

# 小・中・高校生および大学生 男子の歩行の運動強度

杉山 允宏

(体育学研究室)

(平成元年10月11日受理)

## Ⅰ 緒 言

1988年に報告された昭和62年度の文部省の資料によると、<sup>1)</sup>小・中・高校生の体力は横ばい又は低下の傾向にあることが明らかにされた。そして1989年10月10日のニュースでは、文部省が体力・運動能力調査を始めて25年目にして身体の柔軟性が最悪の記録となったことを報道し、子供の遊びのスタイルが変わり、少年少女のスポーツが技術優先に走りがちなこと背景にあることをのべ、子供の体の「硬化症」がさらに進むことを推察している。近年の小・中・高校生の日常生活を概観すると、成長期における仲間遊びが減少し、小集団の中で上下、横関係のリーダーシップ、協同や葛藤などの体験がほとんど見られなくなってきた。そして、ファミコンやパソコンのような高度な知的ゲームの流行、VTRやCD等視聴覚機器の発達等により、狭い部屋の中で、長時間閉じこもる子供が多くみられるようになってきた。また、受験競争における知育偏重教育や受験のための学習塾通いがさかんになっている。これらの現象は当然の事ながら人間としての身体運動の制限を意味し、自然界の中で、考える動物として本能的に動くという運動や遊びの減少を余儀なくさせている。また家族構成をみると、兄弟・姉妹が少ないこと、および兄弟同志の内遊びがほとんどみられなくなっていることも心身の正常な発育・発達に影響があるものと思われる。成長期における子供の身体活動は、骨、関節、神経、筋肉、心臓、肺臓等、神経・筋・呼吸・循環器系の構造や機能を発育・発達させる上で極めて重要である<sup>2)</sup>。また、時実のいう、間脳・大脳辺縁系は感覚や感情の中心となるところであり、情緒とか情動とかいわれる精神活動の源泉ともいわれ、たくましく生きていくために必要な脳を発達させる上でも適度な身体活動は重要な意味をもつのである<sup>3)</sup>。

子供の身体活動量の減少もさることながら大人の運動不足による体力低下や成人病も大きな社会問題となっている。我国では、20年前から、老若男女の運動不足による成人病の対策として、いろいろな形で体力づくり運動が展開されてきた。1968年にクーパー<sup>4)</sup>の著書「エアロビクス」が発表されて以来、エアロビクス運動が世界中に普及し、歩け歩け運動、ジョギング、エアロビックスダンス、スウィミング、テニス、サイクリングといったいわゆる有酸素的運動が定着しており、最近では、鉄人レースとよばれる人間の体力の限界に挑戦するトライアスロンの愛好者が増加している。また、老若男女を問わず家族や仲間と一緒に目的地まで歩く、ウォーク・ラリーといった歩く運動が日常化してきた。このように、世界の先進諸国においては、成人病対策として、また、生きがいのある人生を歩むために、健康で行動的な体力を獲得するための運動・スポーツの実践など、独自の運動プログラムを創意工夫している<sup>5)</sup>。

本研究は、このような社会的背景をふまえて、小学生から大学生までの男子を対象に、人間の最も基本的な運動行動である歩行の運動強度について生理学的側面から明らかにし、年齢や歩行速度の違いから生体に与える負担度を検討し、日常生活における歩行処方の標準化を行うことが目的である。<sup>26),28),29)</sup>

## II 研究方法

### 1 測定項目

- (1) 体格・体力に関する項目<sup>18)</sup>；身長，体重，皮下脂肪厚，肺活量，全身反応時間の5項目
- (2) 最大作業能に関する項目；最大酸素摂取量 ( $\dot{V}O_2\text{Max}$ )，最高心拍数 (HRMax)，最高呼吸数 (RRMax) の3項目
- (3) 生理的強度に関する項目；酸素摂取量 ( $\dot{V}O_2$ )，% of  $\dot{V}O_2\text{Max}$ ，HR，% of HR Max，エネルギー代謝率 (RMR)，エネルギー消費量 (cal) の6項目
- (4) 心理的強度として主観的強度 (RPE)
- (5) 歩行時の歩数 (step)

### 2 実験方法

最大作業実験および歩行は、西川社製の大型トレッドミル（自動走行装置）を用いた。被検者に5分間の安静をとらせた後、勾配0度のトレッドミルで、小学生は、分速40m, 60m, 80m, 100m, 中・高・大学生は、分速60m, 80m, 100m, 120mの4速度をそれぞれ4分間（大学生は5分間）ずつ歩行させた後トレッドミルの勾配を4度に上昇固定させ、歩行にひきつづき、小学生は分速120m及び140mで1分ずつ、中・高校生は分速150mから走行させ、1分経過毎に10mずつ増速させてオールアウトに追い込み  $\dot{V}O_2\text{Max}$  と HRMax を計測した。大学生は、5分間歩行後20分～30分の回復時間を設定し、その期間の  $\dot{V}O_2$ ，HR 及び RR を計測した。 $\dot{V}O_2\text{Max}$  の測定は、別の日に勾配を8.6%に固定し、速度漸増負荷法によるオールアウト走で行った。呼気はダグラスバッグ法で1分毎に採集し、 $O_2$  および  $CO_2$  濃度の分析は、ショランダー微量ガス分析装置及び日本電気三栄製の瞬時ガスアナライザーを用いた。HR は、胸部双極誘導法による心電図、呼吸数は、サーミスター法による呼吸曲線から計測した。歩数は、右側の前脛骨筋からの筋電図によりテレメーター（無線搬送装置）を使用して記録し、 $\frac{1}{2}$  サイクルを1歩として計算した。RPE は Borg<sup>4)</sup> のスケールを利用した小野寺<sup>21)</sup> たちの日本語表示による rating scale を用いた。小学生1, 2年生は、理解度が低いところから実施しなかった。

### 3 被 検 者

身長および体重が各年齢でほぼ平均値に相当する健康な男子で、6歳から18歳までの小・中・高校生および平均年齢21.3歳の大学生で各学年6名以上の合計82名である。

## III 結 果

### 1. 被検者の身体的特性

表1は被検者の身体的特性と呼吸循環機能を示したものである。身長および体重が日本人の標

Table 1 Physical characteristics and cardio-respiratory functions of the subjects

(up: mean, down: S.D.( ): Number of member)

被検者の身体的特性と呼吸循環機能

school	Items	Age	Standing height	Body weight	Skinfold (mm)		Jumping reaction time (msec)	Vital capacity	VO <sub>2</sub> Max	VO <sub>2</sub> Max body weight	H. R. Max	RRMax
		(Years)	(cm)	(kg)	Arm	Back	(cc)	( $\ell$ /min)	( $\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ )	(beats/min)	(f/min)	
Primary school	1	6.3	121.0	22.6	8.5	6.5	508	1368	1.01	45.0	186.5	62.6
	(6)	0.5	1.9	1.6	1.9	1.2	83	206	0.13	7.0	9.5	12.9
	2	7.7	126.5	24.9	9.0	5.5	407	1520	1.34	53.7	192.5	68.3
	(6)	0.5	2.3	1.9	2.7	1.5	31	124	0.14	4.4	10.6	14.0
	3	8.8	131.0	29.1	9.6	7.1	410	1933	1.45	49.6	199.8	60.6
	(6)	0.4	1.2	1.3	4.0	1.6	51	321	0.07	1.5	9.0	6.2
Junior high school	4	9.5	135.1	31.6	11.2	7.3	350	2003	1.65	52.1	189.0	62.3
	(6)	0.5	1.9	0.8	1.5	1.2	42	198	0.24	7.1	7.0	16.6
	5	10.7	145.4	38.7	13.3	9.6	357	2423	1.85	48.3	192.7	58.3
	(6)	0.5	2.4	3.3	4.2	3.7	23	196	0.21	8.0	4.3	9.0
	6	11.7	150.3	40.6	11.4	8.4	339	2413	1.88	46.3	193.0	56.5
	(6)	0.5	1.8	2.6	1.5	1.5	27	222	0.17	4.0	8.6	14.4
High school	1	13.3	157.1	44.4	8.0	7.2	313	3280	2.70	60.7	201.1	64.7
	(9)	0.3	7.5	9.8	3.2	4.5	29	600	0.58	3.0	5.6	11.2
	2	14.0	165.9	53.3	11.1	9.1	349	3370	2.73	51.0	196.9	52.2
UNV	(6)	0.3	2.3	2.5	3.7	1.9	23	190	0.40	6.8	5.4	8.6
	3	15.3	165.6	56.0	9.8	10.8	296	4040	3.15	56.4	191.7	49.3
	(6)	0.3	3.5	4.5	4.0	4.2	23	400	0.27	5.0	4.2	12.6
High school	1	16.0	167.0	64.2	10.0	15.0	273	3930	3.51	54.4	198.5	61.7
	(7)	0.3	3.3	7.8	5.2	4.8	34	430	0.34	4.2	9.1	12.4
	2	17.0	168.7	65.0	8.8	10.8	298	4480	3.83	59.2	193.8	55.9
UNV	(6)	0.2	2.2	8.6	4.7	3.4	29	400	0.32	4.4	6.4	8.5
	3	18.4	168.2	66.9	8.3	11.4	279	4540	3.88	58.4	206.4	54.2
	(6)	0.7	6.8	11.7	3.0	3.7	22	450	0.59	5.5	9.8	8.1
UNV	man	21.3	168.5	64.4	9.1	—	—	4568	3.60	55.5	188.2	61.4
	(6)	0.5	7.5	8.7	2.3	—	—	760	0.70	4.6	7.3	6.4

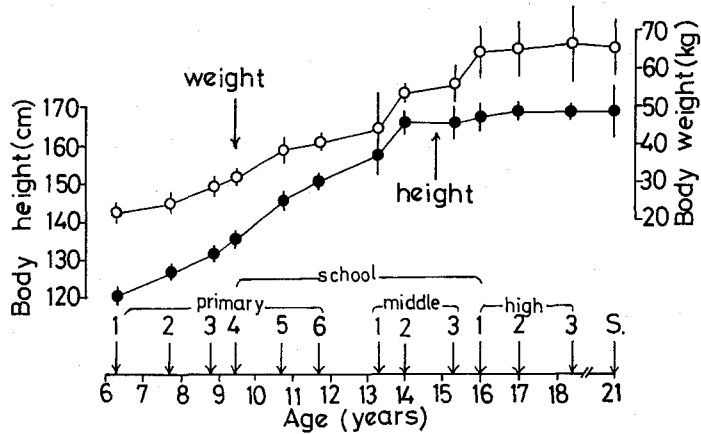


Fig. 1 Body height and body weight of subjects.  
被検者の身長及び体重

準値に近い者を選んだ (図 1)。小・中・高校生とも、皮下脂肪厚は低く標準的な体格を示したが、全身反応時間は全体的に優れていた。また肺活量は小学生は平均的であったが中・高校生はやや上まわっていた<sup>18)</sup>

## 2 最大酸素摂取量 ( $\dot{V}O_2\text{Max}$ ) 及び最高心拍数 (HRMax)

有酸素的作業能力の指標<sup>1)</sup>とされる  $\dot{V}O_2\text{Max}$  (図 2) についてみると、小学生では 1 年生の  $1.01 \pm 0.13 \text{ l/min}$  から 6 年生の  $1.88 \pm 0.17 \text{ l/min}$  と直線的に増加し、中学生 1 年が  $2.70 \pm 0.58 \text{ l/min}$ 、中 3 で  $3.15 \pm 0.27 \text{ l/min}$  となり高校生は 1 年が  $3.51 \pm 0.34 \text{ l/min}$ 、2 年が  $3.83 \pm 0.32 \text{ l/min}$ 、3 年が  $3.88 \pm 0.59 \text{ l/min}$  を示した。大学生は  $3.60 \pm 0.70 \text{ l/min}$  であった。小学校 6 年を除いて、全ての学年で標準値を上まわり、特に高校生は高い値を示していた。全体的に被検者の呼吸循環機能は優れていた<sup>2),8),11)</sup> HRMax については、小学校 1 年生が  $186.5 \pm 9.5 \text{ 拍/min}$  で最も低い値を示したが、ほとんどの被検者は 190 拍を越えていた。RRMax については、小学生は 60 回/min

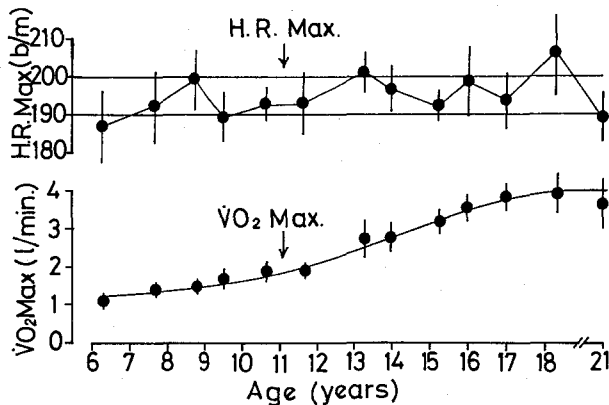


Fig. 2  $\dot{V}O_2\text{Max}$  and HR Max of subjects.  
被検者の最大酸素摂取量と最高心拍数

Table 2 Motor Intensity of walking according to school year and walking speed.  
 学年別・速度別の歩きの運動強度 (Male)

Items	school Year speed	Primary school (school year)						Junior high school (school year)			High school (school year)			U. N. V
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	1	2	3	student
up : $\dot{V}O_2$ (l/min) down : % $\dot{V}O_2$ Max (%)	40m	0.30 30.2	0.32 23.6	0.37 25.2	0.35 20.7	0.43 23.4	0.46 24.6	—	—	—	—	—	—	0.50 14.1
	60m	0.36 36.2	0.37 28.3	0.42 28.9	0.43 25.3	0.45 24.8	0.52 27.8	0.61 23.1	0.61 22.8	0.75 24.0	0.79 22.7	0.79 20.6	0.66 16.9	0.66 18.5
	80m	0.45 44.9	0.45 33.7	0.50 34.4	0.50 29.7	0.61 33.4	0.63 33.9	0.69 26.2	0.78 29.0	0.85 27.6	0.95 26.8	0.88 23.2	0.94 24.1	0.80 21.6
	100m	0.57 57.2	0.58 45.0	0.63 43.8	0.69 40.8	0.77 42.3	0.78 41.4	0.90 34.1	1.01 37.2	1.14 36.6	1.22 35.5	1.18 31.0	1.25 32.0	1.12 31.4
	120m	—	—	—	—	—	—	1.19 45.2	1.33 48.6	1.39 43.1	1.62 46.6	1.61 42.7	1.69 43.4	1.63 45.9
up : HR (beats/min) down : % HR Max (%)	40m	108.4 60.8	105.3 54.9	120.3 60.1	101.0 54.3	103.8 53.8	111.9 57.9	—	—	—	—	—	—	78.5 41.7
	60m	114.3 64.0	111.5 58.1	123.6 61.9	105.7 56.0	105.4 54.7	114.7 59.4	101.9 50.7	103.4 50.7	92.5 48.3	101.2 50.9	89.9 46.3	105.6 51.3	75.3 40.0
	80m	122.0 68.4	118.8 61.9	128.9 64.5	114.2 60.4	113.2 58.7	123.2 63.8	107.6 53.5	109.4 55.5	97.6 50.9	108.9 54.7	97.1 50.0	110.6 53.7	79.2 42.1
	100m	138.9 77.8	132.9 69.2	144.2 72.2	127.1 67.3	125.5 65.1	137.2 71.1	120.6 60.6	122.5 62.1	112.9 58.9	119.1 59.9	113.4 58.5	124.3 60.4	100.9 53.7
	120m	—	—	—	—	—	—	139.5 69.3	139.9 70.9	134.3 70.1	143.9 72.3	135.2 69.7	148.0 71.8	124.9 66.4
RMR	40m	0.8	0.8	1.1	0.9	1.1	1.2	—	—	—	—	—	—	1.4
	60m	1.2	1.1	1.4	1.4	1.2	1.5	2.1	1.9	2.1	1.8	1.9	1.6	1.7
	80m	1.7	1.7	1.9	1.8	2.1	2.1	2.5	2.8	2.5	2.4	2.3	2.4	2.4
	100m	2.6	2.5	2.7	3.0	2.9	2.9	3.7	3.9	3.8	3.5	3.5	3.6	4.0
	120m	—	—	—	—	—	—	5.2	5.5	4.9	5.1	5.2	5.3	6.3
Energy Expenditure (cal/kg/min)	40m	66.5	63.2	62.5	55.5	55.1	56.5	—	—	—	—	—	—	44.5
	60m	80.7	74.1	71.1	68.5	58.3	63.9	68.9	57.7	66.7	61.3	60.7	50.0	49.7
	80m	98.5	89.9	85.2	79.0	78.7	77.9	78.4	73.5	76.1	72.5	68.3	70.3	62.0
	100m	126.4	116.8	108.5	109.8	99.8	95.8	101.8	94.5	101.5	95.9	90.2	93.4	88.1
	120m	—	—	—	—	—	—	135.2	124.1	123.7	126.1	126.3	126.5	129.2
Energy Expenditure (cal/kg/step)	40m	0.58	0.58	0.52	0.51	0.49	0.58	—	—	—	—	—	—	0.56
	60m	0.62	0.59	0.57	0.60	0.50	0.58	0.62	0.56	0.64	0.56	0.56	0.48	0.50
	80m	0.71	0.64	0.64	0.62	0.61	0.64	0.67	0.65	0.67	0.62	0.60	0.61	0.55
	100m	0.78	0.74	0.71	0.75	0.69	0.72	0.79	0.76	0.81	0.75	0.71	0.74	0.71
	120m	—	—	—	—	—	—	0.94	0.93	0.88	0.89	0.89	0.91	0.93
RPE	40m	—	—	7~11	7~11	7~11	7~12	—	—	—	—	—	—	6~9
	60m	—	—	9~13	7~13	7~11	7~13	6~9	7~10	7~11	9~10	8~11	6~11	8~11
	80m	—	—	9~15	9~13	7~12	8~15	7~9	8~11	9~12	9~12	9~11	7~12	8~11
	100m	—	—	11~16	9~14	8~13	8~17	8~11	9~12	11~13	9~12	11~13	9~15	12~15
	120m	—	—	—	—	—	—	9~13	11~15	13~15	11~15	12~14	12~18	13~17
Step (steps)	40m	115.1	109.3	118.9	106.0	111.5	97.2	—	—	—	—	—	—	79.5
	60m	131.0	125.2	125.6	114.6	119.2	111.2	110.9	103.1	104.7	110.1	108.3	106.3	99.4
	80m	140.1	140.4	134.4	127.4	129.6	121.3	116.7	114.0	114.3	116.8	114.4	115.9	112.7
	100m	161.2	158.5	154.2	145.1	145.9	133.8	128.3	124.2	125.5	128.8	127.9	126.4	124.1
	120m	—	—	—	—	—	—	144.1	133.9	141.3	140.9	142.0	139.5	138.9

以上、中・高校生は50回/min以上を示していた。

## 2 生理的運動強度 (表2)

表2は学年別、歩行速度別に歩行の生理的運動強度について平均値を示したものであり、これらをプロットしたものが図3から図7である。歩行4分間のうち3分から4分(大学生は4分から5分)の最後の1分間の $\dot{V}O_2$ 及び $\% \dot{V}O_2 \text{ Max}$ (図3)についてみると、小学校1年では40mが0.30 l/分、30.2% $\dot{V}O_2 \text{ Max}$ 、60mが0.36 l/分、36.2% $\dot{V}O_2 \text{ Max}$ 、80mが0.45 l/分、44.9% $\dot{V}O_2 \text{ Max}$ 、100mが0.57 l/分、57.2% $\dot{V}O_2 \text{ Max}$ を示した。大学生では各々0.50 l、14.1%、0.66 l、18.5%、0.80 l、21.6%、1.12 l、31.4%、を示し分速120mでは1.63 l、45.9%であった。中・

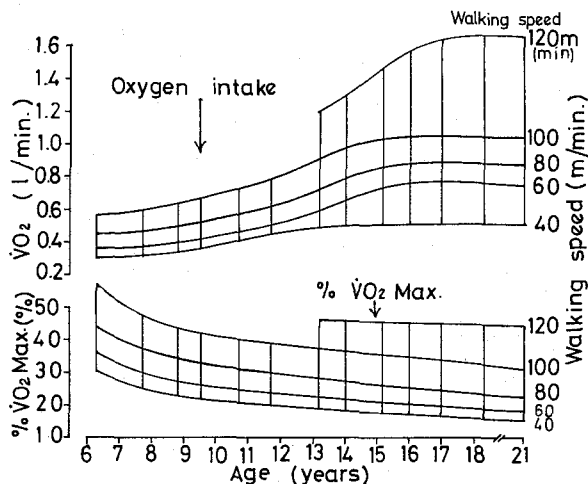


Fig. 3  $\dot{V}O_2$  and  $\% \dot{V}O_2 \text{ Max}$  according to age and walking speed.

年齢別、歩行速度別にみた酸素摂取量と $\% \dot{V}O_2 \text{ Max}$

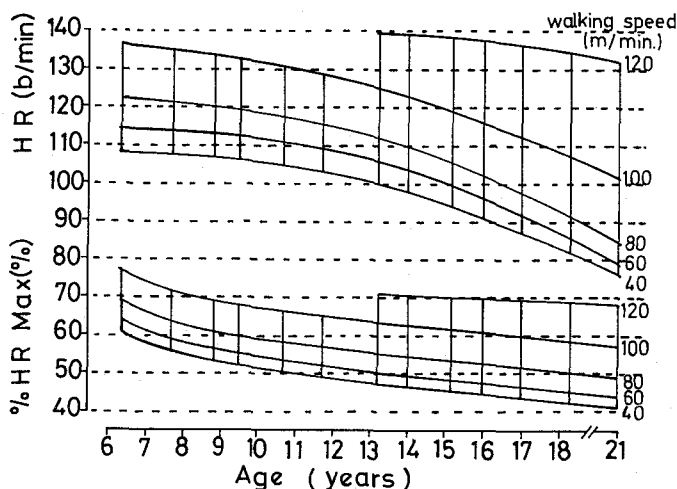


Fig. 4 HR and  $\% \text{ HR Max}$  according to age and walking speed.

年齢別・歩行速度別心拍数と $\% \text{ HR Max}$

高校生をみると、中学3年で60mが0.75 l, 24.0%, 80mが0.85 l, 27.6%, 100mが1.14 l, 36.6%, 120mが1.39 l, 43.1%, 高校3年で、60mが0.66 l, 16.9%, 80mが0.94 l, 24.1%, 100mが1.25 l, 32.0%, 120mが1.69 l, 43.4%であった。 $\dot{V}O_2$ は学年が進む毎に高くなり、各速度とも高校1年頃からSteady Stateに入っていた。しかし、 $\% \dot{V}O_2 \text{Max}$ については、小学1年が最も高く、成人になるに従ってゆるやかに低い強度を示し、最高速度の120mでは中1から大学生までほぼ45% $\dot{V}O_2 \text{Max}$ の値であった。各学年とも歩行速度が速くなるに従って指数関数的に運動強度が高くなっていった。

HR及び $\%HR \text{Max}$ についてみると(図4)小学1年で40mが108.4拍/分, 60.8%HRMax, 60mが同様に114.3拍, 64.0%, 80mが122.0拍, 68.4%, 100mが138.9拍, 77.8%を示した。そして中学2年(14.0歳)では、60mが103.4拍, 50.7%, 80mが109.4拍, 55.5%, 100mが122.5拍, 62.1%, 120mが139.9拍, 70.9%となり、大学生では、40mが78.5拍, 41.7%, 60mが75.3拍, 40.0%, 80mが79.2拍, 42.1%, 100mが100.9拍, 53.7%, 120mが124.9拍, 66.4%であった。HRは $\dot{V}O_2$ とは逆に学年が進むに従って心拍数は徐々に低下し、特に中学1年頃から急速に低くなる傾向がみられた。 $\%HR \text{Max}$ については $\% \dot{V}O_2 \text{Max}$ と同様に成長とともに低い値を示し、最高速度の120mでは13歳から21歳までほぼ70%HRMaxの値を示していた。

次にエネルギー代謝率(RMR)(図5)についてみると、小学生は分速40m歩行で0.8から1.2, 60mで1.1から1.5, 80mで1.7から2.1, 100mで2.5から3.0の範囲を示し、速度が速くなるに従って、また、高学年になるに従って有意に運動強度が高くなった。しかし、中学生以上になると60

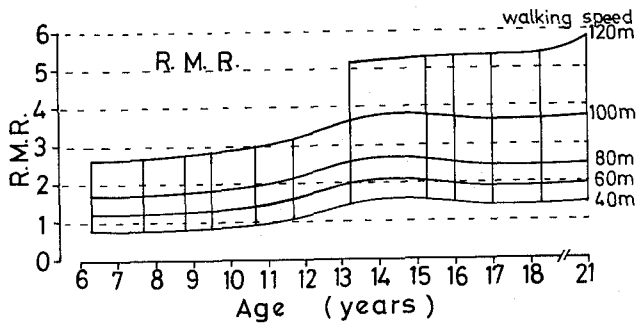


Fig. 5 Relative Metabolic Rate according to age and walking speed.  
年齢別・歩行速度別エネルギー代謝率

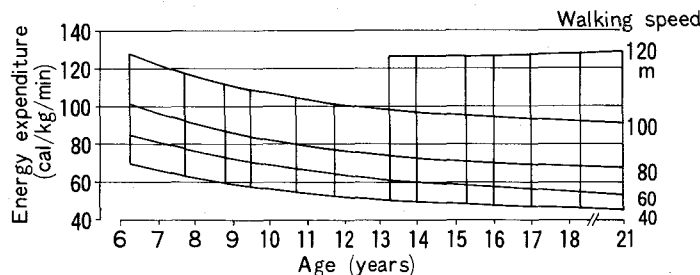


Fig. 6 Energy expenditure per body weight and minute according to age and walking speed.  
年齢別・歩行速度別の体重当り・分当りエネルギー消費量

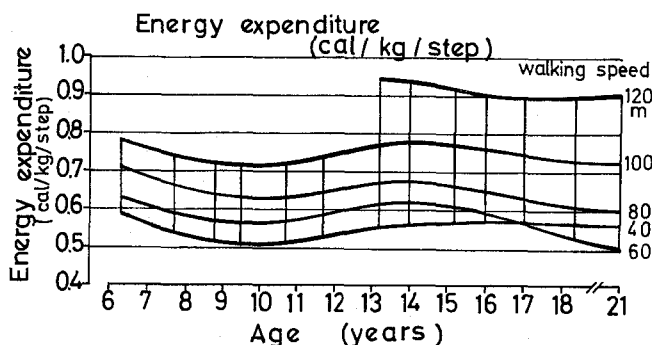


Fig. 7 Energy expenditure per body weight and step according to age and walking speed.

年齢別・歩行速度別の体重当り・1歩当りエネルギー消費量

mが1.6から2.1, 80mが2.3から2.8, 100mが3.5から4.0, 120mが4.9から6.3の範囲となり学年間に有意差が認められなかった。

エネルギー消費量について、体重当たり、1分当たりのカロリー（図6）は小学生では55.1calから66.5calで1年生が最も高い値を示した。中・高校生になると、60mが50.0calから68.9cal, 80mが68.3calから78.4cal, 100mが90.2calから101.8cal, 120mが123.7calから135.2calの範囲にあり学年が進むに従って少しずつ低くなっていたが有意差は認められなかった。しかし、最高速度の120mでは大学生がやや高くなる傾向がみられた。しかし、1歩当たり、体重当たりのカロリー（図7）は、歩行速度40mでは、0.49calから0.58cal, 60mは0.48calから0.62cal, 80mは、0.55から0.71cal, 100mは0.69calから0.81cal, 120mは0.88calから0.94calの範囲にあった。各学年で速度間では有意差が認められたが各速度で学年間では認められなかった。大学生では、60m歩行よりも40m歩行の方がcalが高い傾向を示した。

### 3. 心理的強度—主観的強度 (RPE)<sup>(4),21)</sup> (図8)

自分で歩いた時のきつさの感じを歩行終了直後に聞き、その番号を指示させた。小学校1, 2年生は理解度が低いと判断し、とり上げなかった。40mでは7から12で「楽である」60mは、7から13で「ややきつい」まで、80mは、8から15で「きつい」まで、100mは、8～17で「かなりきつい」まで、120mは、9から18で「ややきつい」から「かなりきつい」という範囲を示していた。各学年とも、速度が速くなるに従ってきつく感じていたが、各速度において学年間では、きつさの範囲がほとんど変わらなかった。

## IV 論 議

現在、欧米諸国をはじめ、わが国においても国民は個々の健康や体力を維持したり増進することをねらいとしていろいろな運動・スポーツ・レクリエーション等を生活の中で実践している<sup>7)</sup>最も手短かに実践されている歩行に関する資料はかなり古くからみられる。<sup>(6),19),20),23),25),26),27)</sup>しかし、子供から大人までが、実際にはどれくらいの速さでどれくらいの時間をかければよいのかという問題にぶつかり、他の人達の仕方をまねたり、親子が同じ方法でしたり、自己流で実践しているこ



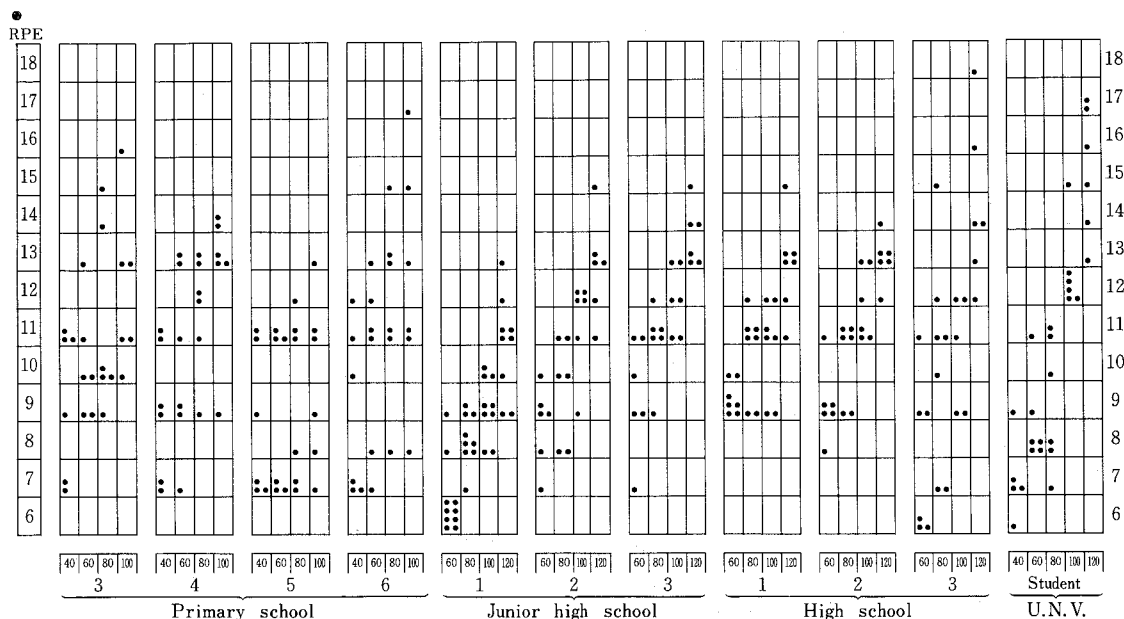


Fig. 8 Relative Perceived Exertion (R. P. E.) according to school year (age) and walking speed.  
 学年別・歩行速度別主観的強度

とが多いと思われる。本研究では、歩行の速度や年齢に応じた運動の質や量からよりよい運動処方をおこなうための運動プログラムを考える資料を得た。

歩行時の酸素摂取量は、どの速度においても学年が進むに従って高くなり、特に中学校1年および2年頃から著しく増大し、高校1年では成人の酸素摂取水準と等しくなる。そして、全身持久性の指標<sup>1)</sup>とされる  $\dot{V}O_2\text{Max}$  に対する比率は、子供から成人にむけて徐々に低くなるが、特に小学校低学年は生体負担度が高く、13歳頃から成人の強度に近くなる。また、体重当たりの酸素摂取量についても子供から成人にむけて徐々に低くなり各速度において成人の値は小学生のほぼ1.2倍から1.6倍に相当していた。これらの傾向は黒田<sup>13)</sup>等の報告と類似していた。青木<sup>2)</sup>は、走行時の酸素摂取量および体重当たりの酸素摂取量の年齢による推移について、分速100m及び120mでの酸素摂取量は体重の大きさに依存し、発育・発達に伴って増加し、20歳代と30歳代で大きな値を示したが、同一速度での体重当たりの酸素摂取量は、幼稚園児で最も大きく、以降20歳代まで発育発達に伴って減少し、それ以降の加齢に伴う変化はみられなかったことを報告している。13歳前後から急速に運動強度が高くなり成人の値に近づくことについては、酸素摂取率や1回換気量が急激に増加していることから考察される。この点については  $\dot{V}O_2\text{Max}$  もその傾向を示し、本被検者については、13歳頃を基点に呼吸・循環機能の発達が著しいことを意味しているものと考えられる。

図9から11は生理的運動強度について、歩行速度をX軸にとり、年齢群毎に比較したものである。 $\dot{V}O_2$ ,  $\% \dot{V}O_2\text{Max}$ , HR,  $\% \text{HRMax}$ , RMR及びエネルギー消費量のいずれにおいても速度が速くなるに従って指数関数的に有意に増大していた。歩行速度が倍の速度になると生体に与える負担度は1.7~2.0倍に増大していることがわかる。 $\dot{V}O_2$  や RMR については小学生が低い水準にあるが  $\% \dot{V}O_2\text{Max}$ , HR,  $\% \text{HRMax}$  は小学生の方が高い水準にあることが明らかとなった。

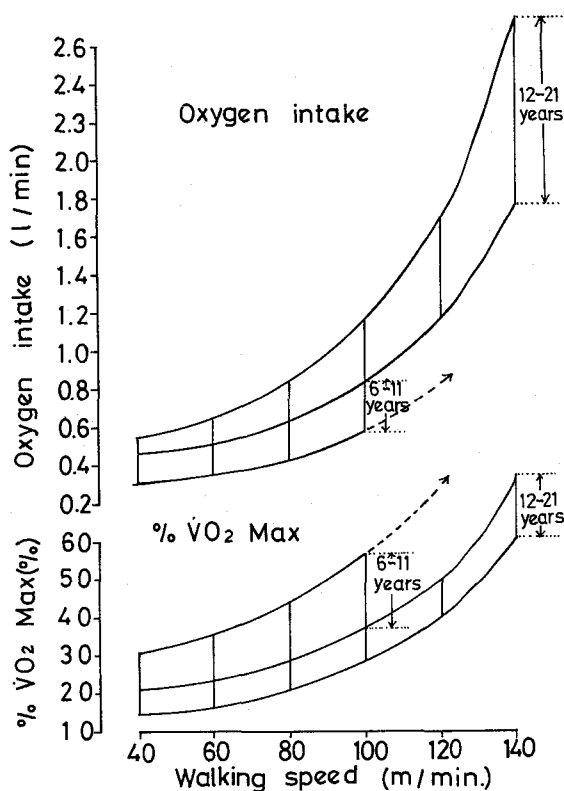


Fig. 9  $\dot{V}O_2$  and %  $\dot{V}O_2$  Max according to walking speed.  
歩行速度別の酸素摂取量と%  $\dot{V}O_2$  Max

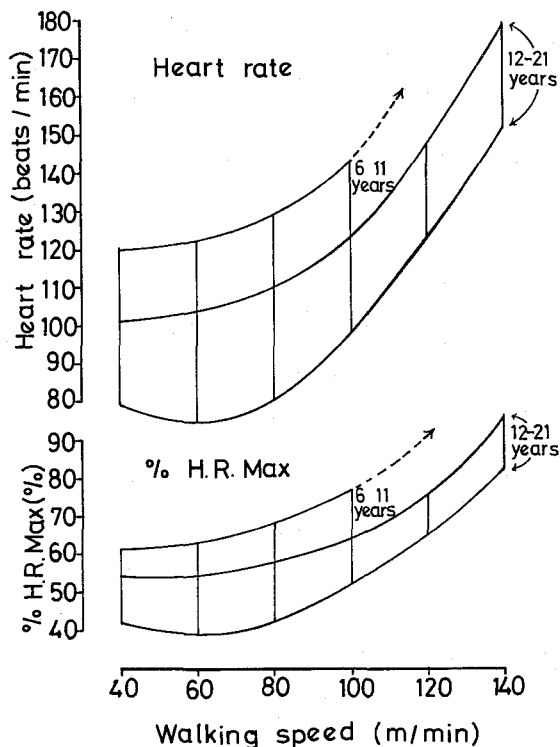


Fig. 10 HR and % HR Max according to walking speed.  
歩行速度別の心拍数と % HR Max.

また体重当たり、1歩当たりのエネルギー消費 cal は40mから100mの間では小学生から大学生まで有意差が認められなかった。この点については、小学生は体重が低く、歩数が多いことが影響しているものと考えられる。これらの結果から大人が80m歩行を行って80 Kcalのエネルギーを消費するには16分から26分必要とし、100mに増速した場合は12分から18分で消費できることが計算できる。また、子供から成人まで、体重当たり、1分当たりのエネルギー消費 cal が明らかとなった。例えば、分速80m歩行で、体重30kgの小学校3年生と体重70kgの大学生が60分間歩いた場合

$$\left\{ \begin{array}{l} 85.2\text{cal} \times 30\text{kg} \times 60\text{分} = 153360\text{cal} \approx 153.4\text{Kcal} \\ 62.0\text{cal} \times 70\text{kg} \times 60\text{分} = 260400\text{cal} = 260.4\text{Kcal} \end{array} \right\}$$

となる。また、体重当たり、1歩当たりのエネルギー消費 cal 計算の場合、小学生がほぼ0.64cal、大学生が0.55calとなった。

今、1万歩歩行したとすると

$$\left\{ \begin{array}{l} 0.64\text{cal} \times 30\text{kg} \times 10000\text{歩} = 192000\text{cal} = 192\text{Kcal} \\ 0.55\text{cal} \times 70\text{kg} \times 10000\text{歩} = 385000\text{cal} = 385\text{Kcal} \end{array} \right\}$$

となる。但し、この場合、1万歩の距離は

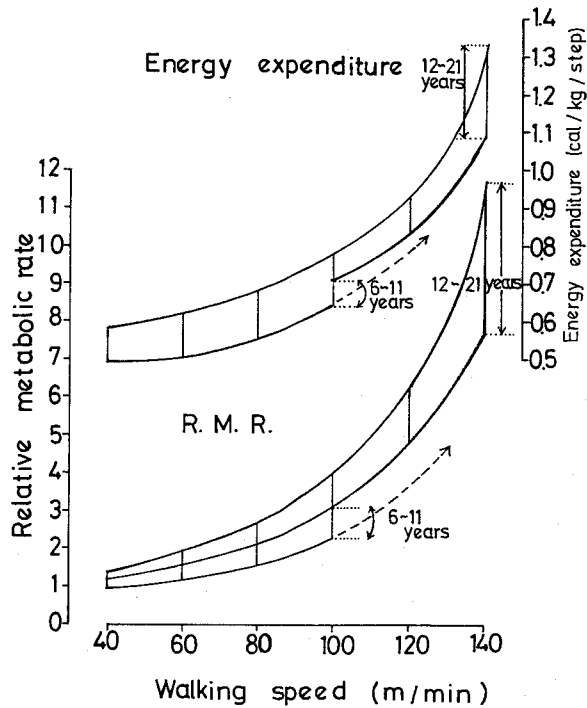


Fig. 10 Relative Metabolic Rate according to walking speed.  
歩行速度別のエネルギー代謝率

$$\left( \begin{array}{l} 80\text{m} \div 134.4\text{歩} \times 10000\text{歩} \doteq 5952.4\text{m} \\ 80\text{m} \div 112.7\text{歩} \times 10000\text{歩} \doteq 7098.5\text{m} \end{array} \right)$$

となり大学生の方が歩行距離が長くなる。

同じ4km歩行の場合

$$\left( \begin{array}{l} 134.4\text{歩} \times (4000\text{m} \div 80\text{m}) = 6720\text{歩} \\ 112.7\text{歩} \times (4000\text{m} \div 80\text{m}) = 5635\text{歩} \end{array} \right)$$

となり消費カロリーは

$$\left( \begin{array}{l} 0.64\text{cal} \times 30\text{kg} \times 6720\text{歩} = 129024\text{cal} \doteq 129\text{Kcal} \\ 0.55\text{cal} \times 70\text{kg} \times 5635\text{歩} = 216948\text{cal} \doteq 217\text{Kcal} \end{array} \right)$$

となる。

Margaria (1938)<sup>15)</sup> 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、本研究の大学生の消費calよりもかなり低い値を示していた。

また、Pasmore<sup>22)</sup> や Ralston<sup>24)</sup> たちは、歩行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、本研究の結果では全学年において類似した傾向が認められ、歩行速度の増加は各年齢で指数関係的に有意に負担を増大させるが同一速度では、13歳頃からほぼ、成人

と類似した運動強度を示すことが明らかとなった。

一方、エアロビクスといわれる有酸素運動によって、呼吸・循環機能の発達や維持につとめるわけであるが、一般的に、全身持久性のトレーニングにおいては $\dot{V}O_2\text{Max}$ の60~70%の強度以上の負荷で、 $\dot{V}O_2\text{Max}$ の増加が認められると言われている。加賀谷<sup>10)</sup>は、小学生にとって、70~75% $\dot{V}O_2\text{Max}$ が持久性トレーニングの最小強度であると報告している。浅見は<sup>3)</sup>軽いトレーニングとして、運動時間を60分—40% of  $\dot{V}O_2\text{Max}$ の組み合わせを示している。本研究の結果では、50% $\dot{V}O_2\text{Max}$ 以上の強度を示したのは分速100m歩行で小学1年生が57.2% $\dot{V}O_2\text{Max}$ を示したのみで中・高校生・大学生では最高速度の120m歩行でさえも45% $\dot{V}O_2\text{Max}$ にすぎなかった。<sup>12),23),28),29)</sup>大学生については、140m歩行を実施したがこの場合は、全員が60% $\dot{V}O_2\text{Max}$ を越えていた。いずれにしても、本実験における歩行強度の場合、全身持久性の向上をめざすというよりも、呼吸・循環器系の効率の改善や発育・発達を助長させる程度の運動強度であると考えられる。<sup>6),23)</sup>しかし、歩行可能な速度で歩行時間を延長したり、傾斜や重量負荷を加えることにより運動強度は十分に高くなるものとする。<sup>26),27)</sup>本研究で示したように、特に中学1・2年頃から $\dot{V}O_2\text{Max}$ や、運動代謝量が増大し、呼吸・循環機能が著しく発達する中・高校生については、全身持久性の向上をねらいとする場合は、ジョギングから走行へと運動様式を変え、 $\dot{V}O_2\text{Max}$ に対する比率を高めたり時間や頻度の組み合わせによる運動プログラムを作成し実践することが重要となる。

## V 要 約

平均年齢6.3歳の小学校1年生から21.3歳の大学生までの各学年6名以上、計82名の健康な男子を対象に、分速40m、60m、80m、100m及び120mの4分間（大学生は5分間）のトレッドミル歩行を行わせ、生理的強度及び主観的強度について、年齢別及び速度別に比較検討した。結果は次のように要約される。

1. 歩行終了前1分間の $\dot{V}O_2$ は、分速40mでは小学校1年生の0.30 lから6年生の0.46 lに増加し、大学生で0.50 lを示した。同様に60mでは、0.36 lから0.66 l、80mでは、0.45 lから0.80 l、100mでは0.57 lから1.12 l、そして120mでは中学1年生の1.19 lから大学生の1.63 lに増加していた。

最大酸素摂取量に対する比率(% $\dot{V}O_2\text{Max}$ )は、同様に40mで30.2%から14.1%、60mで36.2%から18.5%、80mで44.9%から21.6%、100mで57.2%から31.4%へと緩やかに低下していた。120mでは、中学校1年生から大学生まで45%前後の負荷強度を示した。

2. HRについてみると、40mで108.4拍から78.5拍、60mで114.3拍から75.3拍、80mでは122.0拍から79.2拍、100mでは、138.9拍から100.9拍に低下していた。120mでは中学校1年生から大学生までほぼ135拍から140拍の値を示した。

%HRMaxについては、各々、60.8%から41.7%、64.0%から40.0%、68.4%から42.1%、77.8%から53.7%に低下し、120mでは、中学校1年から大学生までほぼ70%前後の強度を示した。

3. % $\dot{V}O_2\text{Max}$ 及び%HRMaxは各速度において小学生は大学生よりも15%~25%ほど有意に高い強度を示したが中学生から大学生の間では類似した強度を示した。
4. 体重当たり、一步当たりのエネルギー消費 cal は40mが0.58cal から0.56cal、60mが0.62cal から0.50cal、80mが0.71cal から0.55cal、100mが0.78cal から0.71cal に低下し、120mでは0.9

cal 前後の値を示した。

5. RMR は、同様に0.8から1.4, 1.2から1.7, 1.7から2.4, 2.6から4.0となり加齢とともに高くなり、大学生は小学生の1.2~1.5倍の強度に相当した。
6. RPE は40mでは7~12, 60mで7~13, 80mで7~15, 100mで8~17, 120mで9~18の範囲を示し、年齢別では差がみられないが速度別にみると速度が速くなるに従ってきつく感じる傾向が明らかとなった。
7. 歩行速度の増大は、各年齢で指数関数的に有意に負担を増加させるが、同一速度では、中学校1年生, 13歳頃から、ほぼ成人と類似した運動強度を示すことが明らかとなった。
8. 本実験の歩行強度は全速度において低く、呼吸・循環器系の効率の改善や、発育・発達を助長させる程度の運動強度であると推察され、全身持久性の向上をねらいとする場合は、歩行時間の延長、傾斜や重量負荷を加えることにより運動強度を十分に高めることが可能であると考ええる。

#### 参考文献

- 1) Åstrand, I.: Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. Acta physiol. Scand. 49, Suppl. 168-169, 1960.
- 2) 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.
- 3) 浅見俊雄: 体育科学センター(日本)方式の理論と実際, 体育の科学, 28, 674-677, 1978.
- 4) Borg, G.: A note on category scale with "ratio properties" for estimating perceived exertion. Reports from the Institute of Applied Psychology, the University of Stockholm, No. 36, 1973.
- 5) 福永哲夫, 湯浅景元: コーチングの科学, 朝倉書店, 1986.
- 6) 福永哲夫: ヘルシー・ウォーキング, 歩く健康法, 女子栄養大出版部, 1987.
- 7) 波多野義郎, 竹田憲司, 山田俊二: 健康づくりのスポーツ科学, 同朋舎, 1988.
- 8) 猪飼道夫, 高石昌弘: 身体発達と教育, 第一法規, 1970
- 9) K. H. Cooper: The New Aerobics(広田公一, 石川且訳, 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.
- 10) 加賀谷照彦: 疲れやすい子どものための運動量, 体育の科学, 28, 529-682, 1978.
- 11) 勝田茂, 今野道勝他: 児童の身体作業能力に関する研究, 第1版, 自転車エルゴメーターによる児童の有酸素的作業能力について, 体育学研究, 16, (1), 17-23, 1971.
- 12) 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.
- 13) 黒田善雄, 福永哲夫: ランニングにおける子どものエネルギー消費量, 体育の科学, 31, (4), 231-236, 1981.
- 14) Katch, F. I. and W. D. McArdle: Nutrition, weight control and exercise, Houghton Mifflin Co., 1977.
- 15) Margaria, R. 金子公有訳: 身体運動のエネルギー, ベースボールマガジン社, 1978.
- 16) 宮下充正: 歩行研究の概略, 体育の科学, 15(5), 264-273, 1965.
- 17) 文部省体育局: 昭和62年度体力運動能力調査報告書, 1987.
- 18) 東京都立大学身体適性研究編: 日本人の体力標準値第三版, 1980.
- 19) 沼尻幸吉: 歩行運搬のエネルギー代謝に関する研究 (I報) (II報) 労働科学, 38, 173, 327, 1962.
- 20) 奥山美佐雄: 無負荷歩行時のガス代謝, 労働科学研究, 10, 162-179, 1933.
- 21) 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.
- 22) Passmore, P. and J. V. G. A. Durnin: Human energy expenditure, Physiol. Rev. 35, 801-840, 1955.
- 23) 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.
- 24) Ralston, H. J.: —Energy—Speed relation and Optimal speed during level walking, Int. Z. angew. physiol. einschli. Albeitphysiol. 17: 277, 1958.

杉山 允 宏

- 25) 指田吾一：青少年の代謝能に関する研究（其の四）自由歩行におけるエネルギー需要量の年齢的差異に就て，体力科学，2巻2号，1952。
- 26) 杉山允宏，桐島日出夫，平谷昭彦，大八木達也：歩行のエネルギー消費，人間工学，Vol, 17, No6, 1981。
- 27) 杉山允宏，越智誠二：中・高年者の歩行の運動強度，愛媛大学教育学部紀要，第1部，教育科学，第35巻，113-124，1989。
- 28) 田中周一：小学生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，1982。
- 29) 渡部裕志：中・高校生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，1982。

# Motor Intensity of Walking of Men in primary, junior high, high school and University.

**Masahiro Sugiyama**

Laboratory of Exercise Science

Faculty of Education,

Ehime University

(Received October 11, 1989)

The purpose of the present study is to observe the motor intensity of walking according to school age and walking speed. Walking speed was settled five speeds of 40 m, 60 m, 80 m, 100 m, and 120 m per minute. Subjects were 82 boys and Students in primary, junior high, high school and University. As the results of this study, the following conclusions were obtained :

1. Oxygen intake increased from 0.30  $\ell$  /min of 6 years boys to 0.5  $\ell$  /min of students of university in 40 m walking speed, 0.36  $\ell$  /min to 0.66  $\ell$  /min in 60 m, 0.45  $\ell$  /min to 0.80  $\ell$  /min in 80 m, 0.57  $\ell$  /min to 1.12  $\ell$  /min in 100 m and 1.19  $\ell$  /min of 12 years boys to 1.63  $\ell$  /min of students in 120 m.  $\dot{V}O_2$  ratio per Maximum Oxygen intake were about 45 percents during from junior high school boys and students in 120 m walking speed.
2. %  $\dot{V}O_2$  Max and % HR Max of primary school boys were indicated more high motor intensity about 15 or 25 percents than University students significantly, but it was similar motor intensity during junior high school boys, high school boys and University students.
3. Increase of walking speed elevated motor intensity significantly in each school year, but in the same walking speed, it was explained that motor intensity of load improve adult level from about 13 years old.