

## 男子中・高生のエアロビック・パワーの指標の検討

### Analysis of the indice of aerobic power in 12-to-17-year-old boys

岡川 暁\* 李子耕一\*\* 矢部京之助\*\*

Satoru OKAGAWA\*, Koichi MOKUSHI\*\*, Kyonosuke YABE\*\*

The purposes of this study were (1) to compare three indice of the aerobic power, i.e., 5-min. run (5R), endurance run (ER), and PWC<sub>150</sub> of boys, and (2) to discriminate the fitness level of boys with age, physique, PWC<sub>150</sub>, and ER. Three hundred and forty two boys aged from 12 to 17 were served as the subject. Height, weight, skin fold thickness (triceps, subscapular, ilioumbilicus), PWC<sub>150</sub>, ER (1500m), and 5R were measured. Electrically braked bicycle ergometer (Aerobike 710, Combi Co. Ltd) was used for PWC<sub>150</sub>. Body fat mass (%Fat) was estimated with the equation of Nagamine et al (1983) and Brozek et al (1963) using skin fold thickness (triceps and subscapular) and lean body mass (LBM) was calculated. Maximal oxygen uptake relative to body weight (Vo<sub>2max</sub>) was estimated with Asami's equation (1974) using running distance of 5R. Physical fitness level of each subject was assessed according to Kobayashi's classification (1982), i.e., level 1 (poor), level 2 (average), level 3 (good). 5R showed different developmental pattern compared to ER and PWC<sub>150</sub>. Discriminant analysis showed that first canonical discriminant function was determined with mean running speed of ER and PWC<sub>150</sub>, and second, age, height, weight, %fat, LBM, skin fold thickness (ilioumbilicus). First function explained about 97% of the total variance of physical fitness level. Former function was thought to mean aerobic power and latter, mainly physique.

It was concluded that, in 12-to-17-year-old boys, (1) from the viewpoint of the development of aerobic power, 5R was different from ER and PWC<sub>150</sub>, and (2) two discriminant functions could classify 80% of the cases adequately.

#### 【はじめに】

有酸素性作業能力の研究は、これまで主として最大酸素摂取量で行われている。エアロビック・パワー向上のためのトレーニング負荷としては、最大酸素摂取量の相対値(%Vo<sub>2max</sub>)が用いられ、35%、50%、65%、80%、90% Vo<sub>2max</sub>によるトレーニングの効果<sup>5,6,10,11,12,13</sup>が検討されている。その成果に基づき、成人を対象とした持久性能の維持・向上のための運動処方指針が示されている<sup>29</sup>。

宮下は、有酸素性作業能力を最大下の運動で測定・評価することを提案している<sup>20</sup>。子どもの場合、PWC<sub>150</sub>で測定・評価するが<sup>22</sup>、こ

れは、子どもの最高心拍数の75%が150拍/分となり、PWC<sub>150</sub>が成人でのPWC<sub>75%HRmax</sub>に相当することによる<sup>19</sup>。

従来、有酸素性作業能力の測定・評価では持久走が用いられ、5分間走によるものは少ない<sup>25,29</sup>。また、身体作業能力(PWC)は、子どもではPWC<sub>170</sub>で行われており<sup>1,2,3,8,16,17,28,31</sup>、PWC<sub>150</sub>ではわずかしかな行われていない<sup>19,21</sup>。

本研究の目的は、1) 5分間走、持久走、およびPWC<sub>150</sub>の加齢にともなう発達過程を比較すること、2) 年齢、体格、持久走、およびPWC<sub>150</sub>の、最大酸素摂取量による男子生徒の体力評価における説明力を検討すること、である。

\* 日本福祉大学人間科学研究室

\*\* 名古屋大学総合保健体育科学センター

\* Laboratory for Human Science, Nihon Fukushi University

\*\* Research Center of Physical Fitness and Sports, Nagoya University

【方 法】

被検者は東京大学教育学部附属学校男子生徒342名、測定項目は、身長、体重、皮下脂肪厚（上腕背部・肩甲骨下部・上腸骨稜部）、PWC<sub>150</sub>、持久走（1500m）、および5分間走であり、測定は5分間走を昭和62年6月に、他を同年11月に同校において体育の授業中に行った。測定内容、および方法は保健体育科の教官を通じて事前に生徒に説明し、測定への理解、および同意を得た。

被検者の身体的特徴（表1）は、昭和62年度の全国平均<sup>25)</sup>に比べ、身長で0.3cm～6.0cm本被検者が高く、体重で16歳が0.6kg軽かった以外は、1.6kg～4.6kg重かった。

5分間走は10m間隔で目印の付けられた同校の1周300mのトラックを使用して測定し、測定の最小単位を5mとした。PWC<sub>150</sub>は性・年齢別に表2に示す負荷を用い、安静1分間の後、各負荷3分間の漸増負荷法による計9分間の電気ブレーキ式自転車エルゴメーター（エアロバイク710、コンビ社製）駆動により測定した（写真1）。運動中の心拍数は耳たぶより検出し、各負荷の2分30秒から3分の心拍数をその負荷

での心拍数とした。得られた作業負荷と心拍数の関係から個人ごとにPWC<sub>150</sub>を決定した。持久走の測定は文部省スポーツテスト実施要項に準拠した。

体脂肪量（%Fat）は、上腕背部および肩甲骨下部の皮脂厚値を用い、長嶺の式<sup>26)</sup>、およびBrozekの式<sup>7)</sup>により算出し、また、除脂肪体重（LBM）を求めた。分析には皮脂厚値として上腸骨稜部を用いた。体重当たり最大酸素摂取量は、5分間走距離を用いて浅見の式<sup>4)</sup>により算出した。体力レベルは、小林の評価<sup>14)</sup>に従い、体重当たり最大酸素摂取量（計算値）が39.0ml/kg/分以下を1（やや悪い）、39.0ml/kg/分以上51.0ml/kg/分以下を2（普通）、51.0ml/kg/分以上を3（やや良い）とした。また持久走成績より、平均走速度（MLONGM）を求めた。

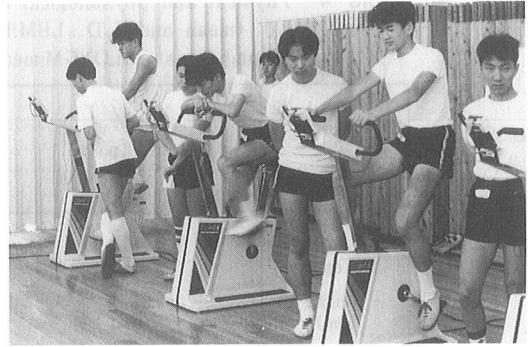
PWC<sub>150</sub>、持久走、および5分間走の加齢にともなう変化は、T検定により検討した。また、体重当たり最大酸素摂取量による体力レベルの判別において、各変数（年齢、身長、体重、皮下脂肪厚（上腸骨稜部）、%Fat、LBM、PWC<sub>150</sub>、およびMLONGM）の説明力を判別分析により検討した<sup>27)</sup>。

Table 1 Physical characteristics of subjects. (mean ± S.D. and number of subjects in the parenthesis) (%Fat was calculated with skin fold thickness, i.e., triceps and subscapular)

Age (Year)	Height (cm)	Weight (kg)	Skin fold thickness (mm) (ilioumbilicus)	%Fat
12	154.6 ± 7.5 (60)	45.5 ± 8.4 (60)	10.0 ± 6.6 (60)	16.2 ± 6.1 (60)
13	164.1 ± 5.5 (55)	52.6 ± 7.2 (55)	9.1 ± 6.6 (54)	15.2 ± 4.0 (54)
14	166.6 ± 5.5 (54)	55.9 ± 8.2 (54)	8.8 ± 6.8 (54)	15.5 ± 4.6 (54)
15	169.1 ± 6.4 (56)	60.0 ± 9.4 (56)	12.5 ± 8.2 (56)	14.8 ± 7.8 (56)
16	169.7 ± 5.4 (50)	59.7 ± 6.7 (50)	10.8 ± 7.4 (50)	13.0 ± 5.2 (50)
17	171.9 ± 4.5 (47)	64.6 ± 10.1 (47)	13.1 ± 7.9 (47)	15.0 ± 6.3 (47)

**Table 2** Work load of each step.  
(1 st:first 3 min., 2 nd:second 3 min., 3 rd:last 3 min.)

Age (Year)	Work load (watt)		
	1 st.	2 nd.	3 rd.
12	25	75	100
13	50	75	100
14	50	75	125
15	50	100	150
16	50	100	150
17	50	100	150



**Photo 1** Measurement of PWC<sub>150</sub>

**Table 3** Development of PWC<sub>150</sub>, Endurance run (1500m), and 5-min.run of 12-to-17-year-old boys.  
(mean ± S.D., and number of subjects in the parenthesis.)

Age (Year)	PWC <sub>150</sub> (watt)	Endurance run (sec.)	5-min.run (m)
12	101.3 ± 22.9 (57)	412.6 ± 39.8 (57)	1201.4 ± 89.6 (59)
13	119.4 ± 26.9 (53)	369.2 ± 35.1 (57)	1297.5 ± 99.6 (55)
14	134.8 ± 27.3 (54)	370.9 ± 39.2 (54)	1276.2 ± 150.3 (54)
15	146.3 ± 33.6 (56)	365.6 ± 50.6 (51)	1280.1 ± 134.9 (55)
16	155.6 ± 34.2 (50)	352.5 ± 35.1 (48)	1321.9 ± 113.9 (48)
17	158.0 ± 34.9 (46)	352.3 ± 44.4 (40)	1296.4 ± 136.2 (45)

**【結 果】**

PWC<sub>150</sub>, 持久走, および5分間走(表3)で, PWC<sub>150</sub>は15歳まで有意に向上し(P<0.05), 以降一定となった(P>0.05)。持久走成績はPWC<sub>150</sub>と同様の発達の傾向を示したが, 5分間走はやや異なり, 13歳~17歳で有意差なく(P>0.05), ほぼ一定の値となった。

表4は, 5分間走距離から推定された体重当たり最大酸素摂取量に基づく体力レベル別の集団の平均値および標準偏差である。年齢, および身長はほとんど体力レベル間で差がないが, 除脂肪体重, PWC<sub>150</sub>, および平均走速度は体力レベルとともに増加し, 体重, 皮下脂肪厚(上

腸骨稜部), および体脂肪量は減少した。

判別分析により, 第一次判別関数は平均走速度およびPWC<sub>150</sub>で, 第二次判別関数は皮下脂肪厚, 体脂肪量, 体重, 除脂肪体重, 身長, および年齢で決定され, 第一次判別関数により, 体力レベルの全分散の96.77%が説明された。また, 体力レベルと判別関数による判定結果の一致度, すなわち, 5分間走距離から推定された体重当たり最大酸素摂取量に基づき, ”やや悪い”と決定されたグループの88.4%が, 判別関数により”やや悪い”と判定された。”普通”では70.8%, ”やや良い”では86.7%であり, 全体では78.95%で両者が一致した。

**Table 4** Physical and physiological characteristics of each fitness group  
(mean and S.D., LBM:Lean body mass, SKILIO:Skin fold thickness  
ilioumbilicus, MLONGM:mean running speed of endurance run)

Variable	Fitness level		
	level 1 (poor)	level 2 (average)	level 3 (good)
Number of subject	43	144	98
Age (Year)	14.3 1.8	14.3 1.8	14.4 1.5
Height (cm)	164.4 9.3	165.0 8.6	167.0 6.8
Weight (kg)	59.4 12.9	54.3 9.4	55.5 8.0
LBM (kg)	46.1 6.4	46.3 7.5	48.5 6.9
SKILIO (mm)	17.9 10.6	9.9 5.8	7.8 4.0
%Fat (%)	20.7 10.2	14.6 4.3	12.5 2.5
PWC <sub>150</sub> (watt)	118.7 30.8	131.0 34.6	146.5 35.1
MLONGM (m/sec.)	3.5 0.3	4.0 0.3	4.5 0.3

### 【考 察】

東京大学教育学部体育学・スポーツ科学研究室では、昭和38年より中・高生の体力・運動能力を把握するため、東京大学教育学部附属学校において文部省スポーツテストに準拠した項目（体格…身長、体重、座高、胸囲：体力テスト…握力、背筋力、垂直跳び、立位体前屈、伏臥上体そらし：運動能力テスト…50m走、持久走（男子、1500m、女子、1000m）、懸垂（女子、斜懸垂）、ハンドボール投げ、走り幅跳び）を、また上記以外に皮下脂肪厚（上腕背部・肩甲骨下部・腹部）、肺活量、腕屈曲力、膝伸展力、5分間走、を取り入れて測定してきており<sup>18)</sup>、これまで、縦断的平均値、横断的平均値、および全国平均値の相互比較<sup>24)</sup>、体格、体力の年代比較、1974年～1983年の体格の平均値の推移<sup>9)</sup>を報告している。

宮下は、昭和62年より、これまでの各要素の総合として体力をとらえる概念とは異なる新たな体力の概念を提案し<sup>20)</sup>、これに基づく体力

測定・評価法を同校に導入・実施した<sup>30)</sup>。本研究では、5分間走、持久走、およびPWC<sub>150</sub>の加齢にともなう発達過程の比較をし、また、5分間走成績から推定した最大酸素摂取量に基づく体力レベルを、年齢、体格、持久走、およびPWC<sub>150</sub>で説明した。

PWC<sub>150</sub>の発達は5分間走と異なり、15歳まで加齢とともに増加した。体重当たりでも、最大酸素摂取量の発達過程とは異なり、15歳までの加齢とともに増加した( $P < 0.05$ )。最大酸素摂取量は体重当たりではほぼ一定の値となり、その発達は筋量の増加で説明されるが<sup>15)</sup>、PWC<sub>150</sub>は体重当たりで一定にならず、筋量の増加では発達を説明しきれないことが示唆された。

判別分析により、第一次判別関数は平均走速度およびPWC<sub>150</sub>により、第二次判別関数は体格項目および年齢により決定された。これより、体重当たり最大酸素摂取量による体力評価において、第一次判別関数はアエロビック・パワーを示す関数として、第二次判別関数は主として

体格を示す関数として解釈され、体力評価のほぼすべてが第一関数によって説明された。また、全体で約80%が正しく判別され、本分析が妥当であったと思われた。

本研究で分析したPWC<sub>150</sub>のデータは、1度の測定で得られたものであり、12歳から17歳の男子生徒すべての発達過程を表しているとはいえない。図1は、PWC<sub>150</sub>を年齢別に平均値および標準偏差を用いて正規分布に当てはめたものである。それぞれの曲線のPWC<sub>150</sub>のレンジは、年齢毎の最小値から最大値である。分布状況は年齢により異なるが、特に17歳で左右対称にならず、PWC<sub>150</sub>の高い方へ偏りがみられ、さらに測定を重ねていく必要があると思われた。また、5分間走距離から体重当たり最大酸素摂取量を推定したが、適用した回帰式は18歳～20歳の男子学生の測定結果に基づいており、本被検者とは年齢層が異なり、推定に多少の疑問が残る。体重当たり最大酸素摂取量に基づく体力評価で、スポーツ選手のために”やや良い”がさらに3段階に分けられているが<sup>14)</sup>、本研究ではこれを行わなかった。本分析での”やや良い”集団の人数が、”やや悪い”より多いのはこのためと思われる。

PWC<sub>150</sub>でエアロビック・パワーを測定・評価するのは、5分間走および持久走(1500m)テストでみられるアナロビック・パワーの影響を排除しようとしたからであり、また、各個人が心拍数をモニターすることで安全に有酸素性トレーニングを行えることを考えたためである。今後、PWC<sub>150</sub>の信頼性、および運動処方のためのトレーニング負荷としての妥当性を検討する必要があると考えられた。

【おわりに】

5分間走、持久走、およびPWC<sub>150</sub>の加齢にともなう発達過程の比較をした。また、5分間走距離から推定された体重当たり最大酸素摂取量による体力レベルを、年齢、身長、体重、皮下脂肪厚(上腸骨稜部)、体脂肪量、除脂肪体重、PWC<sub>150</sub>、および持久走(平均走速度)で説明した。

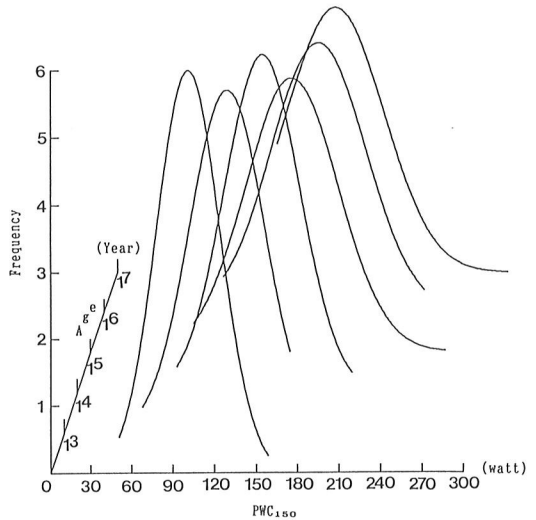


Figure 1

Development of PWC<sub>150</sub> in 12-to-17-year-old boys

(Each normal curve which was estimated with mean value and standard deviation of PWC<sub>150</sub> showed the distribution of PWC<sub>150</sub> according to age group. X-axis: PWC<sub>150</sub>, Y-axis: age, Z-axis: number of subjects)

PWC<sub>150</sub>と持久走は同様の発達の傾向を示し、15歳まで増加した。5分間走はやや異なり、13歳～17歳でほぼ一定の値となった。

体力レベルは1)エアロビック・パワー(平均走速度およびPWC<sub>150</sub>)、2)主として体格、の2つの関数で決定され、1)により、体力レベルの全分散の約97%が説明された。また、全体の約80%が正しく判別された。

【謝 辞】

作図にあたり、東京大学大型計算機センター HITAC-M682上に移植された東大版NCARG(形出力ライブラリ、米国NCARにて開発)を使用した。

【参考文献】

1) Adams, F. H., L. M. Linde and H. Miyake: The physi-

- cal working capacity of normal school children . I California . , Pediatrics 28 : 55-64 ,1961
- 2) Adams,F.H. ,E.Bengtsson ,H.Berven and C. Wegelius : The physical working capacity of normal school children . II Swedish city and country . ,Pediatrics 28 : 243-257 , 1961
  - 3) Alderman,R.B. : Age and sex differences in PWC<sub>170</sub> of Canadian school children . Res.Quart. 40 : 1-5 , 1960
  - 4) 浅見俊雄：“Aerobics”を日本人に適応する場合の2,3の問題点について, 体育科学2 : 101-108, 1974
  - 5) 青木純一郎, 高岡郁夫, 前嶋 孝: 最大酸素摂取量の80%および65%トレーニングのPerformance, 最大酸素摂取量, 血中乳酸濃度および心拍数に及ぼす効果, 体育科学1 : 81-90, 1973
  - 6) 青木純一郎, 高岡郁夫, 前嶋 孝: トレーニング効果の再現性について, 体育科学2 : 132-138, 1974
  - 7) Brozek,J.,F.Grande,J.T.Anderson and A.Keys : Densitometric analysis of body composition : Review of some quantitative assumptions. , Ann.N.Y.Acad.Sci. 110 : 113-140, 1963
  - 8) Elo,O.,L.Hirvonen,T.Peltonen and I . Valimaki : Physical working capacity of normal and diabetic children. Ann. Paediat. Fenn. 11 : 25-31,,1965
  - 9) 蛭田秀一, 大道 等: 本学部附属学校生徒の発育発達, その2, 過去10年間に於ける形態発育の年次推移, 東京大学教育学部紀要23 : 205-217 ,1983
  - 10) 石河利寛, 清水達雄, 佐藤 佑: 勤労青少年の作業能力向上のための至適運動強度について, 体育科学1 : 73-80, 1973
  - 11) 石河利寛, 清水達雄, 永井信雄, 佐藤 佑: 女子大学生における最大酸素摂取量の35, 50, 65, および80%強度でのトレーニング効果について, 体育科学2 : 207-217, 1974
  - 12) 加賀谷熙彦: 持久性トレーニングの至適強度選定に関する研究(1)-80%Vo<sub>2</sub>max負荷のトレーニング効果一, 体育科学1 : 58-66, 1973
  - 13) 加賀谷熙彦: 持久性トレーニングの至適強度選定に関する研究(2)-90%Vo<sub>2</sub>max負荷のトレーニング効果一, 体育科学2 : 153-160, 1974
  - 14) 小林寛道: 日本人のエアロビック・パワー加齢による体力推移とトレーニングの影響一, 第1版, 杏林書院, 東京, 1982
  - 15) Krahenbuhl, G.S.,J.S.Skinner, and W.M.Kohrt : Developmental aspects of maximal aerobic power in children. In Exercise and Sports Sciences Reviews, vol 13 (Ed. Terjung, R. L. ), Macmillan, New York, 503-538, 1985
  - 16) Lange Andersen ,K.L.,V.Seliger,J.Rutenfrantz and I .Berndt : Physical performance capacity of school children in Norway .Part II .Heart rate and oxygen pulse in submaximal and maximal exercise .Population parameters in a rural community .Eur .J .Appl .Physiol .33 : 197-206 ,1974
  - 17) Macek,M.,J.Vavra and K.Zika : The comparison of the PWC<sub>170</sub> values during growth .J .Sports Med .phys .Fit .11 : 69-74 ,1971
  - 18) 宮下充正, 武藤芳照, 竹田武雄, 宇都宮護, 岡野好伸, 天野洋子, 大道 等: 本学部附属学校生徒の発育発達, その1, 形態・機能の20項目に関する10年間の測定結果, 東京大学教育学部紀要23 : 181-204, 1983
  - 19) 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, 斉藤 昇: 子どもの有酸素性作業能力の測定, 東京大学教育学部紀要26 : 161-166, 1986
  - 20) 宮下充正: 体力とは, 理学療法5 (1) : 5-12, 1988
  - 21) 宮下充正, 岡川 暁: 小学生のPWC<sub>150</sub>およびPWC<sub>170</sub>の発達, 体育科学16 : 61-66, 1988
  - 22) 宮下充正編: 一般人・スポーツ選手のための体力診断システム, 第2版, ソニー企業, 東京, 1988
  - 23) 宮下充正, 岡川 暁: 児童生徒の運動機能, 小児科臨床41 : 2702-2709, 1988
  - 24) 水野忠文, 江橋慎四郎, 山地啓司: 中学校, 高等学校生徒の身体的発育・発達に関する縦断的研究, 東京大学教育学部紀要13 : 219-236, 1973
  - 25) 文部省体育局編: 昭和62年度学校保健統計調査報告書
  - 26) 長嶺晋吉編著: スポーツとエネルギー・栄養, 講座現代のスポーツ科学2, 第3版, 大修館書店, 東京, 1983
  - 27) Norusis,M.J.:Discriminant analysis (In SPSSX Advanced statistics guide ,Ed .Norusis,M.J.) McGraw - Hill ,New York:73-122 , 1985
  - 28) Rutenfranz ,J .and Mocellin ,R .:Untersuchungen uber körperliche Leistungs fahigkeit gesunder und kranker Heranwachsender. I. . Bezugsgrößen und Normwerte .Zeitschrift fur Kinderheilkunde .103:109 - 132 , 1968
  - 29) 財団法人体育科学センター編: 健康づくり運動カルテ, 第1版, 講談社, 東京, 1976
  - 30) 宇都宮護, 竹田武雄, 岡野好伸, 横山朋美, 天野洋子, 岡川 暁: 学校での体力測定の見直しと試み, 体育科教育36(12) : 76-78, 1988
  - 31) 吉沢茂弘: 都市と農村青少年の有酸素性作業能力に関する研究, 体力科学21 : 161-175, 1972

(1991年12月1日受付)