分速100mの60分間歩行時における呼吸循環系機能と 血中生化学成分の動態

小宮, 秀一 九州大学健康科学センター

大柿, 哲朗 九州大学健康科学センター

藤野,武彦九州大学健康科学センター

金谷、庄蔵九州大学健康科学センター

他

https://doi.org/10.15017/420

出版情報:健康科学. 10, pp. 125-134, 1988-02-20. 九州大学健康科学センター

バージョン: 権利関係:

分速 100 m の 60 分間歩行時における呼吸循環系機能と 血中生化学成分の動態

小 宮 秀 一 大 柿 哲 朗 藤 野 武 彦 金 谷 庄 藏 森 田 ケ イ 近 藤 佳 子

Cardiorespiratory and Blood Biochemical Responses during 60-min Walking at the Rate of 100m/min.

Shuichi KOMIYA, Tetsuro OGAKI, Takehiko FUJINO Shozo KANAYA, Kei MORITA and Keiko KONDO

Summary

Cardiorespiratory and blood biochemical responses to 60-min walking at the rate of 100 m/min were studied in eight student females, 20-22 years of age. Each subject's maximal oxygen uptake was determined via a incremental exercise test using a bicycle ergometer. Five subjects had high maximal oxygen uptakes (40.03 ml/kg/min) and three had low maximal oxygen uptakes (32.73 ml/kg/min). Oxygen uptakes were measured at 10-min intervals during the walking exercise. Catheter was inserted into the antecubital vein of the forearm and a 20-ml blood samples were collected at 15-min intervals. Heart rates were assessed by Holter ECG during exercise. All subjects exercised for 60-min at 100m/min on a field walking, which represented 45.7% Vo2 max and were classified as "low group" and 58.0% of the maximal oxygen uptake and were classified as "high group" respectively. Respiratory exchange ratio similar during exercise in both groups, diminishing progressively throughout the exercise period. Because of the demonstrated importance of catecholamine levels and free fatty acid availability during prolonged exercise, we have investigated several parameters of lipid metabolism during 60-min walking. There was a greater rise in plasma adrenalin concentrations during exercise in the high group (58.0% Vo2 max) subjects. Free fatty acids increased in the high group subjects, but not in the low group (45.7% Vo₂ max) subjects and plasma insulin was depressed in both groups. A significant positive correlation (p<0.05) was obtained between the increment above resting levels of plasma adrenalin and that of serum FFA. But, a significant correlation (p<0.05) was obtained between the increment above resting levels of serum FFA and % Vo2 max only after the 60th min of exercise.

It was concluded that the lipid metabolic activity is considerably elevated during 100m /min walking for 60-min at 50-60% of subject's maximal oxygen uptake.

(Journal of Health Science, Kyushu University, 10:125 – 134, 1988.)

緒 宣

現代生活におけるあらゆる面での省力化は、ヒトを 家畜化 (domestication), 実験動物化 (laboratorification) させ、生理的・心理的ストレス耐性を低下 させている。とくに、運動不足は過剰栄養とあいまっ て相対的過食状態をひきおこし肥満症や糖尿病、高脂 血症などの成人病の誘因となっている14,21,22。 近年, これらの成人病の予防と改善を目的とした運動がさか んに実施されてはいるが、運動処方として確立された ものはない。しかし、運動強度については、安全性、 有酸素的活動能力の向上、および血中脂質成分の正常 化という観点から 50 ~ 60% Vo₂max 強度の運動を比 較的長時間実施することが有効であるとされている。 運動の形態は、自転車エルゴメーターとジョギングが 主要なものである。自転車エルゴメーターによる運動 は負荷強度を正確にすることはできるが、その器具が どこにでもあり、誰にでもできるものではない。ジョ ギングの強度は、距離×時間で決定できるが過剰負荷 になりやすいし、 時として死亡事故(3),20)も起こってい る。ジョギング中の死亡事故の多くは、心筋障害であ り、心筋の相対的虚血、血行動態の激変による心筋の 機械的進展など、心筋の総合的環境の変化がその原因 と考えられ、血中の catecholamine 濃度との関係が 論じられている。不整脈発生の一因としては、過剰な catecholamine による心筋内因性アミンの減少,遊離 脂肪酸の顕著な増加があげられている。 一方, 血中 catecholamine 濃度の上昇は、内因性凝固活性を上昇 させ",心筋の一部に不可逆的変化を与えるともされ ている。そこで、ジョギングより安全であり、長期間 の継続実施が容易な運動で、有酸素的活動能力の向 上、および血中脂質成分の正常化が期待できる運動形 態が望まれる。「歩行」はヒトが進化の過程で獲得した 「立つ」ことの最高の所産であり、ヒトの最も基本的な 運動形態である。すなわち、ヒトは「立ち」、「歩く」 ために身体のあらゆる組織・器官を進化させてきた。 現代人はこの最も基本的な運動さえ失いつつある。現 代のように高度に文明化された社会では、1日中歩き まわるということはきわめて非能率的な生活である。 しかし、健康の維持・増進のための運動処方として、 「歩行」という運動形態を採用する意義は大きい。

本研究は、分速 100 m の 60 分間歩行時における呼吸循環機能の反応と血中生化学成分やホルモンの動態を分析している。従って、本研究の目的は、この強度

の歩行が運動処方, とくに肥満の治療や予防に有効で あるかどうかを脂質代謝から検討することにある。

研究方法

1. 被験者

被験者は 20 歳から 22 歳までの女子大学生 8 名である。

2. 歩行実験

歩行実験は1周500 m の芝生のグランドで実施した。歩行速度は1分間の歩数を SANYO PULSE METER HRM-700Eによって130歩に設定し、500 mを5分間のペースで歩かせた。歩行時間は60分間で,歩行距離は6000 m である。歩行実験が午前中の被験者には朝食を,午後の被験者には昼食を与えず,実験前日の食事はできるだけ非脂肪性のものに制限した。実験開始時と終了時の気温と湿度は乾湿温度計で記録した。

3. 呼吸循環系機能測定

歩行中の呼気ガスは 10 分間隔で 2 分間ダグラスバックに採気し、 MIJNHARDT 社製 Oxycon-4 を用いて分析した。 心拍数は、 CM 5 誘導心電図をフクダ電子社製フォルター心電計 SM-26B に記録し、全波形解析の後、 R 波より算出した。

4. 血液生化学成分測定

歩行中の血液試料は上腕静脈にカテーテルを挿入して 15 分間隔で採取し、血液採取時間は歩行時間から除外した。血液生化学成分の分析項目と測定方法は以下のとおりである。遊離脂肪酸(酵素法)、中性脂肪(酵素法)、総コレステロール(酵素法),血糖(酵素法),LDH(Wroblewski-LoDue 法),GOT(Karmen 法),Na・K・Cl(電極法),CPK(オリーバ変法),乳酸(UV 法),アドレナリン・ノルアドレナリン(HPLC-THI 法),インスリン(RIA-2 抗体法)

結 果

図1は、歩行中10分間隔で採気し、分析した Vo_a ml/kg/minの時間経過を各被験者の% Vo_a max として示したものである。その結果、8名の被験者は、歩行開始10分後~60分後までの相対強度が50% Vo_a max以上で経過した5名(高群)と、50% Vo_a max以下で経過した3名(低群)の2群に分類できた。表1は、高群と低群の身体的特性と Vo_a maxを比較したものである。低群の Vo_a max(40.03 ml/kg/

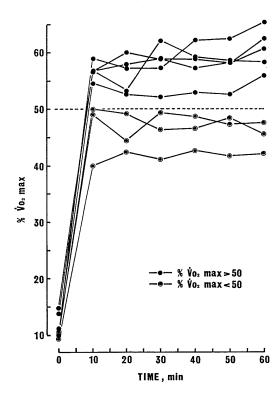


Fig. 1 Changes in percent of maximal oxygen uptake during 60-min walking at the rate of 100m/min.

min) が高群のVo₂max (32.73 ml/kg/min) より高い 値を示した以外は2群間に大きな差はみられなかっ た。 表 2 は, 60 分間歩行中の速度 (m/min), 歩数 (steps/60min) および HR (拍/分), Vo₂ (ml/kg/ min), %Vo₂max, RQ の平均値と 60 分間のエネル ギー消費量を2群間で比較したものである。低群の平 均%Vo₂max は 45.7%, 平均 HR は 122.5 拍/分を示 し、高群 (58.0 %Vo₂max、136.1 拍/分) に比較して有 意に低い値を示した。しかし、Vo2、ml/kg/minや RQ の平均値間に有意な差はみられず, 60 分間のエネ ルギー消費量の差も統計的に有意ではなかった。図2 は、%Vo₂max と HR の経時変化を 10 分間隔でプ ロットし、2群間の平均値の差を比較したものであ る。2 群の平均%Vo₂max 値間では、10 分値に 5%、 20 分値~60 分値までは 1% 水準の有意な差がみら れ, 低群では10分値(46.3%)~60分値(45.1%)ま でほとんど無変化なのに対して、高群では56.7%~ 60.6% まで相対強度が漸増した。 HR の平均値間にも 大きな群間差がみられた。また、HR の経時変化にも 群間差がみられ、低群の HR の上昇率(10 分~60 分 までの)が 5.4% であったのに対して, 高群では 15.3% と有意に高い上昇率を示した。実験開始時と終 了時の平均気温と平均湿度は, 低群で 14.8 - 15.5℃, 59.3 - 54.2%, 高群で 18.5 - 19.1℃, 60.0 - 53.4% で あった。図3は、歩行中の呼気ガスを10分間隔で分析 した結果を群別の平均値で示している。VE, Vo2,

Table. 1 Age and physical characteristics of two groups depend on percent of maximal oxygen uptake during 60-min walking.

	$\%\dot{V}_{02}$ max $<$ 50 (n=3)		$\%\dot{\text{Vo2max}} > 50$ $(n=5)$	
	\overline{X}	S.D	X	S.D
Age, yr	21.3	1.15	21.4	0.54
Height, cm	156.8	5.12	155.8	3.93
Weight, kg	54.58	4.523	54.91	11.673
Chest girth, cm	82.4	3.53	81.5	7.87
Skinfolds, mm				
Triceps	16.3	2.88	19.7	8.17
Subscapular	19.3	4.07	19.6	9.94
Abdomen	23.8	8.50	24.1	11.00
Total body fat, kg	19.7	3.41	20.1	7.42
Subcutaneous fat, kg	10.9	2.60	11.8	5.42
Internal fat, kg	8.8	2.45	8.3	2.76
Percent body fat,%	35.8	3.31	35.6	5.66
Vo ₂ max, ml/kg/min	40.03	5.522	32.73	2.322

Table, 2	Average values for heart rates, oxygen uptake, percent of
	maximal oxygen uptake, respiratory exchange ratios and
	energy expenditures during 60-min walkings.

	$\%\dot{V}o2max < 50$ $(n=3)$		$\%\dot{V}o^2\max>50$ (n= 5)	
	$\overline{\mathrm{X}}$	S.D	\overline{X}	S.D
Load, m/min	100.0	0.11	100.0	0.11
,steps/60min	8,008.3	607.74	7,761.0	347.96
HR, beats/min	122.5	8.70	136.1*	4.53
Vo2, ml/kg/min	18.2	1.38	18.9	0.74
%Vo2 max	45.7	3.46	58.0**	2.69
RQ	0.82	0.047	0.81	0.026
Energy expenditure, kcal/hr	288.3	40.03	300.2	54.83

^{*}P<0.05, **P<0.01

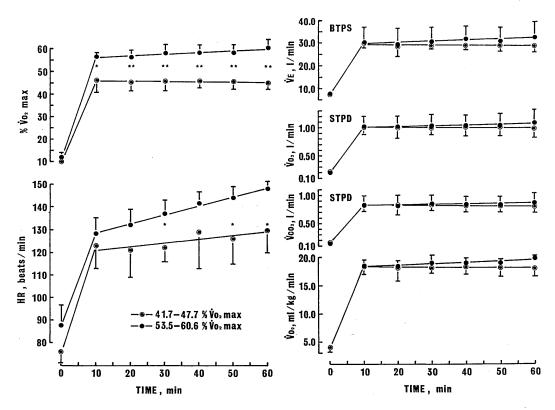


Fig. 2 Average percent of maximal oxygen uptake and heart rates during 60-min walkings.

Fig. 3 Average ventilation, oxygen uptake and carbon dioxide production during 60-min walkings.

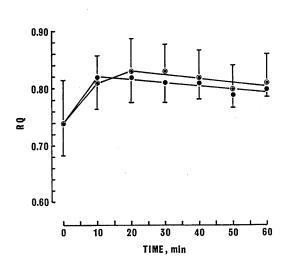


Fig. 4 Respiratory exchange ratios during 60-min walking.

·Vco₂とも高群の方が低群よりやや大きな値を示し, 高群は経時的に漸増する傾向にあった。 図4は、RQ の経時変化を示している。20分~60分までの RQ は, 高群の方が低群よりやや低値を示したが、2群間に有 意差はみられなかった。RQのピーク値は高群で10分 後 (0.82), 低群では 20 分後 (0.83) に出現し、その後 は2群とも直線的に低下して60分後は高群で0.80, 低群では 0.81 であった。 図 5 は、歩行中の血中乳酸濃 度の平均値を15分間隔でプロットし2群間で比較し たものである。2群とも、血中乳酸濃度のピーク値は 15 分後に出現したが、 高群では60 分後までほぼ安静 値水準の濃度で経過したのに対して低群では15分以 後急激に低下し、ピーク値に対する60分値の低下率 は-23.8%であった。その他、歩行中の血清逸脱酵素 (LDH, GOT, CPK), 血清脂質 (総コレステロール, TG) および血清電解質 (Na, Cl, K) の動態を分析し たが、2群の総コレステロール、Na、Clにはほとんど 変化が認められなかった。CPKと TGの動態は2群 とも経時的に上昇する傾向にあったが、いずれも高群 の血中濃度が高く, CPK の 60 分間の上昇率は低群で 12.2%, 高群で14.8%, TGの上昇率は低群で19.0%, 高群では 23.9% であった。LDH と GOT の動態では 2 群間に差がみられ、高群の LDH と GOT がほぼ安 静値水準で60分間推移したのに対して、低群では LDH に 9.7%, GOT に 17.1% の上昇率が認められた。 低群の血糖値は30分後に安静値より8.8%低い値を

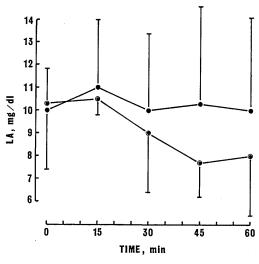


Fig. 5 Venous blood lactate concentrations during 60-min walking.

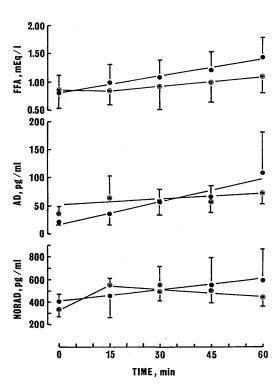


Fig. 6 Changes in serum free faty acid and plasma catecholamine concentrations during 60-min walking.

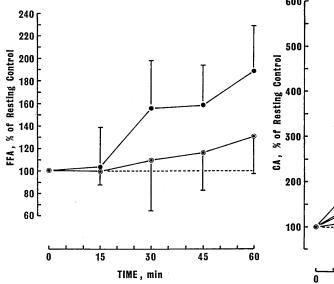


Fig. 7 Percentage changes in concentrations of free faty acid in blood serum during 60-min walking.

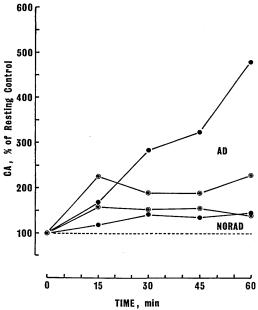


Fig. 8 Percentage changes in concentrations of catecholamine in plasma during 60-min walking.

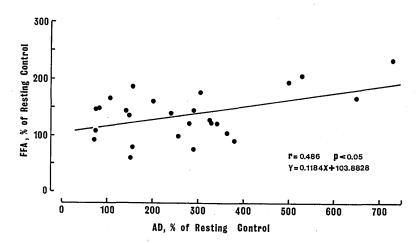


Fig. 9 Relationship between percentage changes in concentra tions of plasma adrenalin and serum free faty acid during 60-min walking.

示し、60 分後には安静値より 1.5% 低い値まで変化し た。高群の血糖値は15分後に安静値より0.4%低い値 を示したが、その後は安静値より 0.5 ~ 0.7% 高い濃 度で推移した。歩行中のインスリン (IRI) 濃度は経時 的に低下し,60分間の低下率は低群で-53.3%,高群 でも-23.2% を示した。図6は,歩行中の遊離脂肪酸 (FFA,mEq/l) とアドレナリン (AD, pg/ml) および ノルアドレナリン(NORAD,pg/ml)濃度の動態を示 している。これらの各血中濃度の2群の平均値間には 有意な差は認められなかったが、経時変化には差がみ られた。 図 7 は、FFA の動態を安静値を 100 とした変 化率で示したものである。歩行開始 15 分後までの FFA 濃度には2群間に差がなくほぼ安静値水準に等 しいが、30分以後は明らかに高群の変化率が大きく、 30 分値と 45 分値は安静値の約 1.6 倍, 60 分値は約 1.9 倍の高濃度に達した。 低群でも FFA 濃度は経時的に 上昇を示したが60分値で安静値の約1.3倍の濃度に すぎなかった。図8は、血中のADとNORADの動態 を変化率で示したものである。NORADの動態には2 群ともそれほど大きな変化はなく、 安静値の約1.5倍

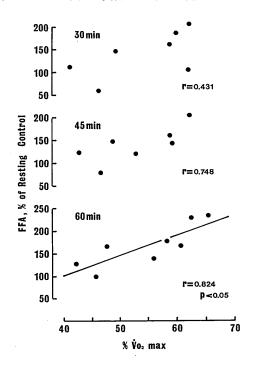


Fig. 10 Relationship between percentage changes in concentrations of serum free faty acid and percent of maximal oxygen uptake during 60-min walking.

程度の上昇率であった。 AD 濃度の変化は高群に顕著で、歩行開始と同時に変化率は直線的に上昇し、30分後には安静値の 2.8 倍、45分後には 3.2 倍、60分後には 4.8 倍の高濃度に達した。低群の AD は 15分後に安静値の 2.3 倍まで上昇したがその後は多少低下し、60分後の濃度も安静値の 2.3 倍にとどまった。 図 9は、全被験者の 15分、30分、45分、60分後における AD と FFA の変化率間の相関をみたものである。歩行中の AD と FFA の変化率間には 5% 水準の有意な相関がみられた。図 10は、歩行の% Vo₂maxと FFA の変化率との間には有意な相関はみられなかったが、60分後では 5% 水準の有意な相関がみられた。

考 察

「歩行」は、ヒトの足の進化によってもたらされた最 も基本的な運動形態である。しかし、現代人は高度に 文明化された社会の中で、この基本的な運動さえも失 いつつある。ただし,歩行を運動として健康処方にと りいれるためには、歩行の強度(速度×時間)が重要 な意味をもっている。とくに,成人病の誘因と考えら れる肥満を予防・治療する歩行強度は十分に検討され る必要がある。本研究は、歩行速度を毎分 100 m (130 歩/分) に限定し、60 分間歩行中の呼吸循環系機能の 応答と血中生化学成分の動態分析から脂質代謝を中心 に検討している。実験条件とした毎分 100 m の歩行速 度は、日本人の日常生活時における歩行速度の平均値 80~90 m/min¹¹⁾ を考慮して, 運動としての効果が期 待できる水準にした。また、歩行時間の60分は先きに 報告した 40 ~ 60% Vo₂max による 60 分間のエルゴ メーター運動時の脂質代謝®の結果と比較する目的 と、脂質代謝が活性化される至適歩行時間を検討する 目的もある。

被験者 8 名の平均身長と平均体重は 156.1 cm と 54.8 kg であり,日本人同年齢の平均値 12 と比較して,身長で 1.1 cm 低く, 体重では 4.9 kg 重い値を示している。従って,重水希釈法による%Fat が示すようにやや肥満傾向にある被験者ということになる。本研究では,全被験者に分速 100 m(130 歩/分)の同一負荷を課したため,各被験者の体力(\dot{V}_{O} max)の差によって 60 分間歩行の相対負荷強度が $41.7 \sim 47.7\%$ \dot{V}_{O} max の群と $53.5 \sim 60.6\%$ \dot{V}_{O} max の群に分類で

きた。従って、本研究は60分間歩行の相対強度が高い群と低い群について比較検討している。60分間の平均分速は両群とも同一であったが、万歩計で測定した歩数には約250歩の差が生じ、エネルギー消費量には12kcalの差が生じた。しかし、これらの差はいずれも統計的に有意なものでないため、両群の負荷はほぼ同一であったと考えることができる。

1. 呼吸循環系機能の動態

同一速度の歩行であっても60分間歩行中の相対強 度は一定ではない。 つまり、相対強度の高い群(高群) の%Vo₂max は10分~60分まで6.9% 漸増している のに対して、相対強度の低い群(低群)では逆に1.2% 漸減している。しかし、HR は両群とも経時的に上昇 する傾向にあり、その上昇率は高群 15.3%, 低群 5.4% で高群の上昇率が顕著である。HRは、同一負荷の長 時間運動では経時的に上昇180し、その上昇は体温の上 昇が関係するいものと考えられている。本実験は15~ 19℃という比較的低温の環境下で実施し、上記と同一 結果を得ているが、 HR の上昇率は歩行の相対強度に 影響されているようである。V_E, Vo₂, Vco₂ の動態も 高群に若干上昇する傾向がみられるが、低群は非常に 安定した状態を示している。 RQ の動態では、 両群の ピーク値出現に10分間の差が生じているが、その後 の経時的な低下傾向はほとんど同じである。しかし、 高群の RQ は低群に比較して常に低値を示しており、 歩行の相対強度が 50% Vo₂max 以上の群ではエネル ギー基質としての脂肪の燃焼比率を増大させているこ とがわかる。

2. 血中生化学成分の動態

歩行の相対強度が 50% Vo₂max 以上を示した高群 の血中乳酸濃度は15分後に安静値より10%高いピー ク値が出現している。しかし、その後は相対強度の経 時的な漸増にもかかわらず、血中乳酸濃度はほぼ安静 値水準で経過し、乳酸濃度の上昇はみられていない。 このような乳酸の動態は、先きに報告したエルゴメー ター実験100と同一の結果を示し、中等度の一定負荷に よる長時間運動ではすでに明らかにされているもので ある5,60。一方,血清逸脱酵素の急増は運動中の脱水や 局所の組織の破壊などが影響すると考えられてい る^{1),16)}。 しかし,50~60% Vo₂max の 60 分間歩行で は、CPK の 15% 上昇以外に変化はみられない。従っ て、血中乳酸の動態とあわせて、この程度の歩行は明 らかに有酸素運動で激しいものではなく肝や心におけ る組織の破壊を考える必要はない。このような最大下 の長時間運動に必要とされる重要なエネルギー源は、

血中または筋中の TG および FFA である3,23)。運動時 の脂質代謝には脂肪組織における TG の分解と、これ により生じる FFA の放出が重要な役割をはたしてい る。持久性運動では、主として赤筋の TG がエネル ギー代謝に重要な役割を果している2,8が,60分程度 の中等度同一負荷運動では血中の TG に有意な増加は みられない⁹と報告されている。本研究では、50% Vo₂max 以上の群に 23.9%, それ以下の群に 19.0% の TG 上昇率がみられたがいずれも統計的に有意な増加 ではない。一方, FFA の放出量は歩行開始 15 分後か ら相対強度による差が顕著になっている。すなわち、 50% Vo₂max 以上の群では FFA 濃度が 30 分後に安 静値の 1.6 倍, 60 分後には 1.9 倍に達しているのに対 して, 50% Vo₂max 以下の群では 60 分後も 1.3 倍に すぎない。 50% Vo₂max 以上の 60 分間歩行時におけ る FFA の動態は、先きに報告した 44 ~ 62% · Vo₂max 強度の 60 分間エルゴメーター運動時の動 態®と一致している。 これらの結果と後述する AD分 泌の促進という点からも,50% Vo₂max 強度以上の歩 行が FFA の放出量を増大させることがわかる。一方, 血糖の動態は60分間の歩行中ほとんど安静値水準で 推移していることからエネルギー基質としての糖質の 利用度はきわめて低いといえる。

3. 血中のホルモン動態

IRI の動態は、60 分間の歩行中経時的に低下してい る。このことは、先きに報告したエルゴメーター実験 時の IRI 動態¹⁰⁾と同様である。すなわち、IRI の低下は 50% Vo₂max 以上の歩行運動が多量の FFA 供給を必 要としているため、脂肪組織に対する Catecholamine などの脂肪動員促進ホルモンの作用を妨げないた めの生体反応^{15),19)}であると考えられる。Catecholamine は運動開始後の早い時期から上昇し、脂肪組織か らの FFA 動員を促進すると考えられている。 歩行の 相対強度が 50% Vo₂max 以下の群でも, AD 濃度は歩 行開始と同時に急激に上昇してはいるが、15分以後は 上昇せずにほぼ 15 分値 (安静値の約2倍) で推移して いる。それに対して、50% Vo₂max 以上の群では先き に報告した 44 ~ 62% Vo₂max 強度の 60 分間エルゴ メーター運動¹⁰⁾と同様に AD が歩行終了時まで指数関 数的に上昇している。 一方, 歩行中の AD 変化率は FFA の変化率と高い相関を示しており、50% Vo₂max 相当の歩行強度があれば AD の多量分泌によ る FFA が多量に放出されていることがわかる。 FFA の多量放出は TG の分解が促進されたことを意味し、 脂質代謝が活性化したことを示唆している。しかし、

本実験ではケトン体の分析を行なっていないため FFA がどの程度エネルギーとして利用されたかは明らかではない。これらの結果から脂質代謝を活性化させる歩行強度は 50% \dot{V}_{02} max を必要条件としていることがわかる。ただし,歩行の相対強度と FFA の放出量との相関は 60 分値のみにみられることから,50% \dot{V}_{02} max 強度の分速 100 m 歩行では,脂質代謝亢進のために 60 分近い所要時間を必要としているようである。

要 約

本研究は、 $20\sim22$ 歳までの女子大学生 8 名を対象に分速 100~m の 60 分間歩行時における脂質代謝を、呼吸循環系機能と血中生化学成分やホルモン動態の面から検討した。

結果は, 次のように要約できる。

- 1. 被験者 8 名は, 60 分間歩行時の平均相対強度が 58.0% Vo₂max の高群 5 名と 45.7% Vo₂max の低群 3 名の 2 群に分類できた。
- 2. 高群と低群の身体特性に差はみられず、低群の $\dot{V}o_2$ max (40.03 ml/kg/min) が高群のそれ(32.73 ml/kg/min)より有意に高い値を示した。
- 3. 60 分間の平均心拍数は低群で 122.5 拍/分, 高 群で 136.1 拍/分であった。
- 4. 高群と低群の60分間の酸素摂取量 (ml/kg/min) や呼吸交換比 (RQ) の平均値間に有意な差はみられず,エネルギー消費量も高群で300.2 kcal/hr,低群で288.3 kcal/hrで有意差はみられなかった。
- 5. 心拍数の経時変化は高群に顕著で,60分間の上 昇率は15.3%,低群の上昇率は5.4%であった。
- 6. 呼吸交換比のピーク値は高群(0.82)で10分後に低群(0.83)で20分後に出現したが、その後は2群とも直線的に低下して60分後は高群で0.80、低群では0.81であった。
- 7. 歩行中の血中乳酸濃度のピーク値は2群とも15 分後に出現したが、その後は高群でも安静値水準の濃 度で推移した。
- 8. 総コレステロール、Na、Cl には 2 群ともほとんど変化が認められず、CPK と中性脂肪は経時的に上昇する傾向にあった。高群の LDH と GOT はほぼ安静値水準で 60 分間推移した。
- 9. 歩行中の血糖値は2群とも安静値水準かやや低い値で推移し、インスリン濃度は60分間で顕著に低下した。

- 10. 遊離脂肪酸の動態では,歩行開始 15 分後までの 濃度には 2 群間に差がなくほぼ安静値水準に等しい。 しかし,30 分以後は明らかに高群の変化率が大きく, 30 分値と 45 分値は安静値の約 1.6 倍,60 分値は約 1.9 倍の高濃度に達した。低群でも遊離脂肪酸濃度は経時 的に上昇したが 60 分値で安静値の約 1.3 倍の濃度に すぎなかった。
- 11. 歩行中のアドレナリン濃度の変化は高群に顕著で、歩行開始と同時に直線的に上昇し、30 分後には安静値の 2.8 倍、45 分後には 3.5 倍、60 分後には 4.8 の高濃度に達した。低群の濃度は 60 分後でも安静値の 2.3 倍にとどまった。
- 12. ノルアドレナリンの動態には2群ともそれほど大きな変化はなく、安静値の約1.5倍程度の上昇率であった。
- 13. 歩行中のアドレナリンと遊離脂肪酸の変化率間には 5 % 水準の有意な相関がみられた。
- 14. 歩行開始 30 分後と 45 分後の%Vo₂max と遊離 脂肪酸の変化率との間には有意な相関はみられず, 60 分後では 5 % 水準の有意な相関がみられた。

本研究は、昭和61年度特定研究「健康処方の適用と効果に関する総合的研究」の一部である。

参考文献

- Ahlborg, B. and J. Brohult: Immediate and delayed metabolic reaction in well-trained subjects after prolonged physical exercise. Acta Medica Scand., 182:41-54, 1967.
- Baldwin, K. M., J. S. Reitman, R. L. Terjung, W. W. Winder and J. O. Holloszy: Substrate depletion in different types of muscle and in liver during prolonged running. Am. J. Physiol., 225:1045-1050,1973.
- 3) Carlson, L. A. and F. Mossfeldt: Acute effects of prolonged, heavy exercise on the concentration of plasma lipids and lipoproteins in man. Acta Physiol. Scand., 62:51-59, 1964.
- Christy, J. H. and S. D. Clements, Jr.: The heart, arteries and veins. 4th Ed. Edited by Hurst, J. W., Pheochromocytoma and related disorders. McGraw-Hill Book Company, New York, 1746-1747, 1978.
- 5) Costill, D. L.: Metabolic responses during dis-

- tance running. J. Appl. Physiol., **28**:251—255, 1970.
- Davies, H., N. Gazetopoulos and C. Oliver: Ventilatory and metabolic response to graduated and prolonged exercise in normal subjects. Clin. Sci., 29:443-452, 1965.
- Ferguson, B. W. and M. M. Guest: Exercise, physical conditioning, blood coagulation and fibrinolysis. Thromb. Diath. Haemorrh. 31: 63-71, 1974.
- 8) Froberg, S. O. and F. Mossfeldt: Effect of prolonged strenuous exercise on the concentration of triglycerides, phospho-lipids and glycogen in muscle of man. Acta Physiol. Scand., 82:167-171. 1971.
- 9) Kaijser, L., B. W. Lassers, M. L. Wahlqvist and L. A. Carlson: Myocardial lipid and carbohydrate metabolism in fasting men during prolonged exercise J. Appl Physiol., 32:847-858, 1972.
- 10) 小宮秀一, 大柿哲朗, 藤野武彦, 金谷庄蔵, 森田 ケイ, 近藤佳子: 肥満者の長時間運動時における 呼吸循環系機能とホルモン動態, 健康科学, 9: 97-107, 1987。
- 11) 今野道勝, 吉水 浩, 安永 誠, 大坂哲朗, 千綿 俊機, 増田卓二:日本人とネパール人の歩行に関 する健康科学的比較研究, 健康科学, **2**:33 -39, 1980。
- 12)厚生省保健医療局健康増進栄養課編:国民栄養の 現状,第一出版,東京,140 - 142,1987。
- 13) Maron, B. J., W. C. Roberts, H. A. McAllister, D. R. Rosing and S. E. Epsten: Sudden death

- in young athletes. Circulation, **62**:218-229, 1980
- 14) 松木 **駿**:肥満症の病態生理,日本医事新報, **1786**:16-27,1958。
- 15) Porte, D., Jr.: A receptor mechanism for the inhibition of insulin release by epinephrine in man. J. Clin. Invest., 46:86-94, 1967.
- 16) Rose, L. I., J. E. Bousser and K. H. Cooper: Serum enzymes after marathon running. J. Appl. Physiol., 29:355-357, 1970.
- 17) Rowell, L. B., J. A. Murray, G. L. Brengelmann and K. K. Kraning: Human cardiovascular adjustments to rapid changes in skin temperature during exercise. Circulation Res., 24:711-724, 1969.
- Saltin, B. and J. Stenberg: Circulatory response to prolonged severe exercise. J. Appl. Physiol., 19:833-838, 1964.
- Vendsaln, A.: Studies of adrenaline and noradrenaline in human plasma. Acta Med. Scand., 49, suppl. 173:1-123, 1960.
- 20) Waller, B. F. and W. C. Roberts: Sudden death while running in conditioned runners aged 40 years or over. Am. J. Cardiol., 45: 1292-1300, 1980.
- 21) 山村雄一,森本靖彦:肥満の病態生理,診断と治療,55:871 886,1967。
- 22) 矢野三郎, 中尾皖英:肥満症の分類とその診断, 臨床科学, 11:815 - 821, 1975。
- 23) Zierler, K. L.: Fatty acids as substrates for heart and skeletal muscle. Circulation Res., 38:459-463, 1976.