

# 子どもの有酸素性作業能力の測定

東京大学教育学部体育学研究室 宮 下 充 正  
" 武 藤 芳 照  
" 岩 岡 研 典  
" 定 本 朋 子  
" 高 本 美 和 子  
" 谷 口 有 子  
" 中 村 好 男  
横浜市立中尾小学校 齊 藤 昇

## Measurement of submaximal aerobic power in children

Mitsumasa MIYASHITA, Yoshiteru MUTOH, Kensuke IWAOKA, Tomoko SADAMOTO,  
Miwako TAKAMOTO, Yuko TANIGUCHI, Yoshio NAKAMURA and Noboru SAITOH

PWC150 in 935 school children whose ages were ranged from 6 to 17 yrs, was measured using a computerized bicycle ergometer. The absolute values of boys increased with age, while those of girls increased in like manner until 11 yrs, but maintained the almost same level over 11 yrs. Sex difference was observed in the relative value of PWC150 to body weight. It was concluded that PWC150 was available for easy assessment of submaximal aerobic power in children although further researches were required for obtaining the reliable norm.

## I 緒言

最大酸素摂取量で代表される有酸素性作業能力は、呼吸循環系の機能を表すものであり、健康な生活を維持するために重要な役割を果たす。これを随時測定することによって、日常の身体運動の効果あるいは循環系機能の低下の有無などを検討することができる。ただし、最大酸素摂取量の直接法による測定は、手順が煩雑であり、多数の運動実践者が、定期的に測定を受けるためには適当ではない。

宮下ら(1983)<sup>23)</sup>は、成人を対象とした有酸素性作業能力の指標として、 $PWC_{75\%HR_{max}}$ を用いることを提案した。これは、余裕を持った心拍数反応でどの程度の仕

事が遂行できるかという観点から、測定時に高い強度での運動を課す危険を減らし、人的経済性を高めて、多人数の測定を可能にするための指標である。

近年、子どもの運動不足や成人病の発生病例が多数報告されるに及んで、子どもに対する有酸素性作業能力の簡易な測定法の必要性が高まってきた。従来、子どもの有酸素性作業能力の指標としては、最大酸素摂取量や $PWC_{170}$ が代表的であり、多数の測定結果が報告されてきた。しかし、測定中の心拍数が170拍/分以上に増加することに伴う危険性は、成人同様、子どもにおいても存在し、この点から両者は簡易な測定法には適さない。

子どもの最大心拍数は、性や年齢、身長によらず一定で、ほぼ190-210拍/分であるとされている<sup>8,9,12,13,16,17,25,31)</sup>。したがって、子どもでは、 $PWC_{150}$ を測定する

ことによって、最大心拍数のほぼ75%に相当する強度での作業能力を評価することができる。これは、成人に対する  $PWC_{75\%HR_{max}}$  と同様、測定に伴う危険を低減させて簡易性を高めた測定法であるといえる。

そこで、本研究では、都市に在住する児童・生徒を対象として、宮下ら (1983)<sup>23)</sup> の方法にならった3段階負荷漸増法を用いて  $PWC_{150}$  を測定し、評価法を検討するとともに、その標準値を作成することを目的とした。

## II 方法

被検者は、横浜市立中尾小学校児童および東京大学教育学部付属中・高生徒計935名である。小学校児童においては、父兄に測定趣旨と手順等を記した書面を配布して、了承を得た。中・高生徒については、測定前に担任教諭から説明を行い、趣旨と手順等を記した書面を本人に手渡した後に参加の同意を得た。測定は、小学校児童については1985年12月2—9日、中・高生徒については同年10月15—25日の間に測定した。検者は東京大学教育学部体育学研究室の大学院生を中心とする17名が交替で実施し、小学生については5台の自転車エルゴメーターに4—5名、中・高生については5台につき3—4名が担当した。

表1 被検者の身体特性 (平均±標準偏差)

学 年	被検者数	身長 (cm)	体重 (kg)	
小 1	男女	27	122.1±4.8	23.4±2.6
		28	118.6±5.1	21.5±3.3
小 2	男女	36	125.0±4.4	25.9±4.3
		27	125.3±4.9	25.8±4.4
小 3	男女	26	130.7±3.6	28.2±3.8
		23	132.6±5.9	28.9±4.6
小 4	男女	29	137.2±6.8	32.5±7.1
		27	137.0±4.9	31.7±5.2
小 5	男女	26	142.2±5.5	36.8±5.4
		28	143.0±5.7	33.9±4.1
小 6	男女	30	147.8±6.1	39.6±6.1
		28	151.6±4.8	42.0±5.5
中 1	男女	52	156.2±7.4	46.5±7.8
		50	155.1±5.6	46.0±7.0
中 2	男女	55	163.2±8.7	51.6±8.9
		47	155.6±4.7	45.7±5.0
中 3	男女	50	165.6±5.4	54.4±6.7
		54	157.1±4.9	50.3±5.3
高 1	男女	49	169.4±4.9	59.2±8.5
		50	158.1±5.5	49.9±4.6
高 2	男女	45	171.7±5.8	60.8±6.5
		45	158.6±4.6	51.5±6.4
高 3	男女	47	172.1±5.0	61.6±7.7
		45	159.3±7.1	50.9±4.7

被検者は自転車エルゴメーター(コンビ社製,エアロバイク700)に座り,1分以上安静にした後に,3分間の漸増法による自転車エルゴメーター駆動を9分間行った。作業強度は,吉沢(1972)<sup>30)</sup>の報告に準拠した。すなわち,小学生児童については,各段階120—140,140—160,160—180拍/分の心拍数になるように負荷を設定し,中・高生については,性別・学年別に負荷を定めた。各段階2—3分目の心拍数を,耳朶に取り付けた赤外光電脈波センサーにより計測した。各負荷と心拍数との関係を最小二乗法を用いて一次回帰し,150拍/分における仕事率を,内挿法あるいは外挿法によって求めた。また,参考のために170拍/分での仕事率も算出した。ただし,第3段階の心拍数が第2段階のものよりも低いというような,明らかに異常と思われるデータについては検討から除外した。除外例は,11例存在した。

## III 結果

各段階での負荷と心拍数を,表2に示した。小学生については,目標心拍数に到達するように検者に指示したにも関わらず,目標心拍数を下回る場合が多く,特に高学年にその割合が高かった。中・高生の心拍数については,いずれの場合も,小学生に対して設定した目標心拍数よりも低かった。

表3に,各学年の  $PWC_{150}$ ,  $PWC_{170}$  を男女別に示した。 $PWC_{150}$  についてみると,小学生では男女ともほぼ同等で,年齢と共に増加したが,中学生以降では,男子はそのまま増加を続けるのに対し,女子は年齢に伴う増加傾向が認められなかった。体重1kgあたりの値で見ると,男子では小学5年までは1.7—2.0W/kgであるが,小学6年以降は2.1—2.3W/kgに上昇していた。一方,女子は,1.4—2.0W/kgの範囲にあり,年齢に伴う顕著な変化は認められなかった。 $PWC_{170}$  については  $PWC_{150}$  とほぼ同様の傾向を示した。

## IV 考察

有酸素性作業能力は,健康にとって特に重要な体力要素であるとする考え方がある<sup>14)</sup>。子どもにおいても,有酸素性作業能力を正しく評価する必要がある。有酸素性作業能力の代表的な指標としては,最大酸素摂取量あげられる。これは,最大努力時の呼吸・循環器系の応答を評価するものであるが,最大下運動での心拍応答などから推定する方法も数多く提案されている。ところで,換気閾値,  $PWC_{170}$  などの最大下作業能力の指標は,最大酸素摂取量とは相関が低く,独立した指標であるという報告があり<sup>21,26)</sup>,最大酸素摂取量だけでは持久性の全て

表 2 各段階の負荷と心拍数(平均±標準偏差)の測定

学 年	第 一 段 階		第 二 段 階		第 三 段 階		
	負 荷(W)	心拍数(拍/分)	負 荷(W)	心拍数(拍/分)	負 荷(W)	心拍数(拍/分)	
小 1	男	20.4± 2.7	127.6± 7.5	36.1± 5.8	145.2± 8.7	51.5± 7.4	166.6± 7.2
	女	14.8± 0.9	133.5± 6.0	30.0± 3.7	147.5± 8.3	42.7± 4.2	168.3± 7.0
小 2	男	24.7± 3.6	122.1± 9.5	41.1± 8.0	138.8± 9.8	63.1±11.2	163.7± 8.9
	女	18.5± 5.2	121.8± 7.9	36.7± 9.8	138.4± 7.2	54.8± 9.8	161.4± 6.0
小 3	男	21.5± 4.4	123.2±11.2	42.5± 5.9	144.0± 9.3	61.9± 7.5	163.6±10.6
	女	18.5± 5.5	122.5±11.1	35.4± 7.1	139.0±10.4	54.8± 8.7	162.6±10.0
小 4	男	28.1± 4.7	122.9± 8.5	50.0± 5.7	142.9±11.6	69.3± 9.9	164.7±13.9
	女	23.7± 4.3	123.2±10.1	40.7± 5.5	139.3±11.0	61.3± 6.3	161.4± 9.3
小 5	男	27.3± 4.1	112.3±13.7	52.9± 9.5	133.9±13.5	76.5± 9.5	155.3±15.8
	女	23.2± 4.1	115.5±10.7	45.7± 7.2	132.6± 9.7	67.5± 8.0	153.9±11.7
小 6	男	36.2± 9.9	110.4± 9.8	70.7±13.5	131.7± 7.9	101.7±15.2	154.3± 8.7
	女	41.1±13.1	116.3± 9.1	74.1±16.3	141.0±11.4	98.4±15.2	162.5±11.6
中 1	男	25	100.3±11.9	75	128.5±14.1	100	147.9±16.4
	女	25	104.7±10.3	50	122.3±12.2	75	143.6±14.5
中 2	男	25	101.3±14.6	75	125.4±16.4	125	150.7±17.7
	女	25	110.4±13.7	50	128.2±12.2	75	147.0±15.2
中 3	男	50	106.4±12.6	100	132.6±15.9	150	158.7±17.5
	女	50	115.7±11.7	75	136.6±13.5	100	157.3±15.7
高 1	男	50	106.5±13.3	100	129.4±15.5	150	152.7±17.9
	女	50	119.3±18.9	75	140.4±14.4	100	159.4±14.1
高 2	男	50	98.2±11.4	100	122.4±12.1	150	145.3±12.7
	女	50	119.6±13.1	75	138.9±14.0	100	157.6±14.7
高 3	男	50	109.9±15.6	100	132.7±18.4	150	155.2±17.3
	女	50	124.9±12.4	75	144.1±12.3	100	163.2±12.0

注) 中1～高3の負荷は学年毎に同一負荷を設定

を評価することができないともいわれている<sup>7)</sup>。また、Massicotteら(1974)<sup>20)</sup>は、子どもを対象として3種の強度の有酸素性トレーニングを課し、最大下作業時の心拍数は3群とも同様に低下したのに対して、最大酸素摂取量は最も強度の高い群だけしか向上しなかったことを報告している。このことは、トレーニングに対する適応のメカニズムが、最大酸素摂取量と最大下の心拍数とで異なるということを示唆している。すなわち、最大努力の運動による有酸素性作業能力の指標と、最大下運動から決定した指標とは、別のものであると考えたほうがよい。

有酸素性作業能力の簡易な測定法としては踏台昇降テストがあるが、妥当性に問題がある<sup>32)</sup>といった指摘もある。5分間走あるいは12分間走といったフィールドテストによって評価する方法もあるが、広い場所を必要とし、成績に走技術が関与するといった短所がある。

近年、自転車エルゴメーターの最大下作業での心拍数応答から最大酸素摂取量を推定する方法が広く用いられるようになってきた。5-6分間の定常作業時の負荷と心拍数から推定するオストランド法を始めとして、3段

階の負荷での作業による外挿法など、様々な変法が提案されている。これらは、最大下作業によって得られた測定値を、広く認められている最大酸素摂取量に変換しようとするものである。しかし、先に述べたように、最大努力時の指標と最大下の循環系の応答とは区別して考えるべきものである。

最大下の作業能力の簡易な指標としてはPWC<sub>170</sub>が広く用いられている。この測定では、目標心拍数よりも高い心拍数での作業を行って内挿法により決定するのが一般的であるが、170拍/分まで達しない場合でも、外挿によって決定することができる。ただし、外挿法を用いる場合には過大評価しやすい<sup>29)</sup>といわれているので、正確な値を得るためには、170拍/分を超える強度で作業を行わせることが望ましい。

ところで、170拍/分という最大作業に近い強度の運動は、専門家が心電図あるいは心拍数を確認しながら研究室の中で行う場合には問題は少ないが、広く誰でもが実施でき、場合によっては被検者自身で行えるというような簡易な測定には適さない。すなわち、PWC<sub>170</sub>を用いる場合でも、実際にはもっと低い強度での負荷での心

表3 PWC<sub>150</sub> および PWC<sub>170</sub> (平均±標準偏差)

学 年	PWC <sub>150</sub>		PWC <sub>170</sub>		
	(W)	(W/kg)	(W)	(W/kg)	
小 1	男女	39.6±9.8	1.7±0.4	56.6±13.0	2.4±0.5
	男女	28.6±5.5	1.4±0.3	45.6±7.8	2.2±0.5
小 2	男女	51.4±13.2	2.0±0.5	71.1±16.1	2.8±0.7
	男女	45.7±11.9	1.8±0.5	64.6±14.8	2.5±0.6
小 3	男女	49.9±15.2	1.8±0.5	71.9±19.7	2.6±0.6
	男女	44.6±14.0	1.5±0.4	64.3±16.1	2.2±0.5
小 4	男女	59.6±20.9	1.8±0.4	81.0±28.1	2.5±0.5
	男女	51.5±13.3	1.6±0.4	72.9±17.5	2.3±0.5
小 5	男女	72.9±16.6	2.0±0.4	97.3±20.5	2.7±0.5
	男女	65.1±14.3	1.9±0.4	90.1±17.1	2.7±0.5
小 6	男女	97.4±17.1	2.5±0.4	128.9±21.7	3.3±0.4
	男女	85.5±19.2	2.0±0.4	112.2±22.5	2.7±0.5
中 1	男女	110.4±29.1	2.4±0.6	145.9±36.1	3.2±0.7
	男女	88.3±23.0	1.9±0.5	116.4±25.3	2.6±0.6
中 2	男女	129.8±3.7	2.5±0.6	174.0±46.2	3.4±0.8
	男女	83.7±25.3	1.8±0.5	113.8±18.9	2.5±0.7
中 3	男女	137.3±32.4	2.5±0.6	177.6±39.1	3.3±0.7
	男女	93.6±18.9	1.9±0.4	119.1±19.5	2.4±0.5
高 1	男女	150.9±47.1	2.6±0.8	196.7±55.7	3.4±0.9
	男女	88.1±19.5	1.8±0.3	115.1±21.6	2.3±0.4
高 2	男女	162.4±29.4	2.7±0.5	207.1±37.2	3.4±0.6
	男女	91.5±20.7	1.8±0.4	118.8±23.6	2.3±0.5
高 3	男女	142.0±41.8	2.3±0.6	188.7±48.6	3.1±0.7
	男女	82.6±15.7	1.6±0.3	110.2±18.4	2.2±0.3

拍数から推定することになり、誤差の増大は避けられない。実際、本研究の小学生児童の測定においても、検者に対しては PWC<sub>170</sub> の測定をすると指示し、第3段階の目標心拍数(160—180拍/分)を明示したにも関わらず、実際には若干低めの負荷を選択して160拍/分まで至らない場合も多かった。この傾向は、負荷が大きくなる高学年の場合に特に顕著であった。これは、検者が運動に伴う危険を考慮して強い負荷を課すことをためらったことによるものと考えられる。

宮下ら(1983)<sup>23)</sup>は、余裕を持った心拍反応での作業能力として PWC<sub>75%HRmax</sub> を提唱し、成人を対象として多くの測定結果を報告している。これは「全身持久力の指標は、比較的長時間の運動を遂行できる有酸素性エネルギー代謝過程の能力を反映する指標で表示すべきである」という理念に基づくものである。比較的低強度の運動で測定可能な実践的尺度であり、不特定の被検者の有酸素性作業能力を簡易に評価できる。子どもの最大心拍数は190—210拍/分であり、性・年齢の影響はあまり受けない<sup>8,9,12,13,16,17,25,31)</sup>。したがって、75%HRmax に相当する心拍数は約150拍/分であり、成人における PWC<sub>75%HRmax</sub> と同様の理念に基づく測定法としては

PWC<sub>150</sub> が有効であるといえる。しかも、150拍/分程度の運動は比較的簡意に実施可能であり、PWC<sub>170</sub> において問題となる過大評価の影響は少なくなる。本研究においても、ほとんどの被検者が150拍/分を越えた運動を完了していた。簡易であり、危険が少なく、誤差が少ないという3つの観点から子どもの有酸素性作業能力を評価するためには、PWC<sub>150</sub> が適当であるといえる。

従来、子どもの有酸素性作業能力に関する研究は数多く報告されている。朝比奈ら(1972)<sup>4)</sup>は、都内に居住する9—22歳の男女の最大酸素摂取量を測定し、絶対値では11歳までは男女に差がないがその後女子の伸びが止まるために、12—13歳から男女差が顕著になると報告している。Åstrand(1956)<sup>5)</sup>も同様の結果を報告している。PWC<sub>150</sub> については数少ないが、研究室で測定された PWC<sub>170</sub> については、国内外で多くの結果が報告されている。表4にそれらの結果をまとめた。宇都宮市内の児童生徒を対象として行われた吉沢(1972)<sup>30)</sup>の報告と本研究結果とを比較すると、男女とも年齢に対する変化の傾向は同様であるが、その値は本研究の方が大きい。本研究では、第3段階の心拍数が170拍/分を超えた例が少なく、PWC<sub>170</sub> を過大評価しているという可能

表 4 年齢別にみた PWC<sub>170</sub> の比較 (単位は W)

著者 (刊年)	本研究	吉 沢 (1970)	Alderman (1969)	Máčekら (1971)	Eloら (1965)	Adamsら (1961a)	Adamsら (1961b)	Rutenfrarizら (1968)	
場 所		宇都宮市内	Edmonton	Prague	Turku	Los Angeles	Stockholm	Dortmund München	
年 齢  (男 子)	5							55	
	6	57					54	68	
	7	71				57	60	74	
	8	72				69	71	73	
	9	81				78	77	91	
	10	97	71	52	74	90	90	100	
	11	129	79	93		94	106	93	
	12	146	96		105	95	115	102	
	13	174	124				121		
	14	178	131	130	137		157		
	15	197	143	155					
	16	207	158						
	17	189	150						
	18								252
	年 齢  (女 子)	5							59
		6	46					43	59
		7	65				47	47	71
		8	64				52	56	71
9		73				70	55	68	
10		90	57	47	72	67	66	69	
11		112	70	69		79	80	69	
12		116	85		81	102	79	75	
13		114	82				92		
14		119	91	80	93		89		
15		115	81	97					
16		119	93						
17		110	86						
18									139

性はあるものの、負荷の設定法は吉沢 (1972)<sup>30)</sup> のものと同様であり、その差を説明する要因とはならない。吉沢 (1972)<sup>30)</sup> と本研究との相違点として、地域、年代、自転車エルゴメーターがある。測定地域は、前者が宇都宮市内であり、本研究では首都圏の学校である。同じ市街地といっても、住環境に差異があるとも考えられる。しかし、宇都宮市に比べ交通機関が発達し、日常の運動のための用地も少ないと考えられる本研究の地域の子どもの方が体力が勝っているとする積極的な理由は見つからない。年代の差もあるが、20-50%におよぶ変化が15年のうちに起こったとは考えにくい。ただし、7-16歳のカナダの学童を対象とした1983年の報告<sup>18)</sup>によると、

1960年代後半の報告に比べて最大酸素摂取量が15-20%増加したといわれており、子どもの体力変化を考察する上で興味深い。吉沢ら (1972)<sup>30)</sup> が使用したエルゴメーターは Monark 社製のものであり、本研究はコンビ社製のものを使用した。前者は摩擦抵抗式であるのに対して、後者は電気ブレーキを用いているという差異がある。また、フライホイールの慣性質量も異なり、両者をこぎ比べたものの中には、後者の方がスムーズだという内省を述べたものもいた。サドルの高さが酸素摂取量に影響を及ぼす<sup>24)</sup> という報告もあり、設定負荷は同一であっても生理的応答が異なるという可能性も否定できない。1960年代に報告された諸外国の結果と比べても (表4)、

Ruterang (1968)<sup>27)</sup>を除き、本研究の方が高い値を示した。ただし、高校生男子の値は、先行研究<sup>6,10,15)</sup>で報告された20歳前後の男性の測定値に近く、一概に、本研究の結果が特異であるとは断定できない。

本研究における体重1kgあたりのPWC<sub>150</sub>をみると、男子高校2年生では2.7W/kgであるのに対して、高校3年生では2.3W/kgと大きな低下を示していたり、女子小学1,3年では2.2W/kgなのに小学2年では2.5W/kgになっているなど、不自然な変動がある。本研究の被検者はそれぞれ1つの学校だけから抽出したものであり、被検者数も少ないことが、その原因であると考えられる。本研究の測定値に関する上記の論議を併せて考えると、比較の基準となるノルムを設定するためには、広い範囲に渡って最新のデータを集める必要があることがわかる。

### 謝 辞

本研究の実施に当たっては、横浜市立中尾小学校関係各位の協力を得た。謹んで感謝の意を表する。本研究はコンビ(株)による奨学寄付金によって行われた。

### 注

- 1) Adams, F. H. et al. : The physical working capacity of normal school children. I. California. *Pediatrics*, 28 : 55-64, 1961a.
- 2) Adams, F. H., et al. : The physical working capacity of normal school children. II. Swedish city and country. *Pediatrics*, 28 : 243-257, 1961b.
- 3) Alderman, R. B. : Age and sex differences in PWC170 of Canadian school children. *Res. Quart.*, 40 : 1-5, 1960.
- 4) 朝比奈一男ほか : 都市青少年の有酸素性作業能力に関する研究, *体育学研究*, 16 : 197-213, 1972.
- 5) Astrand, P. O. : Human physiological fitness with special reference to sex and age. *Physiol. Rev.*, 36 : 307-335, 1956.
- 6) Borg, G. and Linderm, H. : Perceived exertion and pulse rate during graded exercise in various age groups. *Acta Med. Scand. Suppl.*, 472 : 194-206, 1967.
- 7) Brewer, J. et al. : The value of  $VO_{2max}$  as a predictor of endurance capacity. *J. Sports Sci.*, 3 : 216-217, 1985.
- 8) Drinkwater, B.L. and Horvath, S.M. : Responses of young female track athletes to exercise. *Med. Sci. Sports*, 3 : 56-62, 1971.
- 9) Ekblom, B. : Effect of physical training in adolescent boys. *J. Appl. Physiol.*, 27 : 350-355, 1969.
- 10) Ekelund, L.G. : Circulatory and respiratory adaptation during prolonged exercise in the supine position. *Acta Physiol. Scand.*, 68 : 382-396, 1966.
- 11) Elo, O., et al. : Physical working capacity of normal and diabetic children. *Ann. Paediat. Fenn.*, 11 : 25-31, 1965.
- 12) Godfrey, S., et al. : Cardio-respiratory response to exercise in normal children. *Clin. Sci.*, 40 : 419-431, 1971.
- 13) Ichikawa, T. and Miyashita, M. : Aerobic power of Japanese in relation to age and sex. *Hung. Rev. Sports Med.*, 21 : 243-253, 1980.
- 14) 池上晴夫 : 運動処方, 朝倉書店, 東京, 1982.
- 15) Jessup, G.T. : Validity of the W170 test for predicting maximal oxygen intake. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 37 : 191-196, 1977.
- 16) Knuttgen, H.G. : Aerobic capacity of adolescents. *J. Appl. Physiol.*, 22 : 655-658, 1967.
- 17) Lange Anderson, K. et al. : Physical performance capacity of school children in Norway. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 33 : 197-206, 1974.
- 18) MacDougall, J.D. et al. : Maximal aerobic capacity of Canadian school children : Prediction based on age-related oxygen cost of running. *Int. J. Sports Med.*, 4 : 194-198, 1984.
- 19) Macček, M., et al. : The comparison of the W170 values during growth. *J. Sports Med. Phys. Fit.*, 11 : 69-74, 1971.
- 20) Massicotte, D.R. and Macnab, R. B. J. : Cardiorespiratory adaptations to training at specified intensities in children. *Med. Sci. Sports*, 6 : 242-246, 1974.
- 21) Mayes, R., et al. : A test of endurance fitness. *J. Sports Sci.*, 3 : 215, 1985.
- 22) McLellan, T.M. and Skinner, J.S. : Submaximal endurance performance related to the ventilation thresholds. *Can. J. Appl. Sport. Sci.*, 10 : 81-97, 1985.
- 23) 宮下充正ほか : 全身持久力の評価尺度としてのPWC75%HRmax. *J. J. Sports Sci.*, 2 : 912-916, 1983.
- 24) Nordeen-Snyder, K.S. : The effect of bicycle seat height variation upon oxygen consumption and lower limb kinematics. *Med. Sci. Sports*, 9 : 113-117, 1977.
- 25) Palgi, Y., et al. : Physiological and anthropometric factors underlying endurance performance. *Int. J. Sports Med.*, 5 : 67-73, 1984.
- 26) Paliczka, V.J. : The validity of PWC170 as an estimate of maximal oxygen uptake. *J. Sports Sci.*, 3 : 215, 1985.
- 27) Rutenfrantz, J. und Mocellin, R. : Untersuchungen über körperliche Leistungsfähigkeit gesunder und kranker Heranwachsender. I. Bezugsgrößen und Normwerte. *Zeitschrift für Kinderheilkunde*, 103 : 109-132, 1968.
- 28) Wilmore, J. H. and Sigerseth, P. O. : Physical work capacity of young girls, 7-13 years of age. *J. Appl. Physiol.*, 22 : 923-928, 1967.
- 29) Yamaji, K., et al. : Effects of breathing high concentrations of oxygen on PWC170. *J. Sports Med. Phys. Fit.*, 25 : 1-4, 1985.
- 30) 吉沢茂弘 : 都市と農村青少年の有酸素的作業能に関する研究, *体力科学*, 21 : 161-175, 1972.
- 31) 吉沢茂弘ほか : 3-6才児の最大酸素摂取量, *体育学研究*, 25 : 59-68, 1980.
- 32) 湯浅景元 : 文部省体力テストを解剖する, *体育の科学*, 35 : 444-450, 1985.