅人, 新井貞男, 蔡永南; 関節の障害, *臨床スポーツ医学*, 1, 156-160 (1984)
- 10) 守屋秀繁, 南昇平, 西山秀木, 土屋明弘, 和田佑一; 中・高年層ジョギングの問題点—膝関節を中心に—, *臨床スポーツ医学*, 5, 1351-1354 (1988)
- 11) 中嶋寛之, 万納寺毅智, 高沢晴夫, 深谷 茂, 黒沢 尚, 小林一敏, 山西哲郎, 横江清司, 下条由紀子, 金子敬二; 大衆ランナーの整形外科的研究, 昭和 54 年度日本体育協会スポーツ科学研究報告
- 12) 中嶋寛之, 竹村夫美子, 増島 篤, 小出清一, 福岡重雄, 友末亮三, 高沢晴夫; 女性のスポーツ外傷・傷害に関する研究—第 1 報—, 昭和 60 年度日本体育協会スポーツ科学研究報告
- 13) 大野和弘, 古藤高良, 古藤昭子, 池田充宏, 江口泰正, 石川真理, 池田 実, 重川敬三, 糸谷幸子, 沢村省逸; Aerobic Walking に関する基礎的研究, スポーツ教育学会第 7 回大会抄録集, P. 128 (1987)
- 14) 小野寺孝一, 宮下充正; 全身持久性運動における主観的強度と客観的強度の対応性—Rating of perceived exertion の観点から—, *体育学研究* 21, 191-203 (1976)
- 15) Powers, S. K., Hopkins, P., Ragsdale, M. R.; Oxygen uptake and ventilatory responses to various stride lengths in trained women, *Amer. Corr. Ther. J.*, 36, 5-8 (1982)
- 16) 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, 231-239 (1985)
- 17) 外畑巖, 野田省二; 運動負荷試験の方法と実際, 心疾患のリハビリテーション, 阿部裕監修, 循環器講座 9, 丸善株式会社, 東京, 12-59 (1986)
- 18) 田中秀一; 極端な歩幅変化による走運動の酸素摂取量への影響, *スポーツ教育学研究*, 6, 47-51 (1986)
- 19) 田中秀一, 小林啓子; 走行における歩数変化について, *北陸体育学会紀要*, 23, 60-63 (1986)
- 20) 田中秀一; 極端な歩幅変化による歩行の酸素摂取量への影響, *スポーツ教育学研究*, 9, 99-104 (1989)
- 21) Yanker, G. D.; (月守晋訳) エクササイズ・ウォーキング, 講談社, 東京 (1987)
- 22) 横江清司; ランナー膝, *整形・災害外科*, 25, 1825-1831 (1982)
- 23) 横江清司; ランニング障害, *臨床スポーツ医学*, 3, 877-881 (1986)