

歩行速度とエネルギー代謝の関係

—青年期男子における運動の適正範囲に関する検討—

川上 雅之¹・李 淵²・猪木原孝二¹・荒木 直彦¹
 岩崎 英人³・岡本 將資⁴・松原 孝¹

¹倉敷芸術科学大学国際教養学部

²倉敷芸術科学大学大学院人間文化研究科

³山陽学園短期大学

⁴日本整体士教育協会

(2003年9月30日 受理)

I 序 論

目まぐるしく変化する現代社会は、科学技術の進歩・発展、合理化等により人々の暮らしは便利になると同時に、多くのストレス、時間的拘束、環境破壊等、諸種の問題を提議している¹⁾。とくに健康問題は、現代人にとって深刻な社会的問題となっている。健康であるための条件は、適度な運動、バランスとれた食生活及び適当な休息を確保することである^{8) 10)}。しかし現代人が健康の条件を確保するには、複雑な現代社会の中で非常に厳しい現実的な制約条件が浮上する^{1) 11) 20)}。これら健康生活に関する問題は、先進国社会が共通に抱える現代の社会的な課題といえる^{1) 8) 10)}。

そのような社会的背景の中で我々は、日常の生活活動を健康運動 (health exercise) として活用する方法について各種角度から検討を重ねている。

本研究は、日常の歩行を健康運動として活用する方法について検討するものである。つまり、有酸素運動 (aerobics exercise) という観点から歩行運動を取り上げ、歩行運動に関係するエネルギー代謝のメカニズム、また呼気ガス代謝の変化から生体への影響を科学的に追求するものである。

我々は既報の研究で、呼気ガス代謝を中心とした歩行速度及び動作の相違が酸素摂取量 (oxygen uptake: 以下 VO_2 と称す) に与える影響について報告した^{5) 6)}。歩行時の VO_2 は、歩行動作を意識的に大きくすること、つまり大きい腕振り動作を併用することによって増加する。また歩行ストライドを意識的に拡充することによっても、大きい腕振り動作を併用した場合と同様に VO_2 は増加する。1回換気量 (tidal volume: 以下VTと称す) と呼吸死腔 (dead space: 以下VDと称す) の比率は、大きい腕振り動作及び歩行ストライドを拡充することによって呼吸気道内の空気抵抗率が低下する。意識的な歩行ストライドの拡充は、必然的に歩行速度を上昇させるため筋肉への労作も増大し適度な筋刺激を期待することができる。さらに歩行速度の上昇は、 VO_2 を増加させ生体代謝に好影響を与える。とくに分速80mから100m歩行において、

呼気ガス代謝が促進することを確認した。したがって、日常の生活歩行を健康運動として活用するには、分速80mから100mの歩行速度を維持し、大きい歩行動作を併用することによってVO₂が高まり、有酸素運動としての健康的な効果は得られる。

今回は、食生活から摂取された栄養素による運動エネルギーの代謝 (energy yields) と呼気ガス代謝 (gas exchange) について究明する目的で実験した。運動エネルギーの転換形態と呼気ガス代謝の関係を明確にすることは、日常の生活歩行をエアロビクスエクササイズとして体力の増強、また肥満防止及びウエイトコントロール等、生活習慣病予防に活用できると考えている。

II 実験方法

1. 被験者

被験者は、年齢が20.70±2.21才の健康な男子大学生10名を対象にした。被験者の身体的特性は、Table 1 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 (Body Fat Analyzer TBF-202) によって測定した。

Table 1 The physical characteristics of subjects

N=10

Name	Age	H(cm)	W(kg)	Non Fat(kg)	%Fat(%)	Am.Wat.(kg)
Sub..1	26	176.4	59.5	52.8	11.2	38.6
Sub..2	20	168.5	53.6	46.2	13.8	33.8
Sub..3	20	172.5	68.9	56.5	18	41.4
Sub..4	20	168.4	64.6	51.9	19.7	38
Sub..5	20	172.8	61.9	54.8	11.4	40.1
Sub..6	20	169.3	57	53.4	6.4	39.1
Sub..7	22	166.4	62.4	58.5	6.2	42.8
Sub..8	18	167.5	57.2	49.9	12.8	36.5
Sub..9	22	173.8	56.4	49.6	12.1	36.3
Sub..10	19	172	53.5	46.9	12.4	34.3
M	20.7	170.76	59.5	52.05	12.4	38.09
SD	2.21	3.2	4.95	3.98	4.27	2.92

2. 実験方法

実験は、安静位及び歩行時のエネルギー代謝と呼気ガス代謝について測定した。エネルギー代謝及び呼気ガス代謝は、英国モーガン社のベンチマークシステム (Morgan. benchmark exercise test) によって測定した。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) で実験中のデータを連続収録した。

歩行運動は、実験室内に設置した米国マルケット社のトレッドミルを使用した。トレッドミルの傾斜角度は、平地歩行を想定して0度とした。歩行実験は、分速60mのテスト1 (以下WT-1と称す)、分速80mのテスト2 (以下WT-2と称す) 及び分速100mのテスト3 (以下WT-3と称す) の三種類である。歩行テストの運動時間は、25分から30分間の連続歩行を課した。歩

行動作は、日常の歩行動作、つまり腕を真下に伸ばし、「自然な腕振り動作」とした。また安静位（以下WT-0と称す）についてもエネルギー代謝及び呼気ガス代謝を比較資料として測定した。

Ⅲ 実験結果

1. 歩行速度とエネルギー代謝の関係

エネルギー代謝は、三大栄養素であるタンパク質 (protein)、糖質 (carbohydrate) 及び脂質 (fat) によるエネルギー転換率を運動代謝の検討資料とした。運動エネルギーの転換率は、Table 2 に示すとおりである。WT-0のエネルギー転換率は、大きな個体差が認められた。これは、普段の食生活による相違と考えられる。運動エネルギーの比較は、Fig. 1 に示すとおりである。エネルギー転換率は、WT-0ではタンパク質が16.70%、糖質が36.60%、脂質が46.70%であった。WT-1では、糖質が35.90%、脂質が57.60%に変化している。またWT-

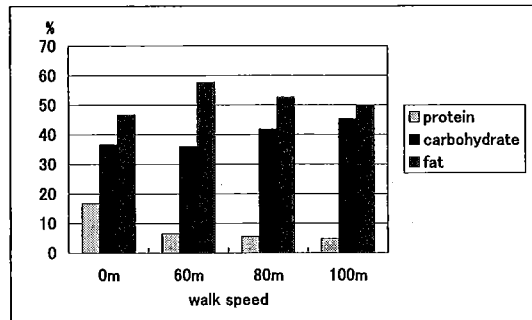


Fig.1 Energy metabolism in subject

Table.2 The corelation of energy yileds and walk

1. The date of rest

N=10

	Sub.1	Sub.2	Sub.3	Sub.4	Sub.5	Sub.6	Sub.7	Sub.8	Sub.9	Sub.10	Mean	S.D.
protein	22	16	13	19	17	29	12	14	12	13	16.7	5.42
carbohydrate	45	25	76	74	31	14	12	21	58	10	36.6	25.19
fat	33	59	11	7	52	57	76	65	30	77	46.7	25.2

2. The date of 60m walk

N=10

	Sub.1	Sub.2	Sub.3	Sub.4	Sub.5	Sub.6	Sub.7	Sub.8	Sub.9	Sub.10	Mean	S.D.
protein	8	8	5	7	7	6	6	6	6	6	6.5	0.97
carbohydrate	54	30	65	68	9	14	25	25	44	25	35.9	20.72
fat	38	62	30	25	84	80	69	69	50	69	57.6	20.75

3. The date of 80m walk

N=10

	Sub.1	Sub.2	Sub.3	Sub.4	Sub.5	Sub.6	Sub.7	Sub.8	Sub.9	Sub.10	Mean	S.D.
protein	6	7	5	6	5	6	5	6	5	5	5.6	0.7
carbohydrate	59	39	53	67	51	21	33	20	35	40	41.8	15.58
fat	35	54	42	27	44	73	62	74	60	55	52.6	15.55

4. The date of 100m walk

N=10

	Sub.1	Sub.2	Sub.3	Sub.4	Sub.5	Sub.6	Sub.7	Sub.8	Sub.9	Sub.10	Mean	S.D.
protein	5	5	4	5	4	5	5	5	5	5	4.8	0.42
carbohydrate	86	42	31	64	55	26	51	26	32	40	45.3	19.14
fat	9	53	65	31	41	67	44	69	63	55	49.9	19.17

2では、糖質が41.80%、脂質が52.60%と変化した。さらにWT-3では、糖質が49.90%、脂質が45.30%に変化することが確認された。

2. 歩行速度と呼気ガス代謝の関係

呼気ガス代謝は、分時吸気量 (inspir. Flow : 以下吸気と称す) 及び呼気量 (expir. Flow : 以下呼気と称す)、呼吸数 (respir. Freqcy)、VT、VO₂、二酸化炭素産出量 (CO₂ production)、酸素動向 (oxygen pulse)、VTとVDの比率 (VD/VT ratio : 以下VD/VTと称す)、分時心拍出量 (cardiac output以下拍出量と称す)、1回心拍出量 (stroke volume : 以下SVと称す)、心拍数 (heart rate : 以下HRと称す) 及び血中乳酸値 (lactate : 以下Lact.と称す) についてWT-0、WT-1、WT-2及びWT-3のデータを測定した。呼気ガス代謝については、Table 3に示すとおりである。吸気及び呼気、呼吸数の比較は、Fig. 2に示すとおりである。吸気及び呼気、呼吸数は、WT-0では吸気が16.73、呼気が18.60、呼吸数が17.68回であるのに対して、WT-1、WT-2及びWT-3で

Table.3 The date of gas matabolic for walk-test

1. The date of rest

N=10

	Mean	S.D.
ins.f	16.73	5.38
exo.f	18.6	5.96
resp.f	17.68	4.26
tid.v	1000.3	261.6
oxy.up	632.2	226.4
co2.pro	526.3	177.21
oxy.pu	5.06	1.81
vd/vt rat	0.24	0.04
card.out	7.47	1.98
stro.v	56.48	14.16
lact.	1.47	0.42
HR	64.5	10.79

2. The date of 60m walk

N=10

	Mean	S.D.
ins.f	23.52	4.85
exo.f	26.09	5.15
resp.f	22.84	3.15
tid.v	1308.4	268.28
oxy.up	912.7	117.45
co2.pro	760.4	99.72
oxy.pu	7.28	0.95
vd/vt rat	0.2	0.01
card.out	9.52	1.07
stro.v	77.34	6.42
lact.	1.85	0.17
HR	86.7	12.1

3. The date of 80m walk

N=10

	Mean	S.D.
ins.f	25.82	2.79
exo.f	29.16	2.93
resp.f	24.9	5.91
tid.v	1353.8	259.51
oxy.up	1083.5	88.77
co2.pro	918.1	62.04
oxy.pu	8.65	0.71
vd/vt rat	0.19	0.01
card.out	10.95	0.66
stro.v	86.51	4.62
lact.	2.12	0.18
HR	93.8	11.29

4. The date of 100m walk

N=10

	Mean	S.D.
ins.f	29.99	2.56
exo.f	34	3.13
resp.f	26.5	5.72
tid.v	1554.5	391.73
oxy.up	1285.2	126.19
co2.pro	1097.2	93.88
oxy.pu	10.23	1.01
vd/vt rat	0.18	0.01
card.out	12.31	0.85
stro.v	97.62	6.12
lact.	2.41	0.24
HR	100.9	10.74

は吸気、呼気及び呼吸数ともに増加を示した。また VO_2 は、WT-0の632.20mlであるのに対して、WT-1では912.70ml、WT-2では1083.50ml、WT-3では1285.20mlと増加した。二酸化炭素の産出量においてもWT-0が529.30mlであるのに対して、WT-1では760.40ml、WT-2では918.10ml、WT-3では1097.20mlであった。しかし二酸化炭素の産出量は、WT-1、WT-2及びWT-3のいずれの歩行においても VO_2 を上回る数値ではなかった。つぎにVD/VTの動向については、Fig. 3に示すとおりである。VD/VTは、呼吸気道内を流動する空気の抵抗率を示すものであり、WT-0が0.24であるのに対して、WT-1では0.20、WT-2では0.19、WT-3では0.18と低下を示した。拍出量、SV及びHRの関係については、Fig. 4に示すとおりである。HRは、WT-0が63.55beats/min.であるのに対して、WT-2では93.80beats/min.、WT-3では98.90beats/min.と、安静位の1.5倍以上の増加を示した。また拍出量は、WT-0の7.51lに対して、WT-3が12.19lと安静位の約1.4倍、SVはWT-0の56.98mlに対して、WT-3では96.60mlと安静位の約1.5倍に増加している。Lact.の動向は、Fig. 5に示すとおりである。Lact.は、WT-0及びWT-1に比較して、WT-2が2.18mmol/dl、WT-3が2.40mmol/dlと増加を示した。

IV 考察

健康と運動の関係については、古くから多くの研究者によって報告されている^{3) 4-12) 14) 15) 20)}。とくに有酸素運動の効用は、医学的、生理学的な面から健康

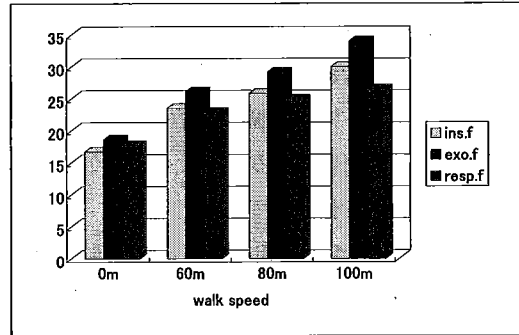


Fig.2 Number of breathing and amount of breathing in subject

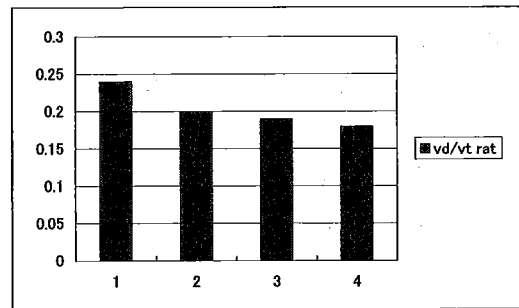


Fig.3 VD/VT ratio in subject

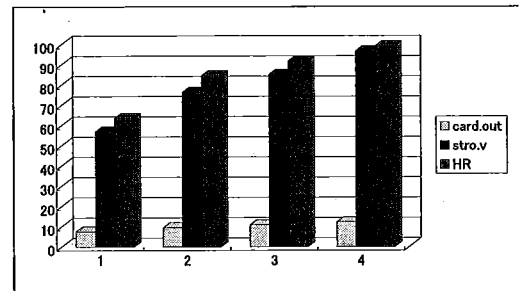


Fig.4 Relation between cardiac output and heart rate in subject

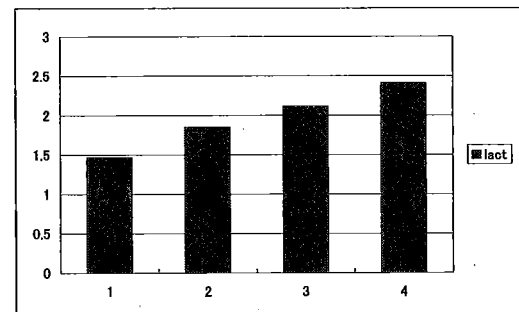


Fig.5 Trend of lactate in subject

的価値、運動効果、生体への影響等が多く研究者によって報告されてきた。また有酸素運動は、最も効果的な健康運動として推薦されている^{3) 14)}。問題は、近年における現代人の生活形態の変化である。繁多な現代社会の中で、現代人が習慣的に健康運動の時間を確保するという余暇時間確保の問題である。目まぐるしく変化する現代社会は、人々に時間的拘束、厳しい社会的制約が生活背景として存在する^{1) 8)}。そのような社会的背景の中で人々が、習慣的に健康運動を行うには、余暇時間の確保と強い精神力がなければ運動を継続することは不可能である。とくに健康運動を実施する背景には、意識的な運動プログラミング、運動を継続する頑強な精神力、さらには健康思考に対する志気昂揚がなければ、習慣的に運動を生活の一部として存在させるとは非常に難しいといえる¹⁾。

20世紀に入り健康運動は、人間社会にエアロビクスエクササイズという形式で取り上げられるようになった^{1) 12) 14)}。エアロビクスエクササイズの効用は、体内に多くの酸素を取り込むことによって組織細胞を活性化させ、血液循環の促進、内臓機能の活発化等、新陳代謝を促進することである^{3) 12) 19)}。米国の医師クーパー博士(K.Cooper)が1960年代人々に最適な健康運動は、エアロビクスエクササイズであると提唱したのが始まりである¹⁴⁾。Cooper博士は、生理学的、医学的観点からエアロビクスエクササイズの健康的な価値を立証したのである。Cooper博士は、ジョギング、スイミング、ウォーキング、サイクリング等の持久的運動をエアロビクスエクササイズとして奨励している。またCooper博士は、運動をポイント化し実施者に運動の興味付けを図ったことも、エアロビクスエクササイズが世界的に拡大した要因といえる。しかしCooper博士が提唱するエアロビクスエクササイズも、運動時間、施設及び場所の確保という点で各種の問題を抱えて今日に至っている。健康運動は、習慣的に継続しなければ効果は期待できないし、とくに生体機能が低下する中高年齢世代に必要なものである¹⁾。生活習慣病が危惧される今日、健康運動は防衛体力及び抵抗力の向上という面からも、すべての世代に必要な不可欠の健康であるための条件といえる^{1) 8) 11) 14)}。

以上のような観点から我々は、人間の基本的な移動手段である歩行を健康運動として併用することに注目している⁵⁻⁷⁾。健康歩行の源流は、1970年代米国の高年齢者を中心に普及したエアロビクスウォークである^{3) 14) 19)}。しかしエアロビクスウォークは、健康的な効果が認識されながら、適切な運動強度を提示した資料は非常に少ない^{5) 14) 15) 20)}。歩行は、運動の様式及び速度が不規則的に存在する運動であり、外的な生体刺激を一定の状態に確保することが難しい運動である^{3) 14) 19)}。歩行運動は、脚と腕が繰りなす一連の協応運動で、脚のストライド、また腕振り動作が一体となって発現する自動運動といえる³⁾。また歩行運動は、歩き方を工夫することによって健康の維持増進に必要な適度な生体刺激が確保できる有酸素運動ともいわれている¹⁸⁾。したがって歩行運動は、健康運動に活用できると同時に、個々人の体力によって運動強度を調節することが可能なエアロビクスエクササイズでもある。

我々は既報において、歩行速度と動作の変化が VO_2 に与える影響について報告した^{5) 6)}。 VO_2 は、同じ速度の歩行運動でも歩行動作を大きく変化させることによって、酸素の摂取量が増加

するという報告である⁵⁾。歩行動作の変化とは、腕振り動作を大きくすること、また意識的に歩行ストライドを拡充することを意味するものである。つまり歩行運動に大きい動作を併用することは、運動強度を高めると同時に呼気ガス代謝を昂進させるという生理的な効果である。同様の生体反応は、幾多の研究者によって身体動作の変化が運動強度を高め、 VO_2 に影響を与えることが報告されている^{13) 17)}。問題は、健康運動として最適な生体代謝、生体への運動刺激が確保できる歩行速度を確定することである。今日の有酸素運動研究の主流は、呼気ガス代謝による呼吸循環機能に対する影響分析が中心的な内容となっており、呼気ガス代謝と運動エネルギーの代謝メカニズムを位置付けた研究報告は少ないといえる。運動の維持は、外部から取り込まれる酸素と経口摂取された栄養素によってエネルギーの運営がなされるものである^{4) 9) 10)}。運動エネルギーは、経口摂取された食物栄養素が代謝エネルギーに合成、運動エネルギーに転換される。近年日本人の摂取カロリーは、消費カロリーを300kcal程度上回るという報告がみられる¹⁾。過剰摂取された栄養素は、体内脂肪として皮下及び内臓壁等に沈着する⁴⁾。とくに現代人は、社会的ストレス、不規則な食事、アンバランスな食生活等から生活習慣病患者が増加する傾向にある^{1) 8) 10)}。生活習慣病は、運動不足と肥満が発症の主誘因といわれる^{1) 11) 14)}。肥満の定義は、過剰に増加した体重、また余剰に体脂肪が蓄積した場合を肥満体と称するとある。とくに肥満の予防には、適度な運動刺激を生体に習慣的に与え、体内脂肪を効率的に燃焼させることが重要といえる^{1) 8) 11) 20)}。近年の報告資料によると、日本人の大多数が運動不足、また歩かない、歩行速度が遅い等、身体を動かさない傾向にあることが指摘されている^{1) 15) 20)}。この実態は、日本人の肥満増加を促進する根本的な背景といえる。また歩行の形態も、居住する生活環境によって都市型、中都市型、農村型等、地域的な分類がなされるまでになった。さらに歩行の速度は、居住地域によって歩行パターンが分速60m、80m、100m歩行に大別されている。これら歩行速度及び活動量の相違は、消費エネルギーの相違ともいえる。運動エネルギーは、エネルギー源になる糖質と脂質の燃焼によって産出されるものである。運動エネルギーの代謝システムは、過去の資料によると糖質によるエネルギー代謝が中心となるが、運動時間の経過とともに脂質が動員され運動の継続がなされる^{3) 12) 14)}。しかし本実験における運動代謝のエネルギー転換は、分速60m歩行においては脂質代謝が中心的な役割を担っており、糖質は側面的なエネルギー代謝として関与している状況であった。しかし80m及び100m歩行においては、脂質代謝から糖質を中心としたエネルギー転換に代謝運営が変化している。したがって運動エネルギーは、中程度以上の運動においては糖質代謝によるエネルギー転換が中心的な役割を担うといえる。他方、脂質代謝は糖質エネルギーをサポートする栄養素になると考えるものである。過去の研究報告においても運動エネルギーは、脂質と糖質の両栄養素によって代謝運営されるといわれている^{3) 14) 19)}。以上のことから60m歩行では、体脂肪の燃焼効果は期待できるが、糖質をエネルギーとして動員する運動強度には到達していない。体内脂肪は、食生活から摂取された脂質及び糖質がエネルギーとして消費されない過剰栄養分として皮下あるいは内臓壁に沈着した結果である⁴⁾。分速80m及び100m歩行においては、運動エネルギ

一の代謝転換が糖質及び脂質代謝によって運営されることが実験により確認できた。したがって分速80mから100mに歩行速度を維持することは、体脂肪の燃焼、ウエイトコントロール対策に効果的な運動強度を確保することが可能といえる。しかし代謝エネルギーの背景には、普段の食生活があり、バランスのとれた食生活から運動エネルギーも産出、消費されることが重要といえる。

つぎに、歩行運動の生理学的な運動効果についての検討である。有酸素運動とは、運動強度が50%VO₂max程度で5分間以上継続することが可能な運動と定義されている^{3) 16) 19)}。また有酸素運動は、健康体の維持増進に最適な運動であるともいわれている³⁾。VO₂は、80m歩行で1000ml、100m歩行で1200mlの摂取量が確認された。また二酸化炭素産出量は、80m歩行で800ml、100m歩行では1000mlに増加することが確認された。これは、二酸化炭素の産出量が酸素の摂取量を上回らない範囲であり有酸素運動領域の運動である。有酸素運動は、酸素の取り込みと代謝産物の分解がスムーズに運営される継続的な運動といわれている^{3) 14) 19)}。分速80m及び100m歩行では、吸気及び呼気量とも一定の振幅で増加を示し、呼吸数も急激な変化を確認するものではなかった。気道内の空気抵抗率は、歩行速度の上昇とともに低下する傾向を示している。これら呼吸機能の変化は、体内の酸素活用効率が促進している状況を裏付ける資料である^{3) 19)}。また心拍出量も増加を示しており、心機能の亢進、血中ヘモグロビンの体内分配の促進が図られている結果といえる。心拍出量の増加は、酸素の供給が組織細胞の末端まで配分されることを意味するものである³⁾。HRも安静位に比較して1.6倍の増加が確認された。これは、過去の研究資料による40%VO₂max程度の運動強度に相当するものである^{1) 21) 22)}。したがって運動強度としては、高い運動負荷とはいえないものであった。この心反応は、被験者が青年期男子という年代でもあり、一般データと比較して当然低いと考えられる。なぜなら青年期は、体力及び心機能的に一番充実した年齢にあたる^{3) 14) 19)}。とくに心臓機能は、心筋の弾力性、生理的に優れた対応が図られる世代である。中強度の運動における心反応は、運動開始直後は心拍数を増加させることによって対応するが、その後は心拍出量を増加することによって運動に対応する循環システムに切り換えられる^{3) 12) 19)}。これは、年齢的な充実期にあたる世代の心機能、心臓の余裕というメカニズムの特性といえる^{3) 19)}。またLact.は、分速60m歩行に対して分速80m及び100m歩行では急勾配的な増加を示した。Lact.の増加は、筋肉に対する外的ストレスが加わっていることを伺う資料である。分速80m及び100m歩行のストレス度は、ランニング、ジョギングに比較して低いものである²³⁾。Lact.の動向は、無酸素運動と有酸素運動領域を判断するうえで重要な指標になる²¹⁾。過去の研究報告によると、有酸素運動は酸素の取り込みとLact.の分解がスムーズに図られる運動であると定義されている^{3) 19)}。また筋中のLact.が、5mmol/dl程度に増加すると運動強度も中強運動域に入る。そのような意味において、分速80m及び100m歩行は大きなLact.の蓄積もなく運動の継続が図られる有酸素運動といえる。

以上のことから生活歩行を健康運動と併用する場合、分速80mから100mの間で連続歩行することが筋刺激としての効果、ウエイトコントロール及び肥満防止として体脂肪を燃焼するに

は効果的といえる。

V 要約

本研究は、健康な青年期男子における歩行速度とエネルギー代謝の関係について分析する目的で実験した。本実験は、歩行速度と運動エネルギーの代謝転換及び呼吸ガス代謝について明確にすること、また健康を維持するために最適な歩行速度を究明することである。

実験結果は、以下に示すとおりである。

1. 運動エネルギーの転換は、分速60mの歩行では脂質及び糖質によるエネルギー代謝であったが、分速80m及び100mの歩行においては糖質代謝によるエネルギー転換の比率が増加した。また脂質代謝は、糖質エネルギーを側面的にサポートするエネルギー源として関与するものであった。(p<0.05)
2. 1回換気量及び呼吸死腔の比率は、歩行速度の上昇にともない呼吸気道内の空気抵抗率は低下した。また気道内の空気抵抗は、分速60m及び80m歩行に比較して分速100m歩行が大きく低下を示した。(p<0.05)
3. 酸素摂取量及び二酸化炭素の産出量は、分速60m、80m及び100mと歩行速度の上昇にともない摂取量及び産出量ともに増加した。いずれの歩行テストにおいても、二酸化炭素の産出量が酸素摂取量を上回ることにはなかった。(p<0.05)
4. 心拍出量及び心拍数の関係は、歩行速度の上昇にともない血液の拍出量、心拍数ともに増加した。(p<0.05)
5. 血中乳酸値は、歩行速度の上昇により増加した。分速60m及び80m歩行に比較して分速100m歩行が大きい値を示した。(p<0.05)
6. 以上の結果、日常の生活歩行を健康運動として併用する場合、分速80mから100mの間で継続歩行することが、体力強化としての生体刺激、また肥満防止及びウエイトコントロール対策として効果的である。また運動時間は、エネルギー代謝及び呼吸ガス代謝の動向から、25分間以上の連続歩行を課すことで運動の健康的効果は期待できる。

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. 朝比奈一男他：作業強度の生理的水準について，体力科学20，190-197，1971
3. Astrand P-O.et.al：Textbook of Work physiology, McGraw-hill, 295-518, 1970
4. 石川利寛：スポーツとからだ，100-130，岩波書店，1991
5. 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
6. 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
7. 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
8. 川上雅之他：ヘルスサイエンス，25-65，不味堂出版，1994
9. 川上雅之他：トレーニングサイエンス，85-105，不味堂出版，1996
10. 川上雅之他：ヒューマンサイエンス，45-85，不味堂出版，1998

11. 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
12. Karvone M.et.al：The effects of training on heart rate Ann.Med.Exper Fenn., 35, 307-315, 1957
13. Guntin B.et.al：Oxygen consumption in the first strenuous works a function of prior exercise, J.Sports Med., 16, 60-65, 1976
14. Cooper K.H.：The new aerobics exercise, M.Evans and Company, 25-180, 1970
15. 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
16. 高松薫他：持久性における心拍数と酸素摂取水準との関係に及ぼす運動経過時間の影響，体育科学研究，28-2，153-161，1983
17. Davies C.T.M.：Limitation to the predication of maximum oxygen intake from cardiac frequency measurements J.App.Physiolgy, 24, 700-706, 1968
18. 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
19. Michale P.et.al:Physiology of respiration, Oxford Univ.9-112, 1996
20. 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，19-4，383-389，2002
21. 山地啓司：心拍数の科学，10-60，大修館，1981
22. 山地啓司：心臓とスポーツ，40-190，共立出版，1982
23. 山地啓司：持久性トレーニングの最大酸素摂取量への影響，体育科学研究，32-3，160-180，1987

Relation between the walk speed and energy metabolism by the young students of male

Masayuki KAWAKAMI, Yuan LI*, Koji INOKIHARA, Naohiko ARAKI,
Hideto IWASAKI**, Masashi OKAMOTO*** and Takashi MATSUBARA

College of Liberal Arts and Science for International Studies

Kurashiki University of Science and the Arts,

**Graduate School of Science and the Humanities,*

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

***Sanyo Gakuen Junior College,*

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

****Nippon Seitai Association,*

3-17 Minamimatsunaga, Fukuyama 729-0150, Japan

(Received September 30, 2003)

It experiments in this study in order to analyze the relation between the walk speed and energy metabolism by the young students of male.

The following results obtained:

1. Conversion of movement energy had the large rate for which carbohydrate by fat, 80m and 100m walks by 60m walks. ($p<0.05$)
2. The amount of ingestion of oxygen and the quantity of output of carbon dioxide increased with the rise of walk speed. However, in 100m walks, it was not admitted that the quantity of output of carbon dioxide exceeds the amount of ingestion of oxygen. ($p<0.05$)
3. The air resistance of respiratory tract showed the big fall at the time of 100m walk. ($p<0.05$)
4. The amount of blood and the number of cardiac beats increased with the rise of walk speed. ($p<0.05$)
5. The lactate showed the increase by the rise of walk speed. ($p<0.05$)
6. In order to utilize a life walk as healthy movement the above result, setting speed of a walk to 100m from 80m can call it the movement intensity optimal as combustion and a living body stimulus of body fat.