

# 歩行と生体反応に関する研究

—歩行速度と呼吸循環反応—

川上 雅之・荒木 直彦・猪木原孝二・松原 孝・岩崎 英人\*

倉敷芸術科学大学教養学部

\*山陽学園大学比較文化学部

(1996年9月30日 受理)

## I. 緒言

我々人間は、日常の生活活動において歩行という手段で主からだの移動をしている。歩行という移動手段は、からだを移動するための生活活動のみならず、生体に外的な運動刺激を与えるものであり、生体機能に果たす役割は非常に有益な意義をもつものである<sup>1) 14) 28-31)</sup>。つまり歩行という外的な刺激は、運動という刺激を生体に与えることによって、生体機能の促進をはかり新陳代謝を活発にすることから、からだの組織細胞を活性化させる働きがある<sup>1) 5) 8) 14) 18) 19) 29-32)</sup>。同時に運動という刺激は、身体各所の臓器を動員、活用することから身体の機能を強化する刺激剤にもなるのである<sup>1) 8) 19) 29) 30)</sup>。この日常生活の中における生体刺激は、我々人間がからだを生命体として維持するためには、必要不可欠の生活必修条件といえる生活活動なのである。米国の医学者であるCooperは、有酸素運動がからだに与える影響を治療的及び矯正的な価値から取り上げ、エアロビクスエクササイズという健康推進運動として世の中に提唱した<sup>19)</sup>。エアロビクスエクササイズは、運動をすることによって多くの酸素をからだの中に取り込み、体内の血液循環を促進し新陳代謝をはかり、組織細胞の活性化及び身体機能の強化をはかる手段として有益な効果を及ぼすものである<sup>8) 19)</sup>。Cooperは、その生活活動をエアロビクスエクササイズという健康運動として運動形式化したのである<sup>19)</sup>。しかし近年の交通機関の発達は、人間がからだを移動する手段である歩行を乗り物に変え、人間が本来備えている生活活動としての歩行を減少させつつある。それは、運動不足という現象を招来すると同時に、食生活の改善及び飽食化とともにエネルギー収支のバランスを崩し、肥満という生活習慣病予備軍を幅広い年齢層に蔓延させる結果となった<sup>1)</sup>。さらに歩行という生体への運動刺激が減少したことは、からだの組織細胞の活性化に影響を及ぼし、各種の身体機能を低下させ、生活体力である行動体力及び防衛体力にまで影響を及ぼしている<sup>1) 8) 19)</sup>。これは、我々人間が限られた生存期間の中で、快適な社会生活及び健康生活を営んで行くうえで考えなければならない重要な問題といえる。とくに歩行は、からだを移動する生活手段であると同時に、人間が本来備えているところの基本的な欲求である運動欲求も充足するものである<sup>1) 4) 5) 8) 19) 32)</sup>。

人間の歩行は、通常ぶらぶら歩きに始まり、普通の歩行、さらには早歩き、そして駆け足と

いう生活状況に応じた中で歩行速度が決定されるものである。歩行速度は、生体への運動強度を決定すると同時に、生体刺激の影響度を示すものである<sup>1) 8) 19)</sup>。つまり歩行速度の相違は、生体の活動代謝の相違でもある<sup>1) 8) 16) 19) 20) 25) 29) 30) 32)</sup>。では、日常の生活活動としての歩行が、生体にどの程度の運動刺激として加わっているかということである。日常生活の歩行が生体に与える影響についての研究報告は、過去に各種の研究資料がみられるが、日常の歩行をエアロビクスエクササイズという健康運動として取り上げた資料は少ない<sup>1) 5) 8) 19)</sup>。

以上のような観点から、今回は日常の生活活動としての歩行運動が、生体に与える影響について究明する目的で実験した。実験において究明したことは、歩行速度の相違によって起こる生体代謝反応から、運動時の有酸素運動領域及び無酸素運動領域の歩行速度を明確にし、エアロビクスエクササイズとしての適正な運動強度の追求である。

## II. 実験方法

### 1) 被験者

被験者は、年齢が $18.8 \pm 0.8$ 才の男子大学生 6 名を対象者にした。今回の実験は、基礎資料として被験者の最大酸素摂取量（以下 $\dot{V}O_{2max}$ と称す）を測定する必要があることから、身体的に健康で日常生活に運動習慣をもっている陸上競技部に所属する学生を被験者に選んだ。

表 1 は、被験者の身体的特性について示したものである。

表 1. 被験者の身体的特性

被験者	身長 (cm)	体重 (kg)	体脂肪率 (%)	最大酸素摂取量 (ml/k.m.)	最大心拍数 (beats/m.)	最大換気量 (l/m.)	最大心拍量 (l/m.)
A	167.4	64.3	8.7	63.1	187	133.3	26.8
B	174.5	54.0	5.6	64.7	188	108.5	24.8
C	168.9	60.2	3.0	59.7	196	134.1	25.2
D	172.5	59.9	8.5	62.4	178	128.2	24.9
E	165.1	54.5	4.6	57.7	191	102.7	22.9
F	171.7	55.3	4.3	68.5	192	108.4	26.1
平均	170.0	58.0	5.8	62.7	188.7	119.2	25.1
偏差	3.2	3.7	2.1	3.5	5.6	13.0	1.2

### 2) 実験の方法

実験は、通常のぶらぶら歩き（60m/min.：以下T 1と称す）、普通の歩行（70m/min.：以下T 2と称す）、少し早い歩行（80m/min.：以下T 3と称す）、さらに早い歩行（100m/min.：以下T 4と称す）、そして駆け足に近い歩行（120m/min.：以下T 5と称す）、さらにはもう少し早い駆け足歩行（140m/min.：以下T 6と称す）の 6 種類の異なる歩行速度について実験した。実験は、1日に1テストと限定して実施した。

歩行実験は、実験室内のトレッドミルにより歩行速度を設定して実施した。測定の手順は、まず座位で安静値を3分間測定した後、準備歩行を1分間、速度歩行を5分間、速度歩行後1分間の終了歩行、歩行終了後3分間の回復期における呼吸循環反応を測定した。実験データは、5分間の速度歩行における生体反応を今回の歩行テストの数値として採用した。呼吸代謝の測定は、英国モーガン社のベンチマーク式呼吸代謝システムにより運動時のガス代謝を連続的に採集した。また心電図及び心拍数の測定は、米国マーケット社のCASE15（10極誘導）により連続的に記録した。測定項目の主なものは、体重1 kg及び1分間当たりの酸素摂取量（以下 $Vo_2/k. m.$ と称す）、1分間当たりの酸素摂取量（以下 $Vo_2/m.$ と称す）、1分間当たりの二酸化炭素の産出量（以下 $Q_{CO_2}$ と称す）、1分間当たりの呼吸換気量（以下 $VE$ と称す）、1分間当たりの心拍数（以下 $HR$ と称す）、1分間当たりの心拍出量（以下 $Q$ と称す）、1回の心拍出量（以下 $SV$ と称す）及び1分間当たりの乳酸産出量（以下 $Lac.$ と称す）等の生体代謝及び生体反応について分析した。

### Ⅲ. 実験結果

#### 1) 体重当たりの酸素摂取量 ( $Vo_2/k. m.$ )

図1は、被験者における歩行速度別の $Vo_2/k. m.$ の動向について示したものである。これは、被験者間の体重格差をなくする意味で体重1 kg当たり、1分間当たりの酸素摂取量について比較したものである。各々の歩行速度における被験者間の $Vo_2/k. m.$ は、被験者AのT1及びT4のテスト、被験者FのT4のテストの数値が他の被験者に比較して低い値を示しているが、他の被験者においては各テストともほぼ同程度の $Vo_2/k. m.$ を示している。

全体的な傾向としては、T1からT4のテストにおける $Vo_2/k. m.$ の動向は比較的安定した横ばいの定常状態を示している。数値的には、被験者の最大運動下における体重当たりの $Vo_{2max}$ に対して約25%程度の $Vo_2/k. m.$ に相当する数値が確認された。しかし、T5及びT6のテストにおいては、急激な $Vo_2/k. m.$ の増加が認められるようになった。これは、被験者の最大運動下における体重当たりの $Vo_{2max}$ に比較して約35%以上の $Vo_2/k. m.$ に相当する数値といえる。

#### 2) 1分間当たりの酸素摂取量 ( $Vo_2$ )

図2は、被験者における歩行速度別の1分間当たりの $Vo_2/m.$ の動向について示したものである。これは、被験者の体重格差を考慮した $Vo_2/k. m.$ に対して、体重格差を無視した全体的な $Vo_2/m.$ である。被験者Fの動向は、他の被験者に比較して全体的に少ない $Vo_2/m.$ ですべて

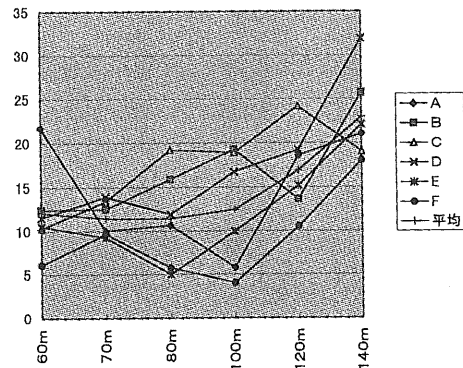


図1. 体重及び1分間当たりの酸素摂取量 ( $Vo_2/k. m.$ ) の動向

の歩行運動が遂行されている。しかし、各々の歩行速度における被験者間の $\text{Vo}_2/\text{m}$ は、被験者A及びFのT4のテスト、被験者EのT3のテストの $\text{Vo}_2/\text{m}$ が他の被験者に比較して低い値を示しているが、他の被験者においては各テストともほぼ同程度の $\text{Vo}_2$ を示している。全体的な傾向としては、T1からT4のテストにおける $\text{Vo}_2$ の動向は比較的安定した横ばいの定常状態を示している。数値的には、歩行速度の増加にともない $\text{Vo}_2/\text{m}$ の値もわずかに上昇傾向が認められる。しかし、T5及びT6のテストにおいては、急激に $\text{Vo}_2/\text{m}$ の数値も増加し、被験者の最大運動下における1分間当たりの $\text{Vo}_{2\text{max}}$ に比較して約27%程度の $\text{Vo}_2/\text{m}$ に相当する数値が認められるようになった。

### 3) 二酸化炭素の産出量 ( $\text{Qco}_2$ )

図3は、各被験者における歩行速度別の1分間当たりの $\text{Qco}_2$ の動向について示したものである。各々の歩行速度における被験者間の $\text{Qco}_2$ は、被験者A及びFのT4のテストの $\text{Qco}_2$ が他の被験者に比較して低い値を示しているが、他の被験者においては各テストともほぼ同程度の $\text{Qco}_2$ を示している。全体的な傾向としては、T1からT4のテストにおける $\text{Qco}_2$ の数値は比較的安定した横ばいの定常状態を示している。数値的には、歩行速度の増加にともない各テストとも $\text{Qco}_2$ の値がわずかに上昇傾向を示した。しかし、T5及びT6のテストにおいては、被験者の最大運動下における $\text{Qco}_2$ に対して約22%以上の $\text{Qco}_2$ に相当する数値が認められるようになった。とくにT6のテスト

### 4) 呼吸換気量 (VE) の動向

図4は、各被験者における歩行速度別の1分間当たりのVEの動向について示したものである。各々の歩行速度における被験者間のVEは、被験者DのT4のテストのVEが他の被験者に比較して大きい値を示している

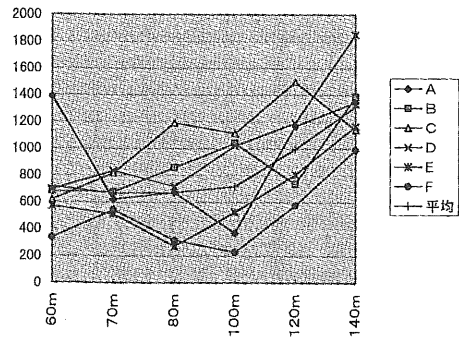


図2. 1分間当たりの酸素摂取量 ( $\text{Vo}_2/\text{m}$ ) の動向

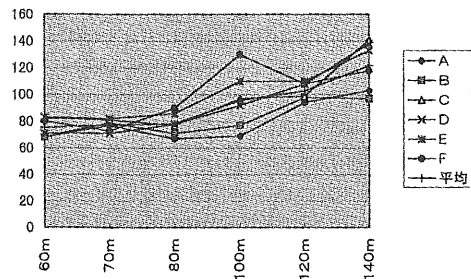


図3. 1分間当たりの二酸化炭素の産出量 ( $\text{Qco}_2$ ) の動向

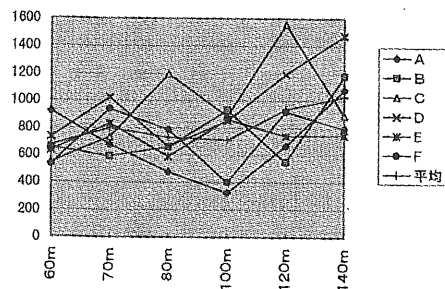


図4. 1分間当たりの呼吸換気量 (VE) の動向

が、他の被験者においては各テストともほぼ同程度のVEを示している。全体的な傾向としては、T1からT5のテストにおけるVEの値は比較的安定した横ばいの定常状態が認められる。しかしT6のテストにおいては、非常に急激なVEの増加が確認された。これは、被験者の最大運動下における1分間当たりのVEに対して約36%以上のVEに相当する数値といえる。またT6のテストにおけるVEの平均は、T5のテスト平均値に対して倍の数値を示すようになった。

#### 5) 心拍数 (HR) の動向

図5は、各被験者における歩行速度別のHRの動向について示したものである。各々の歩行速度における被験者間のHRは、被験者FのT4のテストのHRが他の被験者に比較して大きな値を示しているが、他の被験者においては比較的安定した状態であり、歩行速度の増加にともないHRも段階的な上昇傾向が認められた。全体的な傾向としては、T1

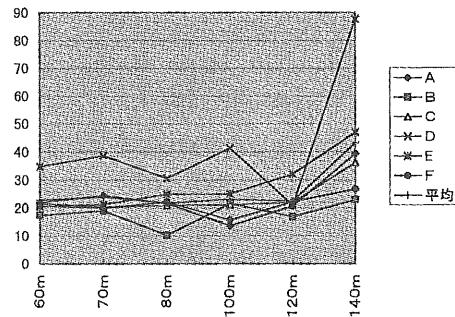


図5. 1分間当たりの心拍数(HR)の動向

からT3のテストにおけるHRは比較的安定した横ばいの定常状態を示しているが、T4、T5及びT6のテストにおいては歩行速度の増加にともない大きく上昇する傾向が認められた。とくにT6のテストにおいては、被験者の最大運動下における1分間当たりのHRに比較して約64%以上のHRに相当する数値が認められるようになった。

#### 6) 心拍出量 (Q) の動向

図6は、各被験者における歩行速度別のQの動向について示したものである。これは、1分間当たりに心臓から拍出される全体的な血液量を比較したものである。各々の歩行速度における被験者間のQは、被験者A及びFのT4のテスト、被験者EのT3のテストのQが他の被験者に比較して低い値を示しているが、他の被験者においては各テストともほぼ同程度のQを示した。全体的な傾向としては、T1からT4のテストにおけるQは比較的安定した横ばいの定常状態を示しているが、T5及びT6のテストにおいては急激な上昇傾向が認められる。これは、被験者の最大運動下におけるQに比較して約49%以上のQに相当する数値であった。

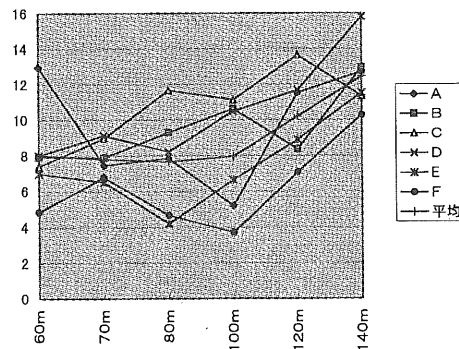


図6. 1分間当たりの心拍出量 (Q) の動向

#### 7) 1回心拍出量 (SV) の動向

図7は、各被験者における歩行速度別のSVの動向について示したものである。これは、1

分間あたりに心臓から拍出される全体的な血液量に対して、1回に心臓から拍出される血液量について比較したものである。各々の歩行速度における被験者間のSVは、被験者EのT3のテスト、被験者A及びFのT4のテストが他の被験者に比較して低い数値を示しているが、他の被験者においては各テストともほぼ同程度のSVを示した。全体的な傾向としては、T1からT4のテストにおけるSVは比較的安定した横ばいの定常状態を示しているが、T5及びT6のテストにおいては被験者の最大運動下におけるSVに比較して約50%以上のSVに相当する数値が認められるようになった。とくにT6のテストにおいては、急激なSVの増加が確認された。

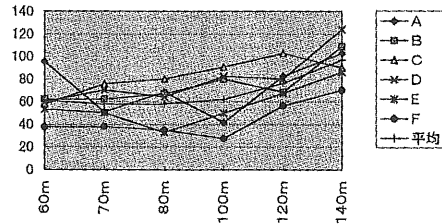


図7. 1回心拍量 (SV) の動向

8) 乳酸産出量 (Lac.) の動向

図8は、各被験者における歩行速度別のLac.の動向について示したものである。各々の歩行速度における被験者間のLac.は、他の生体反応に比較して被験者間の個人差が大きいものであった。中でも被験者Dにおいては、T1のテストからLac.が非常に高い数値を示している。平均値の傾向としては、T1からT5のテストにおけるLac.の数値は比較的安定した横ばいの定常状態を示しているが、T6のテストにおいては急激に産出量の増加が確認されるようになった。これは、被験者の最大運動下におけるLac.に比較して約29%以上のLac.に相当する数値といえる。

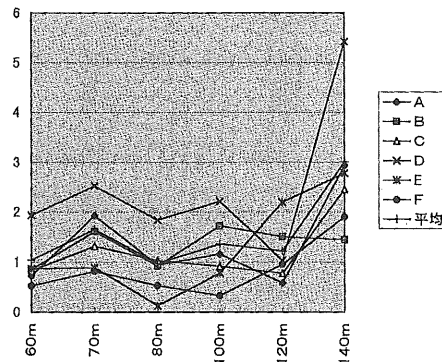


図8. 1分間当たりの乳酸値 (Lac.) の動向

#### IV. 考察

歩行時の生体反応は、運動刺激として各種の生体代謝の中で身体活動が維持されるものである<sup>1) 8) 10) 14) 19) 25)</sup>。とくに身体活動を維持するための中心的な役割は、呼吸循環機能が中心になって生体を維持し運動を継続するものである<sup>8) 14) 16) 19) 29-32)</sup>。運動時に中心となる呼吸循環代謝は、生体を維持するために体内により多くの酸素を取り込み、体中に酸素を供給するための原動力になる<sup>8) 29) 30) 32)</sup>。そして活動代謝の結果、生じた代謝産物を分解し、それらを体外に排泄する重要な生体機能である<sup>23) 24) 29)</sup>。とくに、生体の活動代謝を観察するうえで着目すべき物質は、運動によって起こる $\text{Vo}_2/\text{m.}$ 及び $\text{Vo}_2/\text{k. m.}$ の生体反応と活動時に生体内に生じる $\text{Qco}_2$ 及びLac.の代謝産物の動向と考えられる<sup>2) 3) 6) 7) 9) 11-15) 17) 21) 22) 26) 27)</sup>。今回の実験は、歩行という運動刺激を生体に加えることによって、生体内に生じる各種の生体反応を歩行速度との関係から考察し

たものである。我々人間が日常生活においてからだを移動するための歩行速度は、年齢、性別、体格及び各種の生活状況によって異なるが、成人においては分速70mから80mの範囲で生活歩行をしているといわれる<sup>1) 8) 19)</sup>。歩行時の生体反応について分析した資料は、各種の研究報告がみられるが日常生活における歩行運動を、生体に加わる運動刺激あるいは生体反応として取り上げて、分析した資料は非常に少ない<sup>1) 8) 19) 30)</sup>。また、歩行動作をエアロビクスエクササイズという健康運動として取り上げ、生体への影響について追求した資料も少ない<sup>1) 30)</sup>。では、我々人間が日常の生活活動において、実際にからだを移動するために歩行する速度はどの程度のものであろうかということである。そこで我々は、人間が日常生活においてからだを移動するために歩行する速度を、各種の環境条件及び生活状況から調査したところ、一般的な生活活動に活用している歩行速度は分速60mから140mの範囲の中で移動していることが確認できた。今回は、それらの歩行速度の範囲を明確に区分したうえで、各種の歩行速度における生体反応をエアロビクスエクササイズという観点から取り上げて分析した。つまり、歩行速度が運動強度として、生体に及ぼす有酸素運動領域及び無酸素運動領域という運動強度の究明である。両者の境界領域を運動強度から明確にすることは、日常の生活活動としての歩行を、エアロビクスエクササイズという健康運動として進めるうえで非常に重要なものと考えられる。この考え方は、運動不足の傾向にある現代社会において、日常生活の歩行運動をエアロビクスエクササイズという健康生活運動と併用する考え方に出発するものである<sup>1) 19)</sup>。エアロビクスエクササイズとしての歩行は、有酸素運動領域の中で身体機能が一定の状態を維持され、生体代謝としての代謝産物が分解されながら運動が継続されるものでなければならない<sup>8) 19)</sup>。逆に、運動時の生体代謝産物が分解されないまま体内に蓄積し、運動が継続されるようなものであっては、エアロビクスエクササイズという運動領域から外れるものである<sup>8) 19)</sup>。これらの運動領域の基本的概念を基礎に、今回の歩行実験を実施し生体代謝及び生体反応を分析した。その結果、今回の実験により確認できたことは、我々が通常からだを移動するための歩行速度である分速60mから80mの範囲における生体反応は、とくに大きな身体機能の昂進及び変化は認められないということである。つまり、この範囲における運動は、身体機能が一定の状態に運営される定常状態の成立する有酸素運動領域である<sup>8) 19) 29) 30)</sup>。それは、運動時における $VE$ 、 $Vo_2/m$ 及び $Q$ の呼吸循環代謝の動向が安静値に近い状況を示し、比較的低い活動代謝のレベルの中で運動が継続されている。これは、運動の形式としては、身体機能が比較的低い自動運動というレベルの運動強度と考えられる<sup>8) 18) 28) 29) 30)</sup>。また、体内に産出する代謝産物においても、 $Qco_2$ 及び $Lac$ ともに大きな産出量もなく比較的低いレベルの状況で運動が継続されている。したがって、分速60mから80mの範囲における歩行運動は、運動強度と生体代謝という観点から考えて、エアロビクスエクササイズという運動領域の中で身体機能が維持される。しかし、生体への運動刺激ということから考えた場合、身体機能の昂進はあるものの負荷強度としては低いレベルの運動強度であるといえる。これは、Astrand等が報告しているところの、生体への運動効果が現れる生体刺激としての $50\%Vo_{2max}$ に比較して、 $Vo_2/k.m$ 及び $HR$ 等の数値が低いものである<sup>8)</sup>

<sup>18) 19) 29)</sup>。したがって、生体に効果を及ぼす運動刺激としては、低いレベルの運動強度であると判断するものである。そして、分速100mに歩行速度を速めた場合の生体反応は、身体機能の昂進が分速60mから80mの範囲の歩行運動に比較して、高いレベルで活動代謝が営まれている。しかし、ここにおいてもAstrand等が報告するところの生体刺激としての運動強度である50%  $Vo_{2max}$ に比較して、 $Vo_2/m.$ 、 $Vo_2/k. m.$ 及びHR等の値が低い状況であり、生体の活動代謝は比較的低いレベルによって運動が遂行されているといえよう<sup>8) 18) 19) 29)</sup>。問題は、今回の実験が5分間という時間を限定した分析であり、歩行時間と生体代謝について分析していないので、一概に運動強度を断定することはできないが有酸素運動領域の範囲で運動が継続している状況のものであった<sup>3) 26) 30)</sup>。したがって、エアロビクスエクササイズという観点からいうところの歩行運動としては、比較的低い生体反応のレベルの運動強度と考えられる。さらに分速120m及び140mの歩行運動は、運動動作としては歩行というよりもジョギングに近い運動速度であるが、分速60mから100mの範囲における生体反応とは異なる各種の生体機能の昂進と代謝産物の産出が確認されるようになった。これは、運動強度が有酸素運動領域から無酸素運動領域に近い生体反応の様相を呈しているものと判断できる<sup>2) 3) 7) 14) 16) 18) 26)</sup>。とくに分速140mにおいては、運動時における $Vo_2/m.$ と $Qco_2$ の値が非常に接近した状況が発現しており、酸素の取り込みに対して二酸化炭素の産出が同等に近い状態になっている。これは、生体代謝としても運動強度が有酸素運動領域から無酸素運動領域に近い状況になっているものであり、運動刺激としても生体に大きな活動代謝を要求し始めているものである<sup>8) 18) 19) 21) 24)</sup>。また、Lac.においても、生体内に多くの産出量が確認されるようになり、生体代謝における分解機能が遅延している状況を伺うことができるようになった<sup>21) ~24)</sup>。これは、Astrand、Cooper及びCostill等がいうエアロビクスエクササイズとしての生体反応及び筋肉活動の状況と同様の様相を示しているものである<sup>8) 19) 21) ~25)</sup>。これらの状況は、運動強度として有酸素運動領域から無酸素運動領域に近い運動下の状況にあることを示しているものであり、運動刺激としても比較的強いストレスが生体に加えられていることを意味するものである。したがって、今回の日常生活における歩行速度をエアロビクスエクササイズという観点から考えた場合、各種の生体反応から考えて分速100m以上、かつ分速140m以内の速度でからだを移動すれば、日常の歩行運動が生体に影響を及ぼすエアロビクスエクササイズとして活用できる運動強度といえることができる。

## V. 要約

今回は、日常生活における歩行運動を生体刺激という観点から、運動が生体に与える影響について究明する目的で実験したところ、歩行速度が生体代謝に及ぼす影響について若干の資料が把握できたので報告する。

1. 分速60mから100mにおける歩行速度は、運動時の活動代謝において生体内に代謝産物を蓄積しないで、歩行運動を継続することが可能な有酸素運動領域のものであった。しかし、エアロビクスエクササイズという観点から考えるとところの生体刺激としては、運動強度が



低いレベルのものであった。(P<0.5)

2. 分速120m及び140mの歩行速度においては、身体機能に顕著な機能の昂進が認められるようになり、生体内に生じる代謝産物であるQco<sub>2</sub>及びLac.が増加し、分解能力を遅延させる様相が認められるようになった。とくにVo<sub>2</sub>/m.とQco<sub>2</sub>の値が接近し、同時にLac.の動向にも大きな変化が認められるようになった。これは、運動強度が有酸素運動領域から無酸素運動領域に近い状況を指針する生体反応であった。(P<0.05)
3. 以上のことから、日常生活の中における歩行をからだの移動手段と考えるならば、歩行速度は分速60mから100mの範囲で移動すれば、生体内に代謝産物であるQco<sub>2</sub>及びLac.等の疲労物質も蓄積しないで生活することができる。しかし、日常生活の歩行を健康運動としてのエアロビクスエクササイズと併用すると考えるならば、分速100m以上、140m以内の速度で移動すれば、生体にエアロビクスエクササイズとしての生体刺激が期待できるものと考えられる。

#### 参考文献

- 1) 青木高他：21世紀の健康・体力作り，71-73，135-145，大修館，1990
- 2) Ahlberg B., et al., : Muscle glycogen and muscle electrolytes during prolonged physical exercise. Acta Physiol. Scand. 70, 129-142, 1967
- 3) 浅比奈一男他：作業強度の生理的水準について，体力科学，20，190-197，1971
- 4) 浅見俊雄他：スポーツトレーニング，40-195，朝倉書店，1985
- 5) 石河利寛：スポーツとからだ，103-140，岩波書店，1991
- 6) 岩崎英人・川上雅之他：心拍数から考える組み合わせトレーニングと運動強度—インターバルトレーニング形式による—，山陽論叢 第1巻，37-47，1994
- 7) 榎本豊・川上雅之：VO<sub>2</sub>maxから推定するロングインターバル・トレーニングの身体的影響，岡山理科大学紀要，25A，349-360，1990
- 8) Astrand P-O., et al., : Textbook of Work Physiology, McGraw-Hill, 295-518, 1970
- 9) 川上雅之他：長距離走における走行速度と運動強度の関係，岡山理科大学紀要，26A，365-378，1991
- 10) 川上雅之他：保体学概論，180-217，小林出版，1992
- 11) 川上雅之他：ショートインターバル・トレーニングと心拍数の関係，岡山理科大学紀要，27A，311-324，1992
- 12) 川上雅之他：心拍数から考える山間部走とトレーニング，岡山理科大学紀要，28A，272-292，1993
- 13) 川上雅之他：心拍数から考える女子長距離選手のインターバル・トレーニングと運動強度，岡山理科大学紀要，29A，355-373，1994
- 14) 川上雅之他：ヘルスサイエンス，25-58，不昧堂出版，1994
- 15) 川上雅之他：心拍数から考える女子長距離選手の山間部における組み合わせトレーニングと運動強度に関する研究，岡山理科大学紀要，30A，359-372，1995
- 16) 川上雅之他：トレーニングサイエンス，90-101，不昧堂出版，1996
- 17) 川上雅之他：傾斜角度と走行速度の関係，倉敷芸術科学大学紀要，創刊号，153-164，1996
- 18) Karvonen M., et al., : The effects of training on heart rate., Ann. Med. Exper. Fenn. 35, 307-315, 1957
- 19) Cooper K.H., : The new aerobics., M. Evans and Company, 25-180, 1970
- 20) Gutin B., et al., : Oxygen consumption in the first stages of strenuous work as a function of prior exercise., J. Sports Med., 16, 60-65, 1976

- 21) Costill D. et al., : Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running., *Med.Sport*,5, 248-252, 1973
- 22) Costill D. et al., : Determinants of marathon running success., *Int.Z.Angew.Physiol.*29, 249-251, 1971
- 23) Costill D. et al., : Glycogen utilization in leg muscles of men during level and uphill running.*Act.Physiol.Scand.*,91, 475-481, 1974
- 24) Costill D. et al., : Metabolic responses during distance running., *J.Appl.Physiol.*,28, 252-255, 1970
- 25) 田口貞善他：運動生理学, 13-20, 151-288, 杏林書院, 1992
- 26) 高松薫他：持久走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, 体育学研究, 28-2, 153-161, 1983
- 27) Davies C.T.M., : Limitation to the prediction of maximum oxygen intake from cardiac frequency measurements.,*J.Appl.Physiol.*,24, 700-706, 1968
- 28) Drinkwater D.L. et al. : Responses of young female track athletes to exercise., *Med.Sci.Sport*.,356-362, 1972
- 29) Michale P.et al., : *Physiology of Respiration*,Oxford Univ.,94-112, 1996
- 30) 山路啓司：心拍数の科学, 17-30, 大修館, 1981
- 31) 山路啓司：持久走トレーニングの最大酸素摂取量への影響, 体育学研究, 32-3, 167-175, 1987
- 32) 山路啓司：心臓とスポーツ, 47-183, 共立出版, 1982

## A Study on the Correlation between the Walking Speed and Living Reaction

Masayuki KAWAKAMI, Naohiko ARAKI, Koji INOKIHARA,

Takashi MATSUBARA and Hideto IWASAKI\*

*College of Liberal Arts and Science,*

*Kurashiki University of Science and the Arts,*

*2640 Nishinoura, Turajima-cho, Kurashiki-shi, Okayama, 712, Japan*

*\*Sanyo Gakuen University,*

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

(Received September 30,1996)

The purpose of this study is to analyze the physical function results affected by the walking speed inferred from respiration and circulate response. The subjects in this study is the long-distance runner of 6 males. The influence of physical function, analyzed by the results of living reaction during the different walking of treadmill.

The following results were obtained:

- 1) The mean of work load during walking exercise from 60m to 100m per minutes indicate numerical valuse between 20%-40% of  $Vo_{2,max}$  of the subjects,respectively.
- 2) The mean of work load during walking exercise from 120m to 140m per minutes indicate numerical valuse between 45%-60% of  $Vo_{2,max}$  of the subjects,respectively.
- 3) Therefore a significant consideration about walking speed for human life should be the percent of  $Vo_{2,max}$  and  $HR_{max}$  per walking of each peopole based on the work load.