

歩数の相違が運動代謝に与える影響

川上 雅之・枝松 千尋・李 淵¹⁾
細川 博²⁾・岩崎 英人³⁾・岡本 将資⁴⁾

倉敷芸術科学大学生命科学部

¹⁾ 倉敷芸術科学大学大学院人間文化研究科研究生

²⁾ 平成国際大学法学部

³⁾ 山陽学園短期大学

⁴⁾ 日本整体士教育協会

(2004年9月24日 受理)

I 序 論

健康と歩行運動の関係は、過去に多くの研究報告がみられる^{1) 5) 6-10) 15) 19-23) 26-28) 30)}。1960年代米国の医師クーバー博士 (K. Cooper) は、ジョギング、ウォーキング、スイミング、バイク等の持続運動が健康の維持増進に効果があることを医学的、生理学的に実証した¹⁹⁾。クーバー博士が提唱した運動は、エアロビクスエクササイズ (aerobics exercise) という名称で世界的に普及した健康運動である¹⁹⁾。エアロビクスエクササイズは、日本でも多くの研究者により健康的な価値が報告されてきた^{1) 7) ~14)}。中でもウォーキングは、身近なエアロビクスエクササイズとして中高年者を中心に愛好されている健康運動である^{14) 21) 26) 29)}。

我々は、ウォーキングを健康運動として活用するための研究に取り組んでいる^{7) ~10)}。とくに呼気ガス代謝を中心にした歩行方法と運動代謝の関係について分析している。歩行は、比較的低い強度の運動ではあるが、歩行方法を変えることによって運動代謝を高めることができる。しかし運動強度の選択には、個々の体力レベルを基礎にした慎重な検討が必要と考えている^{2) 4) 6) 7) 10) 23) 25) 27) 28) 30) 31)}。とくに虚弱者及び体力レベルの低い中高年者における運動強度は、医科学的な資料を基礎に選択しなければならない。そのような観点から我々は、筋肉への負荷荷重をできる限り軽減させ、有酸素運動として効果が期待できる歩行方法に着目した。つまり、早い筋収縮を繰り返すピッチ歩行の検討である^{4) 5) 24) 28) 29)}。

本研究は、歩行速度 (分速80m) を一定にしたストライド歩行、通常歩行及びピッチ歩行と運動代謝の関係について分析したものである。

II 実験方法

1. 被験者

被験者は、年齢が 21.5 ± 0.6 才の健康な男子大学生4名である。

被験者の身体的特性は、Table1に示すとおりである。身体的特性は、タニタ社の体内脂肪計

Table 1 The physical characteristics of subjects

N=4

Name	Age	H(cm)	W(kg)	Non Fat(kg)	%Fat(%)	Am.Wat.(kg)
Sub..1	22	167.5	63.7	50.3	21	36.8
Sub..2	22	173.9	64.3	55.9	13.1	40.9
Sub..3	21	168.4	55.2	46.5	15.7	34
Sub..4	21	172.4	70.4	56.5	19.7	41.4
M	21.5	170.6	63.4	52.3	17.4	38.3
SD	0.6	3.1	6.2	4.8	3.6	3.5

(Body Fat Analyzer TBF-202) により測定した。

2. 実験方法

実験は、呼気ガス代謝（以下ガス代謝と称す）、栄養素によるエネルギー代謝（以下転換代謝と称す）、身体の加速度（以下加速度と称す）及び足裏圧力（以下足圧と称す）について分析した。

ガス代謝及び転換代謝は、英国モーガン社のベンチマークシステム（Morgan. Benchmark Exercise Test）によりBreath by Breath法で測定した。また心電図及び心拍数は、米国マルケット社のケース15（Marquette. Case15）により実験中のデータを連続記録した。加速度は、左手首（以下Aと称す）、左足首（以下Fと称す）及び背中（以下Bと称す）の動揺を米国マイクロミニ社のアクトミニ（Act）によって連続記録した。足圧は、ニッタKKの足圧測定システム（F-SCAN）により足裏の接触面積及びピーク圧力を測定した。歩行テストは、傾斜角度0度、分速80mに設定した米国マルケット社（Marquette）のトレッドミル（Treadmill）を使用した。テストは、1分間あたりの歩数を100歩にしたテスト1（以下T1と称す）、130歩にしたテスト2（以下T2と称す）及び150歩にしたテスト3（以下T3と称す）である。歩行時間は、60分間の連続歩行である。歩数は、メトロノームのリズム音によって歩行リズムが確認できるようにした。歩行動作は、腕を真下に伸ばした「自然な腕振り動作」でリラックスして歩くことを指示した。

III 実験結果

1. 歩数と呼気ガス代謝について

ガス代謝は、酸素摂取量（以下 VO_2 と称す）、二酸化炭素産出量（以下 CO_{2pro} と称す）及び呼吸商（以下RQと称す）と歩数の関係について調べた。データは、T1、T2及びT3について運動開始から10分間をステージ1（以下S1と称す）、つぎの10分間をステージ2（以下S2と称す）、さらに10分間をステージ3（以下S3と称す）、10分間をステージ4（以下S4と称す）、10分間をステージ5（以下S5と称す）、最後の10分間をステージ6（以下S6と称す）に区分して10分毎の変化を分析した。また60分間の全歩行をオール7（以下A7と称す）として歩行テストのデータ平均とした。 VO_2 は、Table2-1) に示すとおりである。A7における VO_2 は、T1 ($1.16 \pm 0.13l$) 及びT2 ($1.18 \pm 0.28l$) に比較してT3 ($1.24 \pm 0.15l$) が高い摂取量を示した。S1からS6の間に統計的な有意差はなかった。 CO_{2pro} は、Table2-2) に示すとおりである。A7における CO_{2pro} は、

Table.2 Change of the metabolism by the expiratory

1) The amount of ingestion of oxygen

L/min.

	100							130							150						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Sub.1	1.42	1.37	1.28	1.30	1.36	1.30	1.34	1.21	1.29	1.20	1.24	1.21	1.23	1.23	1.23	1.17	1.15	1.22	1.16	1.15	1.18
Sub.2	1.28	1.27	1.30	1.30	1.35	1.33	1.31	1.26	1.31	1.31	1.30	1.34	1.31	1.30	1.50	1.46	1.40	1.36	1.33	1.37	1.40
Sub.3	0.74	0.78	0.78	0.81	0.77	0.75	0.77	1.10	1.13	1.06	1.07	1.09	1.10	1.09	1.13	1.13	1.09	1.05	1.03	1.03	1.07
Sub.4	1.45	1.31	1.26	1.26	1.28	1.29	1.32	1.10	1.04	0.99	0.96	0.98	0.97	1.01	1.28	1.33	1.35	1.33	1.31	1.30	1.32
M	1.22	1.18	1.16	1.17	1.19	1.17	1.18	1.17	1.19	1.14	1.14	1.16	1.15	1.16	1.29	1.27	1.24	1.24	1.21	1.21	1.24
SD	0.33	0.27	0.25	0.24	0.28	0.28	0.27	0.08	0.13	0.14	0.16	0.15	0.15	0.13	0.16	0.15	0.15	0.14	0.14	0.16	0.15

2) Quantity of output of carbon dioxide

L/min.

	100							130							150						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Sub.1	1.12	1.11	1.05	1.07	1.11	1.07	1.09	1.03	1.14	1.05	1.07	1.02	1.02	1.06	1.03	1.01	0.98	1.01	0.96	0.93	0.99
Sub.2	1.11	1.14	1.17	1.13	1.18	1.13	1.14	1.09	1.17	1.15	1.16	1.18	1.14	1.15	1.23	1.24	1.17	1.15	1.14	1.19	1.19
Sub.3	0.63	0.68	0.67	0.69	0.66	0.67	0.66	0.95	1.00	0.92	0.92	0.93	0.89	0.99	1.02	1.04	0.99	0.95	0.93	0.91	0.97
Sub.4	1.17	1.11	1.01	1.00	1.00	0.99	1.05	0.93	0.89	0.83	0.80	0.81	0.80	0.84	1.14	1.21	1.25	1.18	1.14	1.14	1.18
M	1.01	1.01	0.97	0.97	0.99	0.97	0.99	1.00	1.05	0.99	0.99	0.98	0.96	1.01	1.11	1.13	1.10	1.07	1.04	1.04	1.08
SD	0.25	0.22	0.21	0.20	0.23	0.21	0.22	0.08	0.13	0.14	0.16	0.16	0.15	0.13	0.10	0.12	0.14	0.11	0.11	0.14	0.12

3) Change of respiratory quotient

	100							130							150						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Sub.1	0.78	0.81	0.82	0.82	0.81	0.82	0.81	0.85	0.88	0.88	0.86	0.85	0.83	0.86	0.84	0.86	0.85	0.83	0.83	0.81	0.84
Sub.2	0.86	0.90	0.90	0.87	0.87	0.86	0.88	0.87	0.90	0.88	0.89	0.88	0.87	0.88	0.82	0.85	0.84	0.84	0.86	0.87	0.84
Sub.3	0.85	0.87	0.86	0.85	0.86	0.84	0.86	0.86	0.89	0.87	0.86	0.85	0.81	0.85	0.90	0.93	0.91	0.91	0.90	0.88	0.91
Sub.4	0.81	0.85	0.80	0.79	0.78	0.77	0.80	0.84	0.85	0.84	0.83	0.82	0.82	0.83	0.89	0.91	0.93	0.89	0.87	0.88	0.89
M	0.83	0.86	0.85	0.83	0.83	0.82	0.84	0.86	0.88	0.87	0.86	0.85	0.83	0.86	0.86	0.89	0.88	0.87	0.87	0.86	0.87
SD	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04

T1 (0.99±0.221) 及びT2 (1.01±0.131) に比較してT3 (1.08±0.121) が高い産出量を示した。T1とT2の間に有意差はなかった。RQは、Table2-3) に示すとおりである。A7におけるRQは、T1、T2及びT3の間に有意差は認められなかった。Fig.1は、T1、T2及びT3におけるVO₂、CO₂pro.及びRQの動向について示したものである。

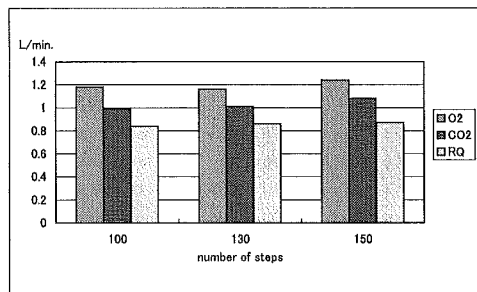


Fig.1 The number of steps and metabolism by the expiratory

2. 歩数とエネルギー代謝について

転換代謝は、三大栄養素であるタンパク質 (protein: 以下Pと称す)、糖質 (carbohydrate: 以下Cと称す) 及び脂質 (fat: 以下Fと称す) と歩数の関係について調べた。また基礎代謝 (basal metabolic: 以下BMと称す) についても分析資料とした。Pの転換率は、Table3-1) に示すとおりである。A7におけるPの転換代謝は、T1、T2及びT3の間に有意差はなかった。Cの転換率は、Table3-2) に示すとおりである。A7におけるCの転換代謝は、T1 (43.8±12.3%)、T2 (49.5±

Table.3 Change of the movement metabolism by nutrition

1) Change of protein

	100							130							150						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Sub.1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Sub.2	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Sub.3	8.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Sub.4	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
M	5.0	4.8	5.0	5.0	4.8	4.8	4.8	4.8	4.5	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
SD	2.0	1.5	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	0.5	0.6	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6

2) Change of carbohydrate

	100							130							150						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Sub.1	26.0	35.0	40.0	38.0	36.0	40.0	35.0	50.0	60.0	58.0	53.0	49.0	42.0	51.0	44.0	52.0	52.0	49.0	43.0	42.0	44.0
Sub.2	54.0	66.0	66.0	55.0	56.0	50.0	58.0	55.0	65.0	60.0	64.0	59.0	56.0	59.0	39.0	49.0	45.0	46.0	52.0	55.0	47.0
Sub.3	47.0	55.0	51.0	47.0	51.0	46.0	50.0	54.0	62.0	55.0	53.0	48.0	34.0	45.0	67.0	74.0	69.0	68.0	68.0	60.0	68.0
Sub.4	34.0	49.0	30.0	27.0	26.0	21.0	32.0	46.0	49.0	45.0	42.0	39.0	40.0	43.0	62.0	70.0	76.0	62.0	55.0	58.0	64.0
M	40.3	51.3	46.8	41.8	42.3	39.3	43.8	51.3	59.0	54.5	53.0	48.8	43.0	49.5	53.0	61.3	60.5	56.3	54.5	53.8	55.8
SD	12.6	12.9	15.4	12.0	13.8	12.8	12.3	4.1	7.0	6.7	9.0	8.2	9.3	7.2	13.6	12.6	14.4	10.5	10.3	8.1	12.0

3) Change of fat

	100							130							150						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Sub.1	70.0	61.0	56.0	58.0	60.0	56.0	60.0	45.0	36.0	37.0	42.0	46.0	53.0	44.0	51.0	43.0	46.0	52.0	53.0	62.0	51.0
Sub.2	42.0	30.0	30.0	41.0	40.0	46.0	38.0	41.0	31.0	36.0	32.0	37.0	40.0	36.0	57.0	47.0	51.0	50.0	44.0	41.0	49.0
Sub.3	45.0	38.0	42.0	46.0	42.0	47.0	43.0	41.0	33.0	40.0	42.0	47.0	61.0	45.0	28.0	21.0	26.0	27.0	27.0	35.0	27.0
Sub.4	62.0	47.0	65.0	68.0	70.0	75.0	64.0	49.0	46.0	49.0	52.0	55.0	54.0	51.0	34.0	26.0	20.0	34.0	41.0	38.0	32.0
M	54.8	44.0	48.3	53.3	53.0	56.0	51.3	44.0	36.5	40.5	42.0	46.3	52.0	44.0	42.5	34.3	35.8	40.8	41.3	44.0	39.8
SD	24.3	20.0	22.0	22.2	22.6	22.9	20.6	17.8	15.0	16.0	16.8	17.8	20.0	15.8	20.0	16.4	17.7	17.7	17.0	18.2	16.3

4) Change of basal metabolism

	100							130							150						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Sub.1	222.0	214.6	201.0	204.7	213.3	204.6	210.0	193.5	207.3	192.8	198.6	192.8	194.9	196.8	193.9	187.1	182.9	192.0	183.7	180.4	186.9
Sub.2	198.6	198.4	203.2	201.9	209.5	205.1	202.9	200.3	208.3	208.1	207.8	212.7	207.4	206.7	236.1	231.5	221.2	216.2	212.7	219.4	223.2
Sub.3	126.8	134.2	134.4	139.2	132.4	129.0	132.8	191.1	196.7	183.5	186.0	188.5	187.6	188.8	196.3	196.8	189.0	182.5	178.7	177.6	186.7
Sub.4	214.0	196.7	186.9	186.4	189.1	189.5	194.5	164.2	155.9	147.8	142.8	146.1	144.2	149.9	192.5	200.0	203.6	199.6	195.6	194.2	197.4
M	190.4	186.0	181.4	183.1	186.1	182.1	185.1	187.3	192.1	183.1	183.8	185.0	183.5	185.6	204.7	203.9	199.2	197.6	192.7	192.9	198.6
SD	43.5	35.4	32.1	30.3	37.3	36.1	35.4	15.9	24.7	25.6	28.8	28.0	27.5	24.9	21.0	19.2	17.1	14.3	15.1	19.1	17.2

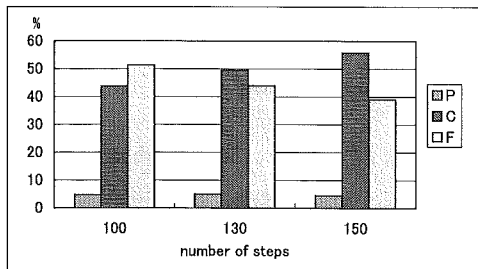


Fig.2 The number of steps and metabolism by nutrition

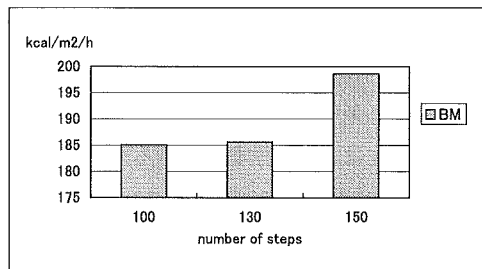


Fig.3 The number of steps and basal metabolism

7.2%)、T3 (55.8±12.0%) であった。Fの転換率は、Table3-3) に示すとおりである。A7におけるFの転換代謝は、T1 (51.3±20.6%)、T2 (44.0±15.8%)、T3 (39.8±16.3%) であった。Fig.2は、T1、T2及びT3と転換代謝について示したものである。BMは、Table3-4) に示すとおりである。A7におけるBMは、T1 (185.1±35.4kcal) 及びT2 (185.6±24.9kcal) に比較してT3 (198.6±17.2kcal) が高い値を示した (Fig.3)。

3. 歩数と加速度について

加速度は、運動中の身体動揺を確認するものである。Table4は、身体各部の振動数を示したものである。振動数は、A、B及びFともに個人差が大きいものであった。振動数とT1、T2及びT3の間に有意差はなかった。振動部位は、A及びBに比較してFに大きな振動のあることが認められた。

Table.4 Comparison of the acceleration in each part of the body

	100						130						150					
	A		B		F		A		B		F		A		B		F	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
Sub.1	32475.6	1083.1	33536.0	1285.0	34174.2	1385.0	30732.1	4655.7	20002.6	1613.7	34921.9	1516.5	33062.5	2325.9	27377.2	2197.1	34227.1	2119.1
Sub.2	29443.6	2061.0	24790.3	970.3	32653.9	1127.8	26002.5	1610.2	19488.2	1176.8	26700.0	926.5	27440.1	4245.8	23313.1	3570.5	26700.8	926.5
Sub.3	24178.4	4813.8	26705.2	1084.3	36503.2	1400.0	18847.3	2493.0	14022.0	1211.2	33898.1	1060.1	30440.0	3120.7	20497.1	4602.1	27035.1	1191.6
Sub.4	28322.3	2107.0	29233.9	1680.1	43718.3	910.6	30626.9	4655.5	30753.0	1796.8	42708.7	433.1	25370.3	2027.3	33052.1	6593.5	33062.5	2325.9
M	28605.0	2516.2	28566.4	1254.9	36762.4	1205.9	26552.2	3353.6	21066.5	1449.6	34557.2	984.1	29078.2	2929.9	26059.9	4240.8	30256.4	1640.8

4. 歩数と足裏圧力について

足圧は、歩行時の筋収縮状況を確認するものである。足裏の接触面積とピーク圧力は、Table5に示すとおりである。接触面積は、個人差も大きいテスト間に有意な差はなかった。ピーク圧力は、歩数が増加するに伴い圧力が高くなることが確認された。左右のピーク圧力については、Fig.4に示すとおりである。

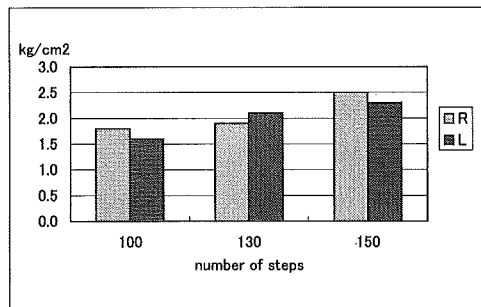


Fig.4 The number of steps and sole stress

Table.5 Comparison of sole stress

	100				130				150			
	CSPS		PPS		CSPS		PPS		CSPS		PPS	
	LF	RF	LF	RF	LF	RF	LF	RF	LF	RF	LF	RF
Sub.1	116.4	130.3	2.2	1.6	120.3	119.2	1.5	2.2	136.8	121.9	2.6	2.8
Sub.2	111.2	125.7	1.8	1.5	114.6	123.9	1.6	1.8	131.6	117.7	2.6	2.0
Sub.3	122.8	128.8	1.1	1.0	121.8	126.2	1.3	1.2	131.4	127.7	1.2	1.2
Sub.4	131.7	122.1	2.2	2.1	143.7	128.0	3.1	3.2	144.8	128.5	3.6	3.2
M	120.5	126.7	1.8	1.6	125.1	124.3	1.9	2.1	136.1	124.0	2.5	2.3
SD	8.8	3.7	0.5	0.4	12.8	3.8	0.8	0.8	6.3	5.1	1.0	0.9

IV 考察

健康運動として歩行を活用することは、多くの研究者により検討されている^{1-17) 19-23) 25-30)}。それは、歩行が身近な存在であり運動強度が個々の体力レベルによって調整できる生活運動だからである²⁸⁾。二本足による直立歩行は、地球重力の中で身体を垂直に支持し前進する運動であり、大きな筋肉労作と多くのエネルギーが動員される全身運動といえる^{4) 5)}。歩行は、通常生後1歳頃から自立歩行が開始し、生涯を通して活用される生活運動である²⁸⁾。厚生労働省は、2003年度の簡易生命表において日本人の平均寿命が女性85.33歳、男性78.36歳になったと報告している¹⁷⁾。これは、人間が約80年間歩行機能を活用して生活することを意味するものである。また厚生労働省は、2020年には65歳以上の占める人口割合が全人口の20%以上になると予測¹⁷⁾しており、高齢化社会はますます進展する。高齢化社会における課題は、環境及び福祉面の整備と健康の維持増進対策といえる^{1) 2) 17) 20)}。とくに中高年者の健康対策は、重要な課題である。厚生労働省は、国民の健康対策として「健康日本21」を掲げ、「クオリティ・オブ・ライフ (Quality of Life)」の中で健康な身体的重要性を説いている¹⁷⁾。健康生活の維持は、とくに体力 (physical fitness) 作り教育が重要な課題と思われる^{1) 3) 20-22)}。日本は、福祉、医療及び環境面の整備は計画的に取り組んでいるが、健康対策への組織的な取り組みは欧米社会に比較して遅れている^{3) 20) 22)}。欧米諸国は、施設、環境、カウンセリング、アドバイザー等の健康環境作りを組織活動として実践している⁴⁾。クーバー博士のエアロビクスエクササイズも、米国社会における肥満及び代謝系疾患の予防対策として考えられた健康施策といえる¹⁹⁾。さらにアメリカンスポーツ医学協会は、生活習慣病の予防対策として運動方法の研究と同時に、効果的な運動強度に関する研究も積極的な取り組みをしている⁴⁾。とくに生活習慣病の主誘因は、肥満であり継続的な運動習慣によって予防できること明確にしている^{4) 14) 17) 19)}。中でもウォーキングは、最適な健康運動であると推奨している^{20) 30)}。問題は、ヘルシーウォークの運動強度と方法の選択である^{17) 20)}。健康歩行は、生活歩行とは異なりある程度の運動強度が要求される。健康運動は、最大酸素摂取量 (以下 $VO_2 \max$ と称す) の50%から60%、また最大心拍数 (以下 HR_{\max} と称す) の60%から70%が効果的な運動強度といわれている^{5) 15) 18)}。

我々は、これらの資料を基に効果的な健康歩行の方法について検討している。歩行は、軽運動であるが方法を変えることによって生体刺激を高めることができる²⁸⁾。とくに歩行速度、歩幅及び回転数の相違によって生体反応も異なる^{26) 28)}。日本人の歩行速度は、年々低下の傾向にあり、今日では分速80mという報告もみられる^{1) 17) 20)}。我々は、過去に分速80m、分速100m及び分速120m歩行における運動代謝について報告した^{9) 10)}。分速120m歩行は、分速80m歩行に比較して強い生体反応が確認された⁹⁾。また分速100m歩行も分速80m歩行に比較して高い生体反応であった⁹⁾。分速80m歩行は、健康増進に影響を与えるまでの生体刺激は確認できなかった⁹⁾。したがって健康歩行は、分速80m以上、100mの速度が適当な範囲と考えている⁹⁾。しかし分速80m歩行においても、動作を大きくすることによって生体機能の亢進を高めることはできる²⁸⁾。とくにストライド歩行及び大きな腕振り歩行は、通常歩行に比較して生体機能の亢進が促進さ

れる⁷⁾。大きな動作の歩行は、 VO_2 の増加を顕著に確認できるが、生体機能の安定性は認められなかった⁷⁾。健康運動の基本は、機能的に安定した定常状態 (steady state) が維持できる運動である^{5) 19) 28)}。不安定な運動強度は、体力レベルの低い人にとっては心肺機能及び筋力へのストレスが大きくなる^{3-5) 16) 20) 23)}。とくに現代人は、体力の低下が急加速化の傾向にある^{1) 17)}。乗り物社会の発展は、現代人の歩行距離を減少させた^{1) 17)}。江戸時代の人は、生活上の必要から40kmに近い距離を歩いて移動した²⁸⁾。現代人の歩行距離は、多い人でも1日あたり4km程度だといわれる²¹⁾。歩行距離の減少は、歩行動作にも影響を与えている。訪米人は、大きなストライドで背筋を垂直に伸ばして歩くのに対して、日本人は背中を曲げて小さな歩幅でチョコチョコとゆっくり歩くといわれる²⁸⁾。広背筋の緊張は、基礎代謝を増加させるという資料もみられる^{4) 5)}。本実験における広背筋は、通常歩行に比較してストライド及びピッチ歩行が高い振動数を示している。これは、筋肉への過重が大きいストライド歩行及び早い筋収縮のピッチ歩行が広背筋の活用が高いこと示すものである^{5) 28) 29)}。足裏のピーク圧力は、通常歩行及びストライド歩行に比較してピッチ歩行が高い値を示した。ここにおいても歩幅を拡充するストライド歩行に対して速い筋収縮と回転が要求されるピッチ歩行が強いキック力を生み出すものと考えられる²⁸⁾。 VO_2 、 CO_2 pro. 及びRQのガス代謝においても、通常及びストライド歩行に比較してピッチ歩行の増加が大であった。これは、速い筋収縮を繰り返すピッチ歩行が、他の歩行方法に比較して高いガス代謝が行われていることを意味するものである^{5) 10) 15)}。栄養素による転換代謝は、通常及びストライド歩行に比較してピッチ歩行がC及びBMの増加が大であった。ここでも速い筋収縮を必要とするピッチ歩行が、他の歩行方法に比較してエネルギー代謝を高くなることを意味するものである^{5) 19)}。したがってピッチ歩行は、酸素の摂取効率及び食によるエネルギーの代謝効率を促進する歩行といえる。

以上のことから健康歩行は、速度を早くして大きなストライドと大きな動作を併用して歩くことも一つの方法であるが、体力レベルが低い人には通常速度 (分速80m) をピッチ歩行 (130歩以上、150歩まで) をすることによって適当な生体刺激を得ることが可能である。

V 要 約

本研究は、健康運動として活用する歩行方法について検討したものである。

今回は、一定速度 (分速80m歩行) における歩数の相違がエネルギー代謝に与える影響を分析する目的で実験した。

結果は、つぎに示すとおりである。

1. 呼気ガス代謝は、ストライド及び通常歩行に比較してピッチ歩行が VO_2 及び CO_2 proの増加が大であった ($p<0.05$)。
2. 栄養素によるエネルギー代謝は、ストライド及び通常歩行に比較してピッチ歩行がCの転換率及びBMの増加が大であった ($p<0.05$)。
3. 加速度は、ストライド、通常及びピッチ歩行ともに体幹及び手首に比較して足首の振動が

大であった ($p < 0.05$)。また身体動揺と歩数の関係は、統計的な有意差は確認できなかった。

4. 足裏圧力は、接触面積と歩数の相違による統計的な有意差はなかった。ピーク圧力は、ストライド及び通常歩行に比較してピッチ歩行が高いものであった。 ($p < 0.05$)。
5. 以上の結果、ピッチ歩行は、通常及びストライド歩行に比較して筋肉への過重も少なく、 VO_2 及びBMの増加、またCの燃焼効率を高めることができることから健康運動として活用できる歩行の一方法といえる。

参考文献

1. 青木高他：21世紀の健康・体力作り，71-73，125-140，大修館，1990
2. 鯨坂隆一：高齢者における運動の心血管系安全基準および対策，体力科学，Vol.52，55-64，2003
3. 石澤他：後期高齢者の生活満足度に影響を及ぼす運動・スポーツ活動と日常生活活動（ADL）のケーススタディ，体育学研究，Vol.49，No.4，306-318，2004
4. Williams & Wilkins：America College of Sports Medicine（2000），Guidelines for Exercise Testing and Prescription.，Philadelphia，114-160，2000
5. Astrand P-O.et.al：Textbook of Work physiology，McGraw-hill，295-518，1970
6. 奥野他：中・高齢者の歩数計使用の主観的有効感と歩数増加・運動継続との関連，pp302-308，体力科学，Vol.53，No.3，2004
7. 川上雅之他：歩行動作が酸素摂取量に与える影響，倉敷芸術科学大学紀要，No8，103-113，2003
8. 川上雅之他：歩行と生体反応に関する研究，倉敷芸術科学大学紀要，No2，87-98，1997
9. 川上雅之他：走行速度と運動強度に関する研究，倉敷芸術科学大学紀要，No1，153-165，1996
10. 川上雅之他：歩行速度とエネルギー代謝の関係，倉敷芸術科学大学紀要，No9，99-109，2004
11. 川上雅之他：ヘルスサイエンス，25-65，不昧堂出版，1994
12. 川上雅之他：トレーニングサイエンス，85-105，不昧堂出版，1996
13. 川上雅之他：ヒューマンサイエンス，45-85，不昧堂出版，1998
14. 川久保清他：生活習慣病に対するウォーキングの効果，スポーツ医学，19-4，361-365，2002
15. Karvone M.et.al：The effects of training on heart rate，Ann.Med.Exper，Fenn.，35，307-315，1957
16. 河原他：高強度自転車運動後の回復期における筋酸素動態，日本運動生理学雑誌，Vol.10，No.1，10-15，2003
17. ぎょうせい：平成15年度厚生労働白書，厚生労働省，363-510，2003
18. Guntin B.et.al：Oxygen consumption in the first strenuous works a function of prior exercise，J.Sports Med.，16，60-65，1976
19. Cooper K.H.：The new aerobics exercise，M.Evans and Company，25-180，1970
20. 久野譜也：地域における健康政策の現状と課題，体力科学，Vol.52，1-8，2003
21. 佐藤祐造他：運動不足に必要な1日歩行量，スポーツ医学，19-4，375-381，2002
22. 田中他：ヒトの総合的QoLを良好に維持するための体育科学・スポーツ医学の役割，体育学研究，Vol.49・No.3，210-222，2004
23. 田辺他：中高齢者における身体活動が動脈系コンプライアンスおよび収縮期血圧に及ぼす影響，体育学研究，Vol.49・No.2，136-144，2004
24. Davies C.T.M.：Limitation to the predication of maximum oxygen intake from c ardiac frequency measurements J.App.Physiolgy，24，700-706，1968
25. 林他：中・高強度運動が強度を自己選択した有酸素性運動中の強度認知および生理学的指標に及ぼす影響，体育学研究，Vol.48，No.3，300-310，2003

26. 平野清孝他：下肢筋力からみたウォーキングの適応，スポーツ医学，19-4，367-373，2002
27. 福永哲夫：「生活フィットネス」の性年齢別変化，体力科学，Vol.52，9-16，2003
28. 藤原健固：歩きの科学，10-61，70-105，講談社，1999
29. Michale P.et.al：Physiology of respiration，Oxford Univ.9-112，1996
30. 水野真由美：運動習慣動機付けとしてのウォーキングの応用，スポーツ医学，19-4，383-389，2002
31. 山地啓司：心拍数の科学，10-60，大修館，1981
32. 山地啓司：心臓とスポーツ，40-190，共立出版，1982

Influence that the difference of the number of steps has on movement metabolism in walking

Masayuki KAWAKAMI, Chihiro EDAMTSU, Yuan LI^{*)}, Hirochi HOSOKAWA^{**)},
Hideto IWASAKI^{***)} and Masashi OKAMOTO^{****)}

College of Life Science

Kurashiki University of Science and the Arts,

**Graduate School of Science and the Humanities,*

2640 Nishinoura, Tsurajima-cho, Kurashiki-shi, Okayama 712-8505, Japan

***Heisei International University*

2000 Mizufukaohatsuno, Kazo-shi, Saitama, 347-8504, Japan

****Sanyo Gakuen Junior College,*

1-14-2 Hirai, Okayama, 703-8501, Japan

*****Nippon Seitaishi Association,*

3017 Minamimatsunaga, Fukuyama 729-0150, Japan

(Received September 24, 2004)

This research analyzes about the walk method for utilizing as healthy movement. This time, it experimented about the difference of the number of steps and the relation of energy metabolism to 80m/min. walk.

1. The metabolism of expiration gas has the pitch walk the larger increase in VO_2 and CO_2 pro as compared with stride and a usual walk ($p < 0.05$).
2. As for the energy metabolism by the nutrient, as compared with the walk, it was usually admitted being stride and that the increase in carbohydrate and basal metabolism had a large pitch walk ($p < 0.05$).
3. Agitation of the body had large agitation of an ankle in all walks as compared with the trunk and the wrist ($p < 0.05$). Moreover, on the whole, the significant difference by the difference of body agitation and the number of steps has not been checked.
4. The significant difference by the difference of a contact surface product and the number of steps has not checked the pressure of the sole. The peak pressure of the sole had the high pitch walk as compared with stride and the usual walk. ($p < 0.05$).
5. It became clear that a pitch walk usually reaches and raises the increase in VO_2 and BM and the combustion efficiency of carbohydrate as compared with a stride walk the above result.