

中・高年者の歩行の運動強度

杉山 允宏

(保健体育研究室)

越智 誠二

(附属中学校保健体育研究室)

(昭和63年10月11日受理)

I. 緒 言

機械文明の発達は、現代社会において運動不足病という社会的問題をひき起こす要因となり具体的には体力の低下、糖尿病、肥満、高血圧および心臓病といった成人病への引き金となって影響してきている³⁰⁾人間の健康や体力の維持増進を図る場合、エネルギーの入力、出力関係から考えてみると、生体が生存するために常時エネルギーの入力としての栄養素が摂取され組織の生存を維持することと骨格筋の収縮によって引き起こされる運動によるエネルギーの出力とのバランスを保つことが重要となる¹⁵⁾

このような、エネルギーの入力量や出力量は食事の質、量、あるいは1日の生活での身体的活動量を測定することにより定量化が可能である。エネルギーの入出力の質や量によって身体を構成する組織の量とか質などが決定される。この身体の組織の量とか、内臓を構成する組織の大きさとか、あるいは身体の組成などは身体が発揮することができるエネルギーを生み出す基になるわけであるが、一般的には脂肪を少なくして除脂肪(筋、骨など)を多くするような方向での体力づくりが行なわれるべきであろう¹⁵⁾運動不足というのはエネルギーの出力不足を意味しており、近年老若男女を問わず積極的に体力づくり運動が行なわれている。1988年体育の日に報道された昭和62年度の文部省の資料²²⁾によると、小・中・高校生の体力は横ばい又は低下にたいして中高年者の体力は順調に伸びており特に45歳から49歳の女性においては、ほとんど毎日スポーツ・運動をしていると答えた者が極めて多いことが明らかにされた。松浦は女性の伸びが男性を上回っていることは、電気製品などの普及及び家事労働が減り、余暇にスポーツを楽しむ女性が増えたこと、ママさんバレーやテニス、ジョギングブームなど手軽に運動ができる環境が整ってきたことなどライフスタイルの変化が大きな要因であることを述べている⁴⁰⁾

一方、栄養の過剰摂取が原因となって、腰背痛、肩凝り、肥満などが増加してきている。肥満者は都会にまず目立ち始め、最近では農村地帯にも多く見られるようになり、これらを要因とする高血圧症、動脈硬化症、虚血性心疾患、糖尿病などの種々の病気が増加してきている³⁰⁾このような病気に対する対策として、あるいは人間の生涯を健康に積極的にイキイキと生きていくために、健康・体力づくりが国民の中に積極的に取り入れられてきた。1988年8月に徳島市で開催されたスポーツ健康フォーラムで米国の Peter Levin 博士は、米国においては30年前からこれらの

問題に取り組み、企業における従業員の健康管理のための投資が会社の利益に極めて影響があること、従業員1人1人の生きがいのための体力管理、医療システムを充実させることが極めて重要であることを強調した³³⁾

世界の先進諸国においては成人病対策として、また生涯体育・スポーツとして健康体力づくりのための独自の運動プログラムを創意工夫している。最もさかんに実施されている運動は、歩行及びジョギングである。そしてサイクリング、水泳、エアロビクスダンスについてテニスや各種スポーツ、体操等であるが各国独特の種類もある。本研究では中高年者を対象として最も身近で、安全で、どこでも容易に実践できる歩行がどれくらいのエネルギー量を示すのか歩行速度の違いによるエネルギー消費から歩行強度を明らかにし、日常生活における運動処方標準化をねらいとして実験を行った。

II. 研究方法

1. 測定項目

被検者の体格・体力に関する項目として形態面では①身長、②体重、③皮下脂肪厚、機能面では、①握力、②背筋力、③全身反応時間、④立位体前屈、⑤肺活量の8項目である。歩行時の生理的運動強度に関する項目として①酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$) ②最大酸素摂取量に対する割合 ($\% \dot{V}O_2$ Max) ③心拍数 (H. R), ④最高心拍数に対する割合 ($\%HRMax$), ⑤呼吸数 (R. R), ⑥換気量 ($\dot{V}E$), ⑦1回換気量 (V_T), ⑧酸素脈 (O_2Pulse), ⑨エネルギー代謝率 (R. M. R), ⑩エネルギー消費量 (Energy Expenditure) の10項目。心理的強度として主観的強度 (RPE)¹⁾²⁸⁾ 歩行時の歩数 (Step) を計測した。最大酸素摂取量は推定式から換算した。

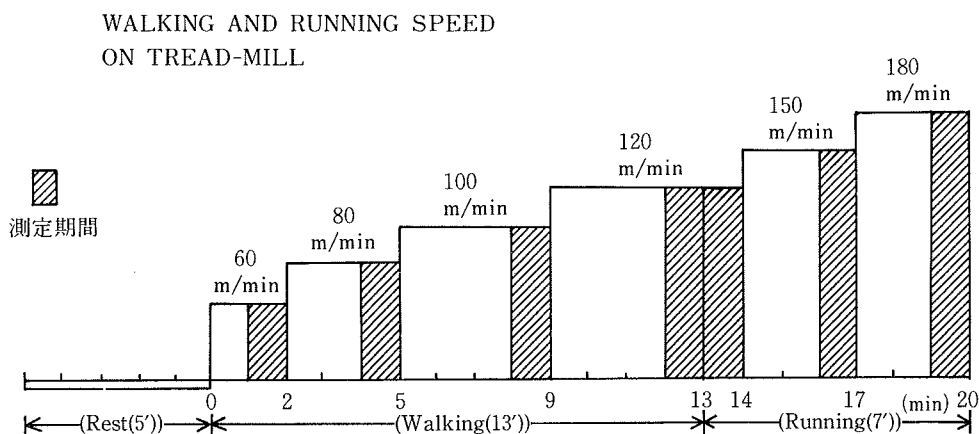


図1 歩行及び走行時の速度と計測時間

2. 実験方法 (図1)

歩行時および走行時における呼吸循環機能の測定はトレッドミル (自動走行装置) を用いて行った。勾配は0%とした。安静時間は5分, 歩行時間は分速60mが2分, 80mが3分, 100mが4分, 120mが4分, 計13分とした。その後, 分速120mでのランニング1分, 150mで3分, 180mで3分歩行させ, 各3速度による $\dot{V}O_2$ とHRから被検者毎の回帰直線を求めた。最高心拍数の推定は青木,¹⁰⁾ 阿久津,³⁾ アメリカスポーツ医学会及び Davies¹³⁾¹⁴⁾ 等の資料に基づき年齢別最高心拍数表を作成し, 被検者の年齢から決定した。(表1)これらの値を, 3速度から求めた回帰式に代入し, 最大酸素摂取量を推定した。(図2)安静時及び歩行時の呼気ガスの採集はダグラスバッグ法, O_2 , CO_2 濃度の分析は日本電気三栄製の瞬時ガス分析装置を用いて行った。心拍数は胸部双極誘導法, 呼吸数はサーミスター法で行った。採気時は各速度における最後の1分間とした。

表1 年齢別最高心拍数

年齢 (歳)	最高心拍数 (拍/分)
20	200
25	197.5
30	195
35	192.5
40	190
45	187.5
50	185
55	182.5
60	180
65	177.5
70	175
75	172.5

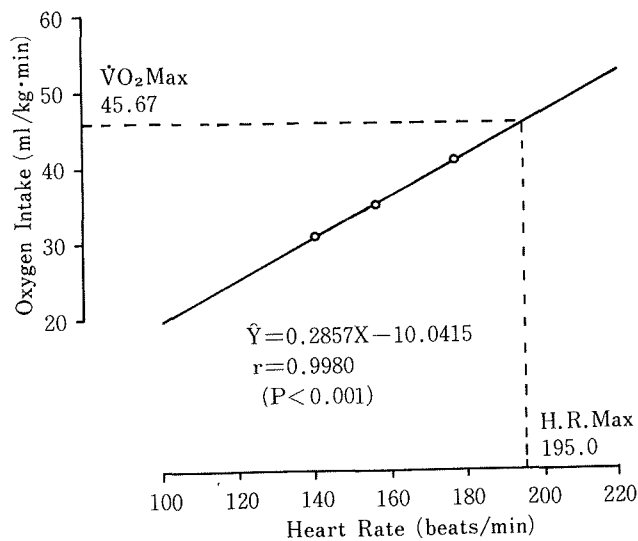


図2 走行時の心拍数と酸素摂取量の関係及び $\dot{V}O_2$ Maxの算出例

3. 被 検 者

被検者は松山市内に在住する者および愛媛大学教職員とし、30歳代 17名、40歳代 13名、50歳代 7名、60歳代 4名、70歳代 5名 計46名の健康な男子である。

III. 結 果

1. 体格・体力

表2 被検者の体格・体力（上段は平均値，下段は標準偏差）

項目 年代	Age (years)	Stand- ing Heig- ht (cm)	Body Weig- ht (kg)	Skinfold (mm)		Grip Strength (kg)			Back Stren- gth (kg)	Jump- ing Reac- tion Time (msec.)	Stand- ing Trunk Flexi- on (cm)	Vital Capa- city (cc)
				Ba- ck	Arm	R	L	Me- an				
30 歳 代 (17名)	35.4 3.2	168.4 4.5	63.2 6.3	12.0 4.6	6.5 3.3	49.2 5.1	47.0 5.6	48.1 4.9	139.8 20.8	316 30	4.0 8.0	4273 579
40 歳 代 (13名)	43.5 2.8	164.5 5.6	60.4 7.1	13.0 6.7	7.2 3.7	46.4 7.2	43.1 5.1	44.8 5.8	123.0 17.1	336 30	-0.6 8.2	3725 625
50 歳 代 (7名)	53.6 2.6	166.8 3.9	65.7 3.5	14.5 4.6	7.2 2.0	46.6 4.9	43.6 4.4	45.1 3.7	119.1 12.8	350 30	-0.1 6.0	3754 643
60 歳 代 (4名)	65.0 3.1	163.5 2.4	58.3 12.6	12.0 8.3	5.0 1.2	42.9 7.5	37.8 8.7	40.3 8.0	107.8 17.8	389 80	9.6 7.9	3225 533
70 歳 代 (5名)	72.4 1.5	153.9 5.7	53.3 6.4	10.3 1.7	7.4 3.0	38.7 3.9	36.6 5.0	37.7 4.2	95.1 20.5	384 30	3.7 3.9	2588 339
Mean	54.0	163.4	60.2	12.4	6.7	44.8	41.6	43.2	117.0	355	3.3	3513
S. D.	13.5	5.1	4.3	1.4	0.9	3.6	3.9	3.7	15.0	30	3.7	569

表2は被検者の体格・体力について年代別に平均値と標準偏差を示したものであり、図3から図5は日本人の標準値²³⁾と比較したものである。身長は30歳代(35.4±3.2歳)が168.4±4.5cmで最も高く、70歳代(72.4±1.5歳)が153.9±5.7cmで最も低い値を示し、年代が高まるに従って低くなる傾向を示した。体重は50歳代(53.6±2.6歳)が65.7±3.5kgで最も重く、70歳代が53.3±6.4kgで最も軽かった。身長と体重は各年代ともほぼ日本人の平均値に相当していた。皮下脂肪厚は肩甲骨下縁部が平均12.4±1.4mm、上腕背

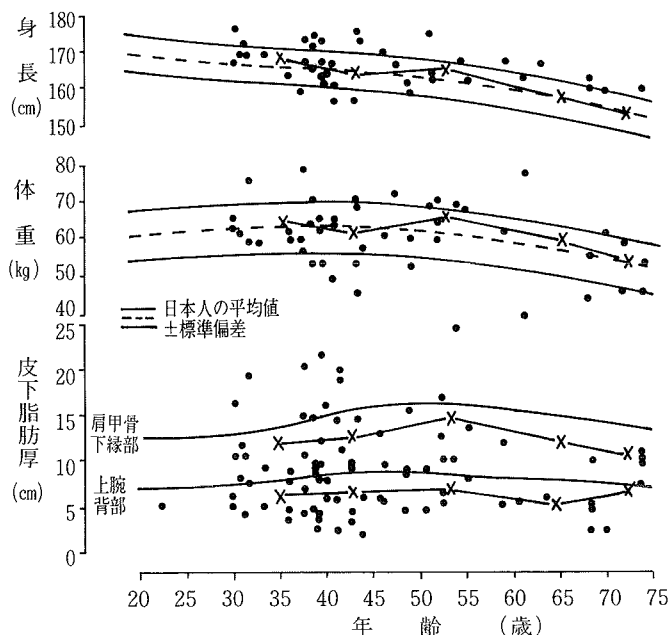


図3 被検者の体格

部が $6.7 \pm 0.9 \text{mm}$ を示し、各年代間に顕著な差は認められなく日本人の平均値をやや下まわっていた。握力は、40歳代(43.5 ± 2.8 歳)が $44.8 \pm 5.8 \text{kg}$ で日本人の平均値に相当し、その他の年代ではこれを上まわっており、年代が高くなるに従って低下し、30歳代と70歳代ではほぼ、 10.4kg の差が認められた。背筋力は、30歳代が $139.8 \pm 20.8 \text{kg}$ で最も高く、70歳代は $95.1 \pm 20.5 \text{kg}$ で最低値を示した。両筋力とも加齢とともに低下していたが、50歳代以上では日本人の平均値を上まわる傾向が認められた。全身反応時間は平均 355msec となり、各年代とも日本人の平均値よりも優れており、加齢とともに上向きの傾向にあることが明らかとなった。立位体前屈は、30歳代から50歳代で日本人の平均値よりも極めて低く、60歳代及び70歳代ではほぼ平均値を示していた。肺活量は、30歳代が $4273 \pm 579 \text{cc}$ で最も多く、加齢とともに低下し、70歳代では $2588 \pm 339 \text{cc}$ に減少していた。全体的にみて日本人の平均値か、またはやや上回る傾向を示した。

2. 最大酸素摂取量($\dot{V}O_2 \text{Max}$)及び最高心拍数(HRMax)の推定値(表3)

3 速度の歩行時の $\dot{V}O_2$ とHRから求めた回帰式に年齢別推定最高心拍数を算入して得られた $\dot{V}O_2 \text{Max}$ の推定値は、20歳代(桐島の論文³⁸⁾から引用の $55.5 \pm 4.6 \text{ml/kg/min}$ が最大値を示し、加齢とともに減少し、70歳代の $29.5 \pm 4. \text{ml/kg/min}$ が最小値を示した。最高心拍数は30歳代が $192.2 \pm 1.7 \text{beats/min}$ が最高値を示し、70歳代の $173.8 \pm 0.8 \text{beats/min}$ が最低値を示した。

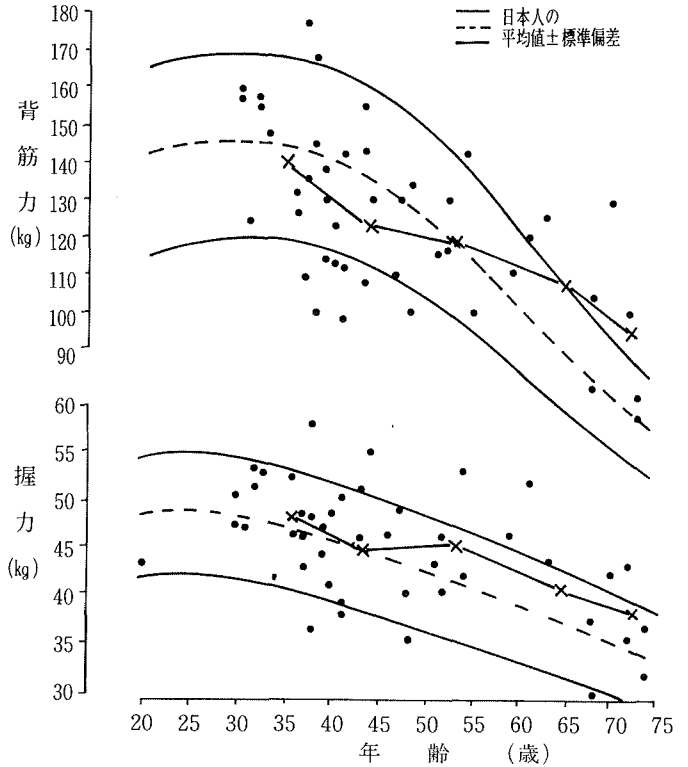


図4 被検者の筋力

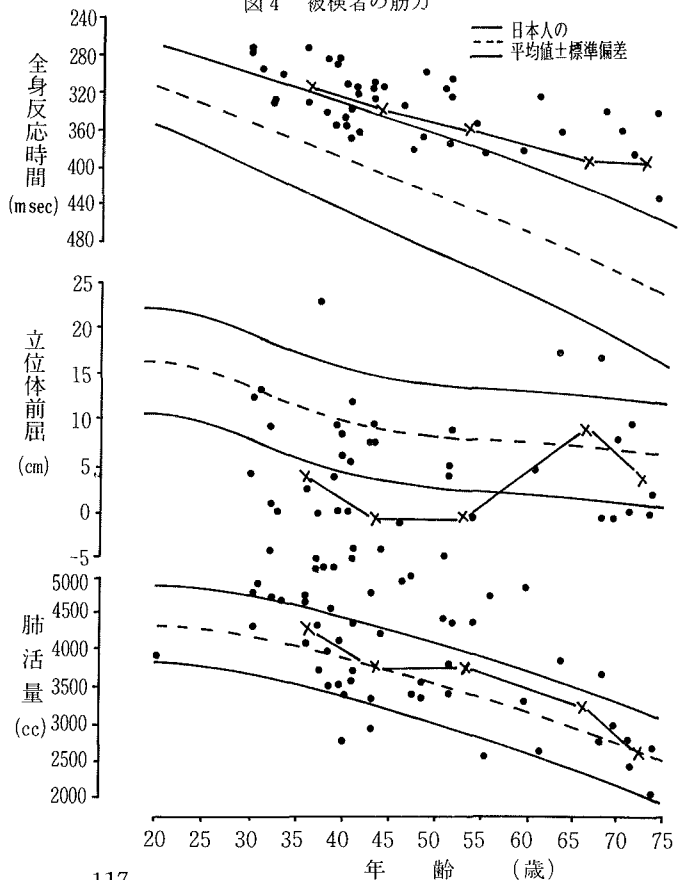


図5 被検者の体力

〔表3 年代別，速度別の歩行の運動強度〕

数字は平均値（標準偏差）

年 代		年 代				
測定項目		30歳代	40歳代	50歳代	60歳代	70歳代
推定 $\dot{V}O_2$ Max (ml/kg/min)		46.9 (6.4)	43.0 (9.0)	39.3(5.9)	35.3 (10.8)	29.5(4.0)
推定 HR Max (beats/min)		192.2 (1.7)	188.3 (1.4)	183.2 (1.3)	177.5 (1.5)	173.8 (0.8)
上段： $\dot{V}O_2$ 下段： $\% \dot{V}O_2$ Max(%)	60 m	0.67(0.12)	0.66(0.14)	0.67(0.09)	0.81(0.08)	0.74(0.11)
		22.8 (3.0)	25.8 (3.9)	26.5 (5.5)	43.9 (13.3)	46.2 (5.7)
	80 m	0.84(0.10)	0.79(0.11)	0.80(0.10)	0.99(0.15)	0.89(0.19)
		28.7 (3.2)	31.5 (5.9)	31.8 (7.2)	52.6 (12.2)	54.2 (4.3)
	100 m	1.13(0.16)	1.14(0.19)	1.13(0.09)	1.26(0.27)	1.20(0.27)
		38.7 (4.9)	45.6 (8.9)	44.8 (7.0)	66.6 (16.4)	73.5 (4.8)
120 m	1.56(0.24)	1.56(0.28)	1.54(0.18)	1.82(0.29)	1.25(0.28)	
	53.4 (7.8)	60.7 (13.2)	61.0 (9.6)	78.3 (18.9)	87.3 (4.7)	
上段：HR(beats/min) 下段： $\%HR$ Max(%)	60 m	90.4 (7.0)	95.2 (11.6)	86.8 (10.2)	107.0 (18.2)	109.8 (12.2)
		47.1 (3.6)	50.5 (6.0)	47.4 (5.8)	60.3 (10.3)	63.2 (7.2)
	80 m	97.1 (6.7)	100.5 (11.5)	94.0 (10.7)	115.9 (17.8)	120.2 (9.1)
		50.5 (3.4)	53.4 (6.0)	51.3 (6.1)	65.3 (10.1)	69.1 (5.5)
	100 m	110.6 (7.0)	114.9 (13.1)	109.0 (9.4)	131.8 (27.7)	144.3 (5.6)
		57.5 (3.7)	61.0 (6.8)	59.5 (5.3)	74.3 (15.7)	83.0 (3.3)
120 m	135.7 (13.0)	136.9 (14.2)	133.6 (15.5)	145.0 (30.4)	164.0 (1.2)	
	70.6 (6.9)	72.8 (7.3)	73.0 (8.7)	80.9 (16.7)	94.6 (0.8)	
エネルギー代謝率 (R. M. R.)	60 m	1.9 (0.5)	1.9 (0.6)	1.8 (0.4)	2.8 (0.1)	2.7 (0.3)
	80 m	2.6 (0.4)	2.5 (0.5)	2.4 (0.4)	3.6 (0.5)	3.4 (0.7)
	100 m	4.0 (0.6)	4.2 (0.8)	3.9 (0.4)	4.9 (0.9)	5.0 (1.0)
	120 m	5.9 (0.8)	6.2 (1.3)	5.8 (0.8)	7.0 (0.8)	5.6 (1.1)
体重当り・単位時間当りのエネルギー消費量 (cal/kg/min)	60 m	51.3 (7.2)	54.5 (9.9)	50.7 (5.0)	71.1 (8.7)	67.8 (9.4)
	80 m	66.4 (5.7)	65.5 (9.2)	58.9 (7.2)	86.9 (15.2)	80.3 (13.1)
	100 m	89.5 (7.5)	94.9 (12.4)	86.2 (6.1)	109.3 (16.5)	108.7 (16.6)
	120 m	123.1 (11.9)	130.7 (22.9)	117.5 (12.7)	134.8 (0.4)	121.6 (23.7)
体重当り・1歩当りのエネルギー消費量 (cal/kg/step)	60 m	0.50(0.08)	0.49(0.09)	0.46(0.06)	0.63(0.08)	0.59(0.08)
	80 m	0.57(0.05)	0.55(0.07)	0.50(0.06)	0.71(0.10)	0.65(0.12)
	100 m	0.71(0.06)	0.72(0.09)	0.67(0.06)	0.85(0.10)	0.77(0.09)
	120 m	0.88(0.12)	0.92(0.14)	0.83(0.13)	0.95(0.05)	0.79(0.14)
主観的強度 (R. P. E.)	60 m	6~11	7~11	7~11	9~13	8~11
	80 m	7~12	7~11	7~12	11~15	9~13
	100 m	9~13	7~16	7~13	11~17	9~13
	120 m	9~19	9~19	10~16	13~15	13~17

3. 生理的運動強度に関する項目 (表3)

表3は生理的運動強度について各年代の平均値と標準偏差を示したものである。最大酸素摂取量に対する割合(% $\dot{V}O_2$ Max)及び最高心拍数に対する割合(%HRMax)については図6, 体重当り・単位時間当りのエネルギー消費量については図7に示した。酸素摂取量について全年代にわたって歩行速度別にみてもと分速60mでは、ほぼ0.6~0.8 l/min, 23~46% $\dot{V}O_2$ Max, 80mでは0.8~1.0 l/min, 29~54% $\dot{V}O_2$, 100mでは1.1~1.3 l/min, 39~74% $\dot{V}O_2$ Max, 及び120mでは、1.3~1.8 l/min, 53~87% $\dot{V}O_2$ Maxの範囲にあり、歩行速度が高くなるに従って各年代とも指数関数的に有意に増大した。

$$\dot{V}O_2 : \{Fo=107.17 \quad Fo > F_{15}^3(0.01)=5.56\}$$

$$\% \dot{V}O_2 \text{Max} : \{Fo=68.16 \quad Fo > F_{15}^3(0.001)=10.64\}$$

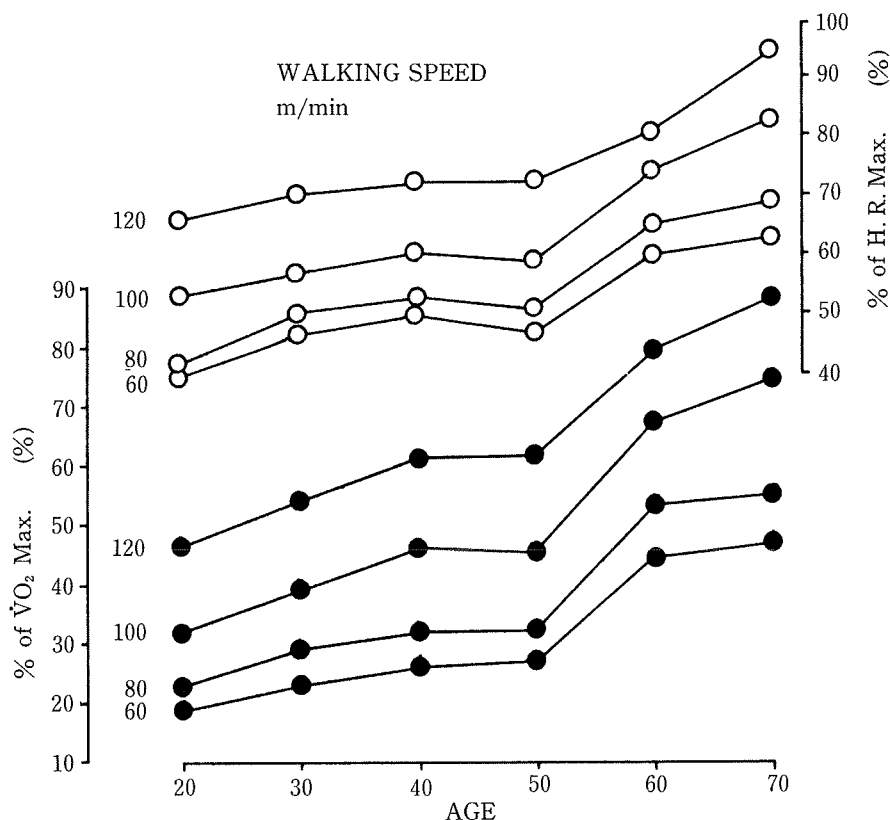


Fig-6 % of $\dot{V}O_2$ Max. & % of H. R. Max. in age

図6 年代別・速度別の $\dot{V}O_2$ Max と HRMax の比較

分速120mでは60mのほぼ2倍の酸素摂取量を必要とした。しかし、各速度内においては各年代間の酸素摂取量には有意差が認められなかった。% $\dot{V}O_2$ Maxについては、分速60mに対して100mでほぼ1.6倍、120mで2倍の値を示した。また各速度内において、年代の違いによる差がみられるかどうか分散分析を行い検定したところ

$$\{Fo=71.75 \quad Fo > F_{15}^3(0.001)=8.57\}$$

となり60歳及び70歳代の% $\dot{V}O_2$ Maxは30歳代から50歳代に比べて有意に高くなることが明らか

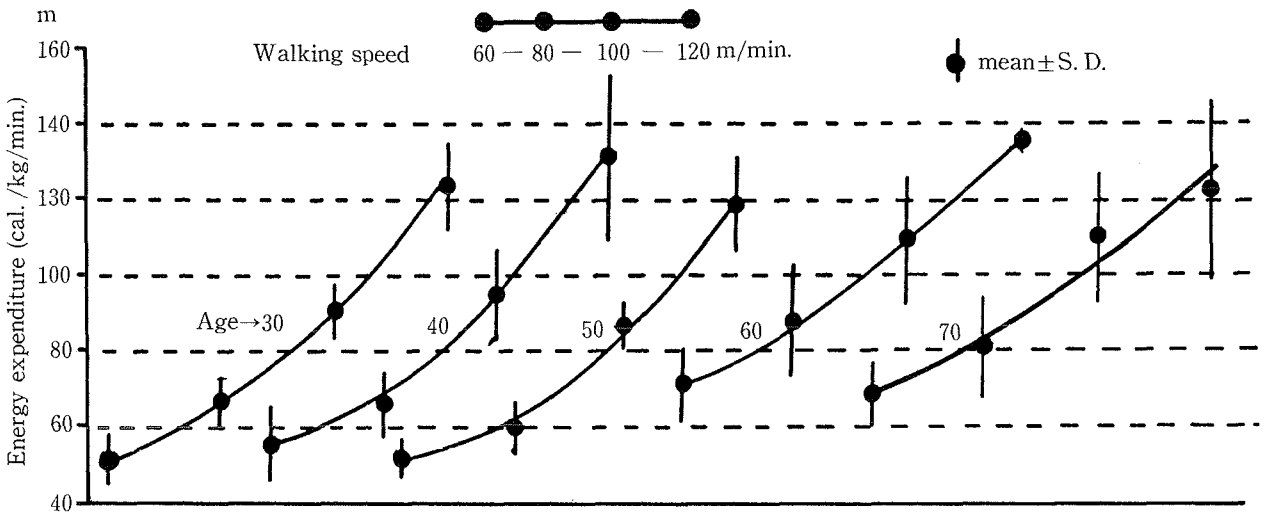


Fig-7 Energy expenditure for every age and speed

図7 年代別・速度別のエネルギー消費量の比較

となった。次に全年代にわたって心拍数及び%HRMaxについてみると、分速60mでは87~110b/min, 47~63%HRMax, 80mでは97~120b/min, 51~69%HRMax, 100mでは, 109~144b/min, 58~83%HRMax, 及び120mでは134~164b/min, 71~95%HRMaxの範囲にあり、心拍数は歩行速度が高くなるに従って各年代とも指数関数的に有意に増大していた。

$$HR : \{F_0 = 212.83 \quad F_0 > F_{15}^3(0.001) = 10.64\}$$

$$\%HRMax : \{F_0 = 162.86 \quad F_0 > F_{15}^3(0.001) = 10.64\}$$

分速60mの心拍数に対して、120mでは、ほぼ1.5倍の値を示していた。各速度内において年代の違いによる差がみられるかどうか分散分析を行ったところ

$$\{F_0 = 67.70 \quad F_0 > F_{15}^3(0.001) = 8.57\}$$

となり60歳及び70歳が30歳代から50歳代に比べて有意に増加することが明らかとなった。%HRMaxについても

$$\{F_0 = 86.35 \quad F_0 > F_{15}^3(0.001) = 8.57\}$$

となり同様に有意差が認められた。

エネルギー代謝率 (RMR) についてみると、分速60mでは30歳代から50歳代が1.8~1.9, 60歳代及び70歳代では2.7~2.8, 80mでは同様に2.4~2.6と3.4~3.6, 100mでは3.9~4.2と4.9~5.0, 120mでは, 5.8~6.3と5.6~7.0の範囲にあり、歩行速度が高くなるに従って各年代とも指数関数的に有意に増大していた。

$$\{F_0 = 207.01 \quad F_0 > F_{15}^3(0.001) = 10.64\}$$

分速60mのRMRに対して100mでは2倍, 120mでは2.5~3.0倍の値を示した。また各速度内において年代の違いによる差の検定を行ったところ、分速60mから100mにおいては60歳代及び70歳代は20歳代から50歳代に比べて有意に高くなっていたが120mでは年代の違いによる有意差は認められなかった。

体重当り・単位時間当りのエネルギー消費量についてみると、分速60mでは30歳代から50歳代が51~55cal/kg/min, 60歳代及び70歳代が68~71cal/kg/min, 80mでは同様に59~66cal/kg/min, 80~87cal/kg/min, 100mでは86~95cal/kg/min, 109cal/kg/min, 120mでは各年代ともほぼ118~135cal/kg/minの範囲となり、エネルギー消費量は歩行速度が高くなるに従って有意に増大していた。

$$\{F_o = 219.90 \quad F_o > F_{i_0}^2(0.001) = 10.64\}$$

分速60mのエネルギー消費量に対して100mでは1.5~1.7倍, 120mでは2.0~2.5倍の値を示した。また各速度内において年代の違いによる差について検定したところ, 分速60mから100mにおいては, 60歳代及び70歳代は30歳代から50歳代に比べて有意に増大するが, 分速120mにおいては有意差は認められなかった。1歩当りのエネルギー消費量の差の検定についても同様な傾向を示した。

主観的強度についてみると, 分速60mでは30歳代では6~11, 40歳代では7~11, 50歳代では7~11, 60歳代では9~13, 70歳代では8~11となり80mでは同様に, 7~12, 7~11, 7~12, 11~15, 9~13, 100mでは9~13, 7~16, 7~13, 11~17, 9, 13, 120mでは9~19, 9~19, 10~16, 13~15, 13~17の範囲にあった。RPEは各年代とも歩行速度が高くなるに従って高くなっていったが, その内容をみると, 分速60mでは, 30歳代から50歳代の被検者は7の「非常に楽である」が最も多く, 60歳代及び70歳代では, 11の「楽である」を示していた。これらの傾向は, 80mと100mにおいてもみられたが120mでは, 全年代ともほぼ13の「ややきつい」と回答した者が多かった。

IV. 論 議

文部省の体力測定の結果²²⁾をみると, 加齢とともに運動機能の減少が認められ, 特に50歳を過ぎると体力全体の要素が急激に低下する傾向がみられる!⁶⁾ 本研究で対象となった被検者は, 全項目が加齢とともに低下していたが全体的にみてほぼ日本人の平均値を示していた。しかし, 筋力(握力, 背筋力)及び敏捷性(全身反応時間)は50歳を過ぎても減少率が低く日本人の平均値よりもかなり優れていた。皮下脂肪厚は各年代間に大きな差がみられず, 日本人の平均値を下まわっていた。柔軟性をみた立位体前屈は30歳代から50歳代までが日本人の平均値よりもかなり劣っていた。

本研究では, 中・高齢者に最大作業を行わせることが危険であることから間接法によって $\dot{V}O_2$ Max 及びHRMaxを推定した。これらに関する研究はÅstrandとRyhming,⁹⁾ Wyndham³⁷⁾³⁸⁾ Margaria,¹⁹⁾²⁰⁾ Davies,¹³⁾¹⁴⁾ Burger,¹²⁾ Seliger,³²⁾ Shephard³⁴⁾ たちによってノモグラムの作成, 回帰式の求め方及び心拍数と作業負荷との論議がなされてきた。本研究では, 分速120m, 150m及び180mの走行3分づつの最大下作業を行わせ, 3点法により回帰直線を求めた。そして最高心拍数を200拍/分とし, 加齢10歳毎に5拍/分づつ低下させるというDaviesの方法¹³⁾を参考とし, 年齢毎に最高心拍数を求め, これを回帰式に代入して $\dot{V}O_2$ Maxを推定した。本研究で得られた被検者の $\dot{V}O_2$ Maxは青木¹⁰⁾らの報告よりも5~8mlほど各年代とも高い値を示していた。生理的運動強度は, 各項目とも各年代において, 歩行速度が高くなるに従って指数関数的に増大した。PasmoreやRalston³⁰⁾たちは, 歩きのエネルギー消費量または需要量と歩行速度とは, ある範囲内の速度については直線関係が成立するが, 広い範囲の速度については, 速度の二乗に比例し, このことは酸素摂取量及びエネルギー消費量が指数関数的に増大することを示すものであることを報告しており, 本研究の結果も同様な傾向を示した。沼尻²⁴⁾²⁵⁾は, 歩行速度が85m以上になる

とRMRの上昇が急激になること、佐々木²⁹⁾らは、歩行速度が増すとRMRの上昇も急激に増大し、分速105mでは5.2を示したことを報告している。本研究におけるRMRは、30歳代から50歳代については沼尻、佐々木たちの報告と比較的類似した値を示していたが、60歳代及び70歳代の値は5.6~7.0となり高い値を示し、高年齢になると同一負荷歩行において運動強度がかなり異なることが明らかとなった。主観的強度は、60歳代及び70歳代では歩行速度が低い時に比較的高い感覚的強度を示す傾向がみられた。

Margarita¹⁹⁾はエネルギー消費量とスピードとの関係について、体重70kgの人が平地を4km歩くと140kcalとなり、35gの砂糖またはビスケットに相当するカロリー量であるとしている。また歩行の効率については、Ralstonは74m/min。奥山²⁶⁾²⁷⁾は115歩で65~70m/min。古沢ら²⁷⁾³⁵⁾は60~70m/minそして杉山³⁵⁾³⁸⁾らは毎分60mの歩行が経済的速度であり、エネルギー消費量が最も少なく、毎分90mあたりからエネルギー消費量が直線的に増加する傾向があることを報告している。本研究の結果をみると、各速度内において60歳代及び70歳代になると急激に運動強度が高くなり、30歳代から50歳代の約1.5倍の強度に相当することが明らかとなった。また分速120mでは、各年代とも高い運動強度を示し、年代間に大きな差が認められなかった。これらのことから50歳代以降になると日常生活における身体運動量の減少により特に心肺持久性が低下してくることが推察される。身体を動かす筋肉の収縮エネルギーは無酸素性機構と有酸素性機構によって獲得されるが有酸素的作業能力を維持及び向上させるには有酸素性作業閾値と無酸素性作業閾値の間の運動強度で充分であると考えられている²¹⁾本研究での60歳代及び70歳代にとって、分速100mから120m歩行は無酸素性作業閾値に相当していることが明らかとなった。このことは20歳代から50歳代までは分速100mから120mの歩行運動は比較的楽に実践できるが60歳代以上になると身体に与える負担度が高くなり長時間継続が不可能となることが予測できる。一般的に、中・高年者に適した運動は、散歩、軽いハイキング、体操、ゴルフ、テニス、サイクリング、水泳等があげられる。これらはいずれも有酸素的運動であるが、阿久津は¹²⁾三大エアロビクス運動として「歩く、走る」、 「サイクリング」、 「水泳」をあげている。これらの有酸素的運動は耐えられないほど苦しい酸素負債を伴わず、長時間続けることによって呼吸循環機能を維持し高めることが可能である。中高年者にとっては、日常生活の節制、規則正しい十分な睡眠、適当な栄養の摂取、嗜好品の取り過ぎに注意し、酸素摂取量は最大酸素摂取量のほぼ55~60%、心拍数では最高心拍数の70~85%程度の運動強度が適当であると思われる。すなわち、歩行運動の場合、20歳代から50歳代までは分速120m、60歳代以降では分速80mから100mとなりこれらの速度で日常歩行することによって健康や体力を維持増進させることが十分に可能であると考ええる。

V. 要 約

年齢30歳から74歳までの健康な男子46名を対象に分速60m、80m、100m及び120mのトレッドミル歩行を行わせ、その時の生理的強度及び主観的強度について速度別及び年代別に比較検討した。結果は次のように要約される。

1. 酸素摂取量及び $\dot{V}O_2\text{Max}$ は分速60mではほぼ0.6~0.8 l/min, 23~46% $\dot{V}O_2\text{Max}$, 80mでは0.8~1.0 l/min, 29~54% $\dot{V}O_2\text{Max}$, 100mでは1.1~1.3 l/min, 39~74% $\dot{V}O_2\text{Max}$ 及び120mでは1.3~1.8 l/min, 53~87% $\dot{V}O_2\text{Max}$ の範囲にあり歩行速度が高くなるに従って各年代とも指数関数的に有意に増大した。分速120mでは60mのほぼ2倍の強度となったが、各速度内においては、各年代間に有意差が認められなかった。しかし、% $\dot{V}O_2\text{Max}$ については60歳代以降は30

歳代から50歳代に比べて有意に高くなることが明らかとなった。

2. 心拍数及び%HRMaxは、分速60mでは87~110 b/min, 47~63% HRMax, 80mでは97~120 b/min, 51~69% HRMax, 100mでは109~144 b/min, 58~83% HRMax及び120mでは134~164 b/min, 71~95% HRMaxの範囲にあり心拍数は歩行速度が高くなるに従って各年代とも指数関数的に有意に増大した。分速120mでは、60m時の心拍数のほぼ1.5倍の強度を示した。各速度内において年代の違いによる差をみると60歳代以降の値は30歳代から50歳代に比べて有意に増加することが明らかとなった。%HRMaxについても同様に有意差が認められた。

3. エネルギー代謝率(RMR)は、分速60mでは、30歳代から50歳代が1.8~1.9, 60歳代及び70歳代で2.7~2.8, 同様に80mでは、2.4~2.6と3.4~3.6, 100mでは3.9~4.2と4.9~5.0, 120mでは5.8~6.3と5.6~7.0の範囲にあり歩行速度が高くなるに従って各年代とも指数関数的に有意に増大した。分速60mのRMRに対して100mでは2倍, 120mでは2.5~3.0倍の値を示した。また分速60mから100mにおいては、60歳代以降のRMRは20歳代から50歳代に比べて有意に高くなったが、分速120mでは年代の違いによる有意差は認められなかった。

4. 体重当り、単位時間当りのエネルギー消費量は、分速60mでは30歳代から50歳代が51~55 cal/kg/min, 60歳代以降では68~71 cal/kg/min, 80mでは同様に、59~66 cal/kg/min, 80~87 cal/kg/min, 100mでは86~95 cal/kg/min, 109 cal/kg/min, 120mでは各年代ともほぼ118~135 cal/kg/minの範囲となり、歩行速度が高くなるに従って有意に増大した。分速60mのエネルギー消費量に対して100mでは1.5~1.7倍, 120mでは2.0~2.5倍の値を示した。各速度内における年代の違いによる差については、60mから100mにおいては60歳代以降が30歳代から50歳代に比べて有意に増大したが分速120mにおいては有意差は認められなかった。

5. 主観的強度についてみると、分速60mでは、30歳代が6~11, 40歳代が7~11, 50歳代が7~11, 60歳代が9~13, 70歳代が8~11となった。同様に80mでは、7~12, 7~11, 7~12, 11~15, 9~13, 100mでは9~13, 7~16, 7~13, 11~17, 9~13, 120mでは9~19, 9~19, 10~16, 13~15, 13~17の範囲にあった。50歳代までは60歳代以降の年代に比べて各速度内で楽に感じる者が多い傾向が認められた。

6. 60歳代及び70歳代になると速い速度での歩行は生体に与える負担度が高く、分速80mから100mの範囲での歩行が呼吸循環機能を維持したり向上させる上で十分な運動強度であることが明らかとなった。

参 考 文 献

- 1) 阿久津邦男：歩行の科学，不昧堂出版，51，1975.
- 2) 阿久津邦男：歩く健康法，女子栄養大学出版部 1980.
- 3) 阿久津邦男，本田泰治：中高年齢者の体力維持増進に関する研究(その3)一歩行トレーニングが安静脈拍数に与える効果一，専修大学体育研究紀要，第7号，1981.
- 4) Asmussen, E. and Hemmingen, I. : Determination of maximum working capacity at different ages in work with the legs or with the arms. Scand. J. Clin. Lab. Invest. 10 : 67-71, 1958.
- 5) Åstrand P.-O.: Experimental studies of physical working capacity in relation to sex and age. Munksgaard, Copenhagen, 1952.
- 6) Åstrand P.-O. 朝比奈一男訳 運動生理学 大修館書店
- 7) Åstrand P.-O. and Kaare Rodahl: Textbook of Work Physiology, McGraw-Hill, 1970. 浅野勝己訳 運動生理学 大修館書店, 1976.

- 8) Åstrand, I.: Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. *Acta physiol. scand.* 49, Suppl. 168-169, 1960.
- 9) Åstrand P.-O. and I. Ryhming: A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during submaximal work. *J. Appl. Physiol.* 7, 218-221, 1954.
- 10) 青木純一郎, 村岡 功: 同一ランニングスピードに対する男子の子どもと大人の呼吸循環応答の比較, *体育の科学* 31(4) 271-277 1981.
- 11) Borg, G.: Anote on category scale with "ratio properties" for estimating perceived exertion. Reports from the Institute of Applied Psychology, the University of Stockholm, No. 36, 1973.
- 12) Burger, G. C. E.: Heart rate and the concept of circulatory load. *Ergonomics* (1969) Vol. 12, No. 6, 857-864.
- 13) Davies, C. T. M.: Limitations to the prediction of maximum oxygen intake from cardiac frequency measurements. *J. Appl. Physiol.* 1968, 24(5), 700-706.
- 14) Davies, C. T. M.: Cardiac frequency in relation to aerobic capacity for work. *Ergonomics*, 1968, Vol. 11, No. 6, 511-526.
- 15) 福永哲夫, 湯浅景元, *コーチングの科学* 朝倉書店 1986.
- 16) 石河利寛: 老人の体力, *保健の科学*, 17(1): 7-10, 1975.
- 17) K. H. Cooper: *The New Aerobics*.
(広田公一, 石川旦訳: エアロビクス—新しい健康づくりのプログラム—, ベースボール・マガジン社, 1972.)
- 18) 勝木新次: 中高年齢者の体力と労働, *労働科学研究所*, 1978.
- 19) Margaria, R.: Sulla fisiologia e specialmente sul consumo energetico, della marcia e della corsa a varie Velocita ed inclinazioni del terreno, *Atti dei Lincei*, 7: 299, 1938.
- 20) Margaria, R.: Indirect determination of maximal O₂ consumption in man. *J. Appl. Physiol.* 1965, 20(5), 1070-1073.
- 21) 宮下充正: *トレーニングの科学—パワー・アップの理論と方法—*講談社 1980.
- 22) 文部省体育局: 昭和62年度体力運動能力調査報告書, 1987.
- 23) 東京都立大学身体適性学研編, *日本人の体力標準値第三版* 1980.
- 24) 沼尻幸吉: 歩行運搬のエネルギー代謝に関する研究(1報) *労働科学*, 38, 173, 1962.
- 25) 沼尻幸吉: 歩行運搬のエネルギー代謝に関する研究(2報) *労働科学*, 38, 327, 1962.
- 26) 奥山美佐雄: 無負荷歩行時のガス代謝, *労働科学研究*, 10: 30, 1933.
- 27) 奥山美佐雄, 古沢一夫: 歩行の機械的効率, *労働科学研究*, 13: 491, 1936.
- 28) 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, *体育学研究*, 21, 4, 191-203, 1976.
- 29) 佐々木隆他: 歩行時のエネルギー代謝率と体力の関係, *体育学研究*, 2: 177, 1957.
- 30) Kraus, H. and Raab, W.: *Hypokinetic Disease*, Charles C. Thomas 1961.
(広田広一, 石川 旦訳: 運動不足病, ベースボール・マガジン社1977.)
- 31) Ralston, H. J.: —Energy—Speed relation and optimal speed during level walking, *Int. J. angew. Physiol. einsch. Arbeitphysiol.* 17: 277, 1958.
- 32) Seliger, V. et al.: Evaluation of heart rate changes during exercise on a bicycle ergometer. *Physiol. Bohemoslovaca*, 1969, Vol. 18, 41-47.
- 33) Peter levin: *スポーツ健康フォーラム講演資料* 1988.
- 34) Shephard, R. J.: Comments on "Cardiac frequency in relation to aerobic capacity for work." *Ergonomics*, 1970, Vol. 13, No. 4, 509-513.
- 35) 白井伊三郎, 古沢一夫: 筋労作におけるオプティマルスピードについて, *日本生理学誌*, 20: 1965.
- 36) 杉山允宏, 桐島日出夫: 歩行のエネルギー消費, *人間工学* Vol. 17, No. 6, 1981.
- 37) Wyndham, C. H. et al: Submaximal tests for estimating maximum oxygen intake. *Canad. Med. Ass. J.* 1967, Vol. 96, Mar. 736-745.
- 38) Wyndham, C. H. et al: Maximum oxygen intake and maximum heart rate during strenuous work. *J. Appl. Physiol.* 1959, 14(6), 927-936.
- 39) 桐島日出夫: 成人男子における歩行の運動強度, *愛媛大学教育学部保健体育卒業研究*, 1981.
- 40) 松浦義行: 朝日新聞1988年10月10日