

# 正課体育の運動強度

## — 小学校体育「体操」について —

平 田 敏 彦

各種の身体運動における生理的運動強度の指標は個人の最大酸素摂取量、運動中の心拍数および酸素摂取量などの測定を行ない、最大酸素摂取量に対する割合 ( $\% \dot{V}O_2 \max$ ) で示されることが多い。特にこの方法は体力の要素で最も重要であるところの有酸素的作業能力を高めるためのトレーニング処方<sup>12)13)14)</sup>の運動強度の指標として用いられている。

近年、学校体育の目標の1つに体力づくりがあげられ、発育期の青少年のための至適運動量推定のために、正課体育の授業に関する有酸素的運動強度についての研究が多くなされている。しかしその大部分は中学生以上を対象にしたものであって、小学生を対象にした体育の授業に関する研究はあまり報告されていない。

加賀谷は小中学生の各種運動教材の運動強度を求めこれを比較している。また小学生を対象にリレーを指導した時の授業中の運動量を報告している。しかしこれらは運動中の心拍数から求められたものである。

運動中の心拍数は酸素摂取量の測定に比べ比較的容易に測定ができるが、しかし環境や作業条件によって影響を受けやすいことも知られている。

本研究は小学生を対象に正課体育の「体操」の内容である各種の運動と授業時の酸素摂取量を測定し運動中の運動強度を検討しようとするものである。

### 実 験 方 法

#### 1. 被 検 者

豊田市内のH小学校5年生を対象とし、担任教師の主観で比較的体力の優れている者1名、普通とみられる者2名、やや劣っている者1名の計4名の被検者を選んだ。(表1)

Table 1. Physical characteristics of subjects and physical responses to the maximal load.

Subj	Age yr	Height cm	Weight kg	$\dot{V}O_2 \max$		$\dot{V}E_{\max}$ ℓ/min	H. R max beats/min
				ℓ/min	ml/kg/min		
MY	10.9	152.8	46.3	1.94	42.3	82.2	192.0
SO	11.0	142.1	36.3	1.66	46.1	52.1	200.0
GO	11.3	137.3	30.8	1.41	46.2	58.6	184.0
NI	11.3	139.9	30.0	1.39	45.9	52.3	213.0
Mean	11.1	143.0	35.9	1.60	45.1	61.3	197.3
S.D	0.18	5.89	6.05	0.22	1.36	12.35	10.7

## 2. 最大酸素摂取量の測定

最大酸素摂取量 ( $\dot{V}O_2 \max$ ) および心拍数 (HR) と酸素摂取量 ( $\dot{V}O_2$ ) との関係式を求めするために、それぞれの被検者にスピード漸増法によるトレッドミル (傾斜: 5%) 走行の最大運動を行なわせ、その時の  $\dot{V}O_2$  を測定しその結果から HR と  $\dot{V}O_2$  との関係式および  $\dot{V}O_2 \max$  を求めた。負荷は開始時を 80 m/min、110 m/min まではそれぞれ 4 分間の運動を行なわせ、その後 2 分毎に 10 m/min ずつ増速させ exhaustion に導く方法を用いた。

呼気ガスはダグラスバック法により、安静 5 分間と運動開始後 3 分、7 分および 11 分時からそれぞれ 1 分間、12 分時以後は 1 分ごとと連続して採気した。呼気ガスはシヨランダ-微量ガス分析器を用いて分析し運動中の  $\dot{V}O_2$  を求めた。

HR は胸部導出法により安静時および運動中連続記録し、1 分間の PR 間隔を求めた。

## 3. 各種運動教材の運動強度測定

表 2 に示すように小学校 5 年生「体操」の主内容を指導書により抜粋して、それに徒手体操を加えて 7 種目の運動 (以下運動教材 A~G とする) に分類した。さらにそれぞれ 5 分間で行なえるように運動内容を作成した。

各種運動教材の運動強度 (%  $\dot{V}O_2 \max$ ) を求めるために、被検者に 7 種目の運動を行なわせて運動中の HR と  $\dot{V}O_2$  を求めた。呼気ガスは運動開始後 3 分から 5 分までの 2 分間採気した。運動中の HR はテレメーター法によった。測定は 1977 年 9 月~10 月の間、運動教材 A~E は実験室で運動教材 G は屋外で行なった。

Table. 2. The description of exercises

- |  |
|--|
| A. ラジオ体操第 1 を 2 回くりかえす                       |
| B. 跳ぶ運動 (その場とび、馬とび、うさぎとび)                    |
| C. ボールを扱う運動 (その場ドリブル、直上ボール投捕、移動ボール投捕、両手対人パス) |
| D. 腕で支える運動 (尺とり虫、腕立て屈伸く膝つき)、腕立て両脚屈伸とび)       |
| E. 人押し、人運びの運動 (人たおし、人運び、人押し)                 |
| F. 疾走の運動 (30 m もも上げ走、30 m 大また走、30 m 全力走)     |
| G. かけ足の運動 (100 m 40 秒のペースで連続して 5 分間走)        |

## 4. 授業中の心拍数と酸素摂取量の測定

45 分間の授業時間に合せ各種運動教材を用いて指導案 (Program 1 と Program 2) を作成した。Program 1 は運動教材 A、B、F および G が主内容である。Program 2 は運動教材 A、C、D および E が主内容である。

授業は体操の単元時である 9 月 14 日と 16 日に Program 1 を運動場で、Program 2 を体育館で行なった。授業中の HR はテレメーター法によりテーターレコーダーに記録し、再生したもから 1 分間の RR 間隔を数えた。被検者の行動記録は被検者 1 名につき記録係 2 名でタイムスタディー法により記録した。

さらにそれぞれの被検者は同じ指導者により、実験室で授業を行なった。実験室での授業では HR と  $\dot{V}O_2$  を測定した。呼気ガスは授業開始から 2 分毎に採気し、シヨランダ-微量ガス分析器で分析を行なった。

## 結 果

### 1. HR と $\dot{V}O_2$ および % $\dot{V}O_2 \max$ との関係

被検者の  $\dot{V}O_2 \max$  は平均で 4.51 (S.D. 1.63) ml/kg/min であった (表 1)。

図 1 は HR と  $\dot{V}O_2$  および %  $\dot{V}O_2 \max$  との関係を被検者それぞれについて示したものである。

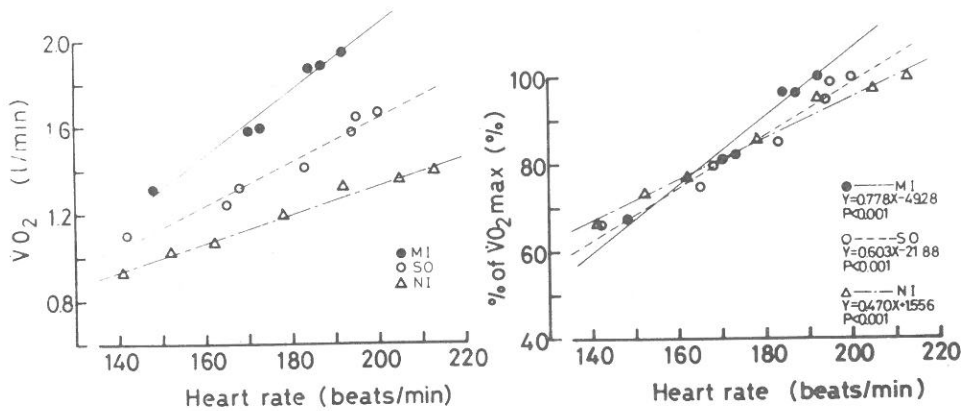


Fig.1. The relationship between heart rate and oxygen uptake and % of maximal oxygen uptake.

HRの増加にともなって $\dot{V}O_2$ および% $\dot{V}O_2$  maxの増加する傾向がみられた。HRと $\dot{V}O_2$ の間には被検者の差がみられるが、% $\dot{V}O_2$  maxとの間には比較的個人差がみられなかった。被検者の平均で、HRと% $\dot{V}O_2$  maxとの間に $Y = 0.550 \times - 12.449$  ( $r = 0.959$ ,  $P < 0.001$ )の関係式が得られた。

## 2. 各種運動教材の運動強度

図2は7種類の運動教材をそれぞれ5分間行なった時のHRと% $\dot{V}O_2$  maxとの関係を見たものである。運動中のHRの高い教材になるほど% $\dot{V}O_2$  maxも高いことがみられた。徒手体操(A)が約30% $\dot{V}O_2$  maxにあり、ボールを扱う運動(C)、人押し、人運びの運動(E)、腕で支える運動(D)、跳ぶ運動(B)および疾走の運動(F)が約50~70% $\dot{V}O_2$  maxにあり、かけ足の運動(G)が約70~90% $\dot{V}O_2$  maxであった。

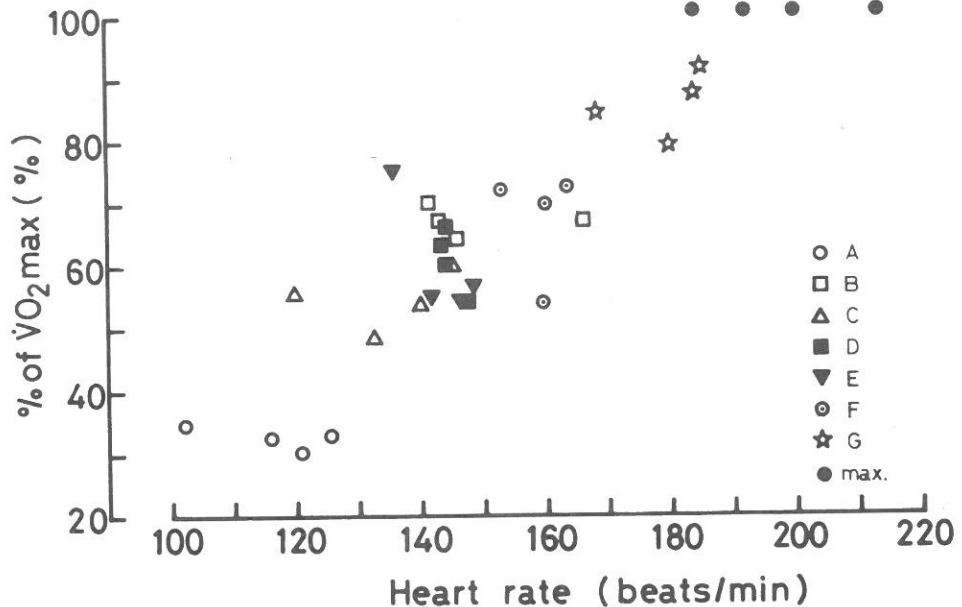


Fig.2. The relationship between heart rate and oxygen uptake in exercises.

図3は program 別に各種運動教材を運動強度別に比較したものである。左図はHR、 $\dot{V}O_2$  および換気量 ( $\dot{V}E$ ) を示し、右図はそれぞれの最大値に対する%で示したものである。結果は3名の被検者の平均値で示した。

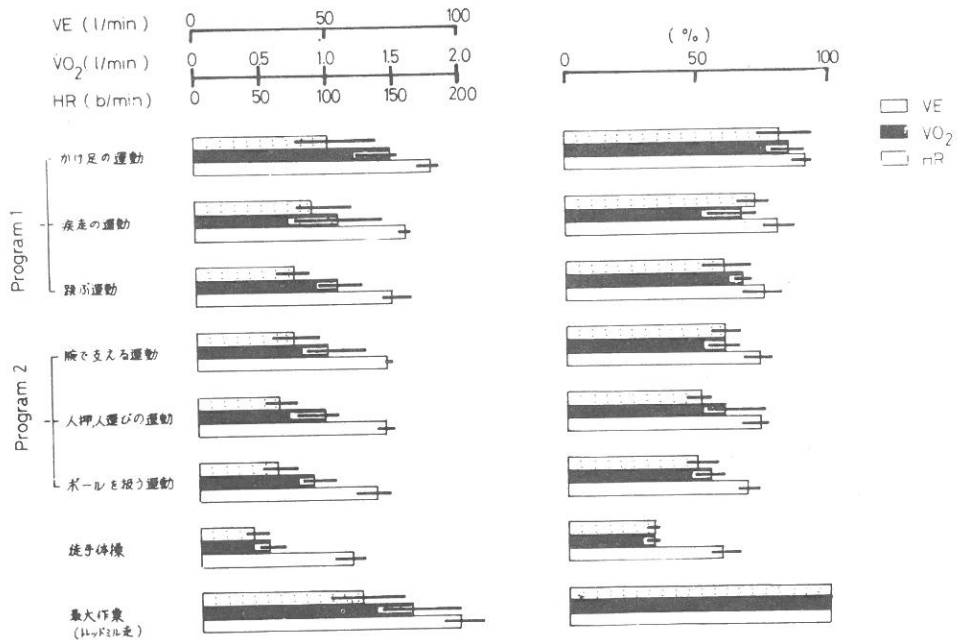


Fig.3. Comparison of heart rate, oxygen uptake and pulmonary ventilation in exercises.

program 1 に含まれる運動教材は program 2 運動教材よりも  $\dot{V}O_2$  および  $\% \dot{V}O_2 \max$  が高い傾向がみられた。 $\% \dot{V}O_2 \max$  はかけ足の運動 (85.5)、疾走の運動 (66.9)、跳ぶ運動 (67.1)、腕で支える運動 (60.8)、人押し、人運びの運動 (60.3)、ボールを扱う運動 (54.4) および徒手体操 (32.6) の順に高い値を示した。

### 3. 授業中の運動強度

図4は運動教材A、B、FおよびGを内容とした45分間の授業 (Program 1) を行なった時の3名の被検者のHR変動である。下の図は実験室で同様に行なった時のものである。

グラウンドでの場合に被検者SOが、徒手体操と跳ぶ運動で低いHP変動を示した。全体的によく似た変動傾向を示した。実験室における被検者SOのHR変動はかけ足の運動において低い値を示した。全体的に運動中のHR変動はグラウンドおよび実験室とも似た傾向を示した。

グラウンドでの運動時の平均HRは 114.4 beats/minであった。実験室での運動時の

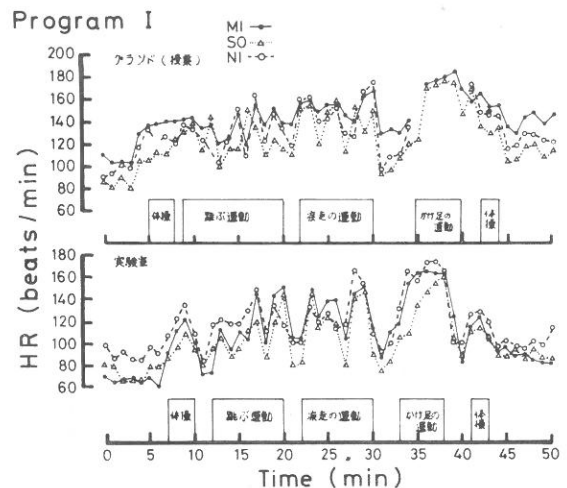


Fig.4. Heart rate during "physical education lesson."

平均HRは126.3 beats /minであった。平均HRでは実験室の方が低い傾向を示した。

図5は同様に運動教材A、C、DおよびEを内容とした授業（Program 2）を行なった時のそれぞれの被検者のHR変動である。上の図は体育館で下の図は実験室で行なったものである。体育館の授業ではHR変動に個人差がみられた。しかし実験室でのHR変動はボールを扱う運動で被検者H Iが高い傾向を示しているが、全体的に似た傾向を示した。運動時の平均HRは体育館で121.6 beats /minを実験室で116.3 beats /minであった。

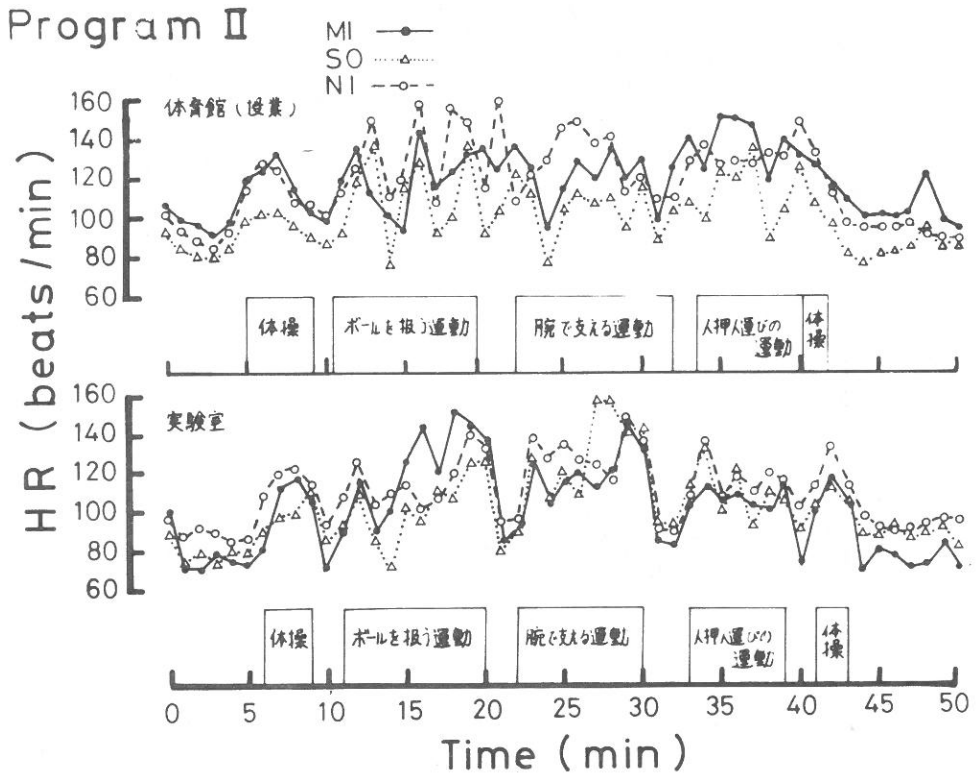


Fig.5. Heart rate during “ physical education lesson”

図6は実験室でProgram 1 と Program 2 の授業を行なった時の運動強度を $\dot{V}O_2 \max$ で示したものである。Program 1についてみるとそれぞれの被検者はよく似た傾向を示した。授業開始から終了までに $50\% \dot{V}O_2 \max$ 以上の強度が4回みられた。かけ足運動では3名の被検者が $90\% \dot{V}O_2 \max$ に達した。運動中の平均運動強度は $57.0\% \dot{V}O_2 \max$ であった。Program2についてみると、徒手体操とボールを扱う運動において $\dot{V}O_2 \max$ に差がみられ運動強度の異なる傾向がみられた。他の運動においてはよく似た傾向を示しProgram 1と同様に同一の運動強度であった。わずかであるが $50\% \dot{V}O_2 \max$ 以上の強度は3回であった。運動中の平均運動強度は $47.3\% \dot{V}O_2 \max$ であった。

平均運動強度ではProgram 1の方が高い値を示した。

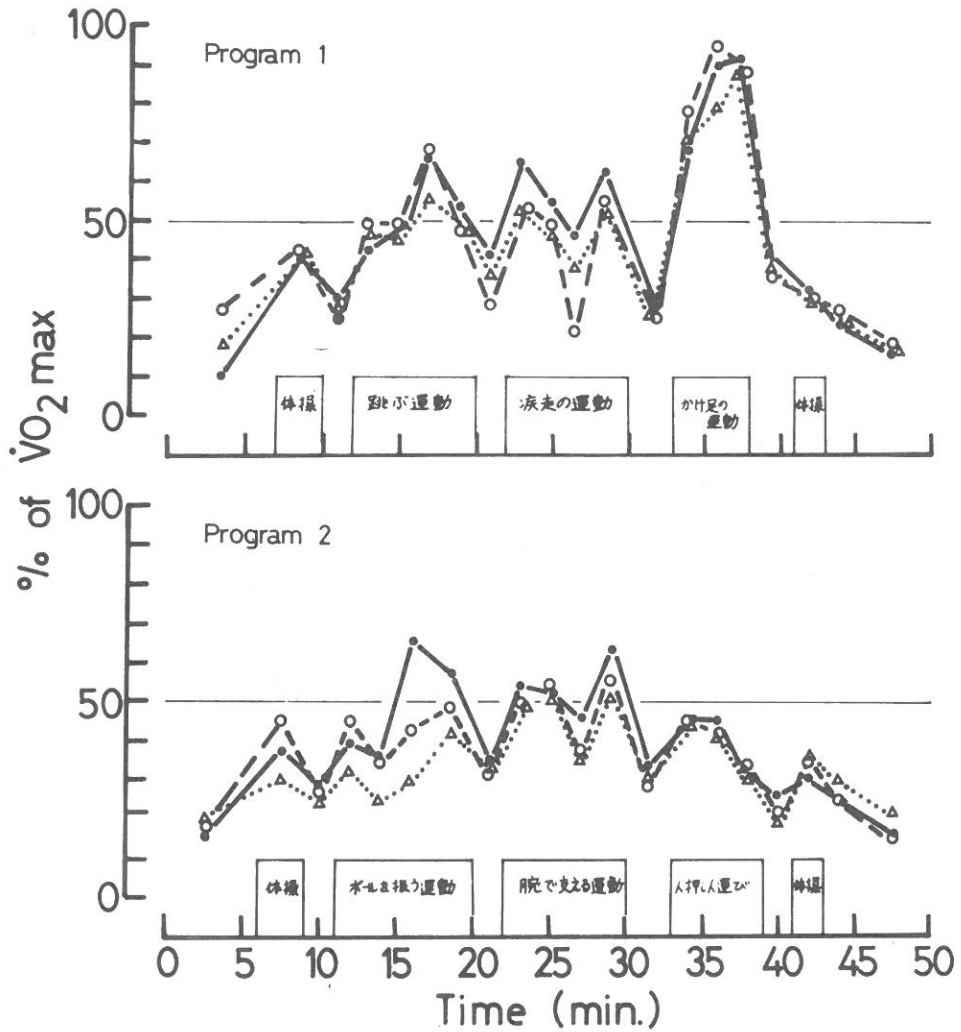


Fig. 6. % of maximal oxygen uptake during  
"physical education lesson"

図7は被検者S O についての実験室で行なった授業時のHRと $\dot{V}O_2 \text{ max}$  の記録である。実線は測定値を示し、破線はHRと $\dot{V}O_2 \text{ max}$  の関係式から求めた値である。測定値と計算値とを比較してみると、Program 1 においては両者はよく一致する傾向がみられたが、Program 2 においては測定値より計算値の方が高くなる傾向がみられた。

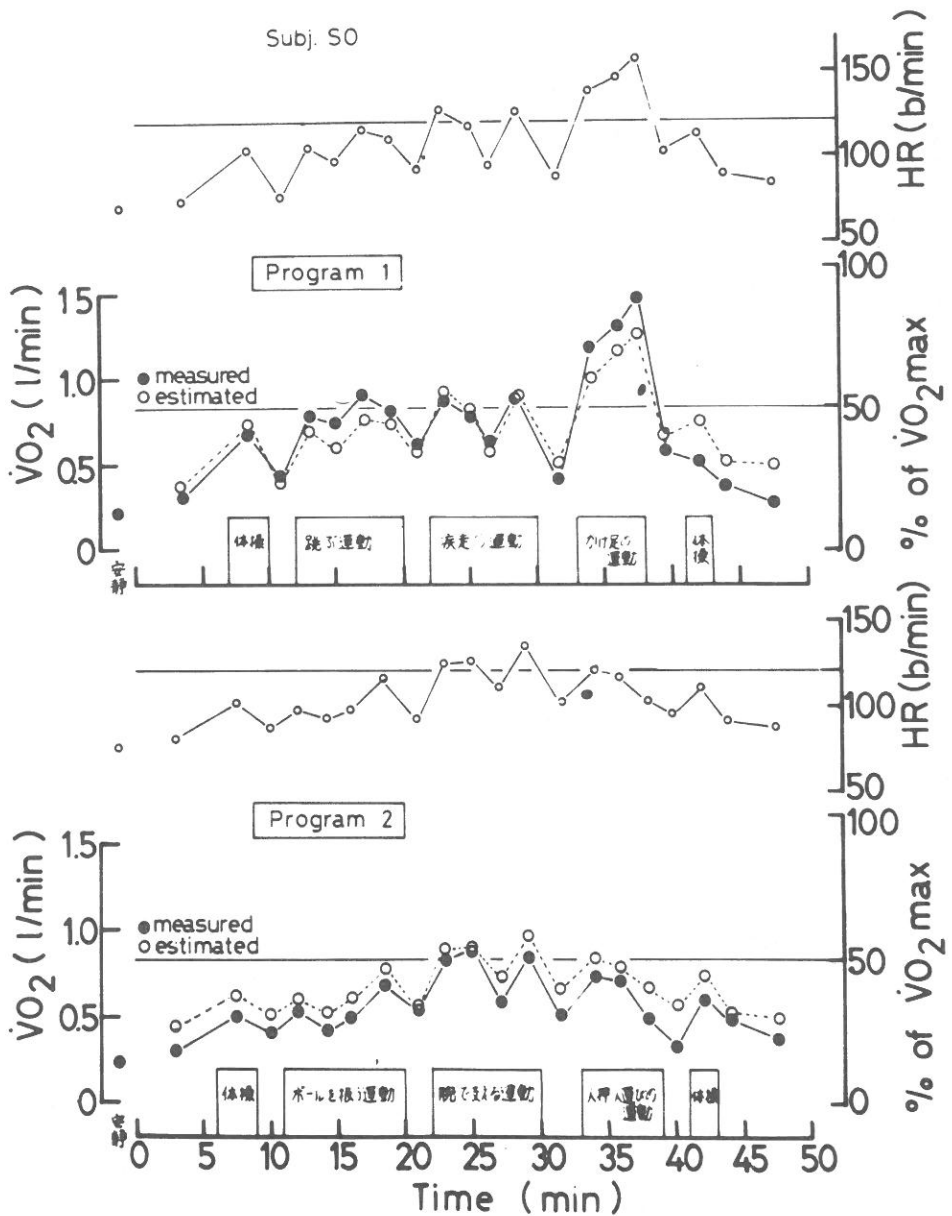


Fig. 7. Heart rate and oxygen uptake during "physical education lesson" (subj SO)

図8は被検者全員について $\% \dot{V}O_2 \max$ の測定値と計算値とを比較したものである。Program 1においては測定値と計算値との間に密接な関係 ( $r = 0.795$ ,  $P < 0.001$ ) が認められた。

Program 2においても測定値と計算値との間に有意な関係 ( $r = 0.664$ ,  $P < 0.001$ ) が認められた。しかし被検者MIを除き計算値が高くなる傾向がみられた。

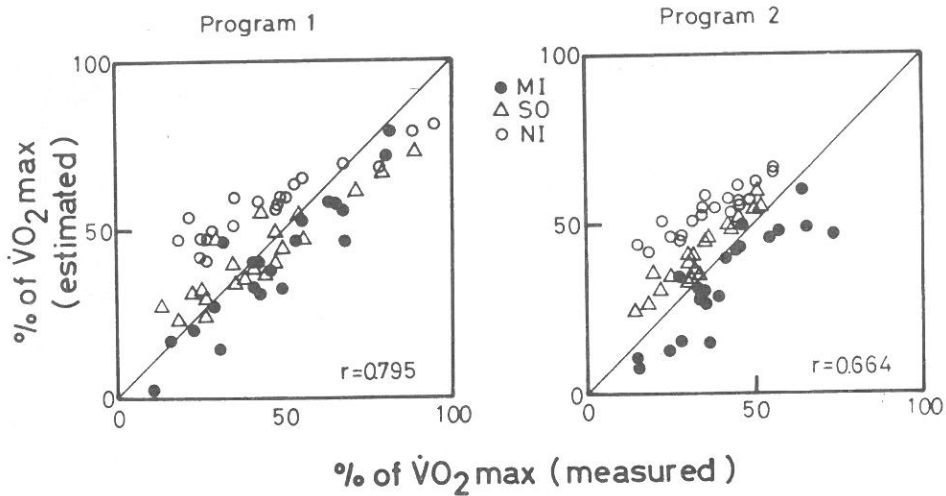


Fig. 8. Comparison of the % of oxygen uptake determined by measurement method and estimate method.

## 論 議

HR と  $\dot{V}O_2$  との間に直線関係が成立することはすでに知られている。本研究の小学生 4 名の (被検者 G O は研究期間病気のためすべての実験に参加できなかった) において、 $Y = 0.009 \times - 0.092$  ( $r = 0.613$ 、 $P < 0.01$ ) の関係式を得た。しかし猪飼らの報告と同様に  $\dot{V}O_2$  に個人差がみられた。

Åstrand や Ryhming<sup>3)</sup> らは  $HR - \dot{V}O_2$  との関係をも  $\dot{V}O_2 \max$  で表わすと個人差が極めて少なくなることを報告している。加賀谷<sup>9)</sup> は小学生に 5 分間の走テストを行なわせて、 $HR - \% \dot{V}O_2 \max$  との間に比例関係を認めて運動強度を推定している。さらに朝比奈<sup>1)</sup> らは小学生に  $\% \dot{V}O_2 \max$  を運動強度の生現的指標として用いることは有効であるとも報告している。

本研究においても  $HR - \% \dot{V}O_2 \max$  との間に  $Y = 0.550 \times - 12.449$  ( $r = 0.595$ 、 $P < 0.001$ ) の関係式を得た。さらに  $\% \dot{V}O_2 \max$  には被検者の差があまりみられなかったことから、発育期の低年齢者においても運動強度の指標として  $\% \dot{V}O_2 \max$  を用いることは有効なものと思われる。

この方法は体力づくりの最も重要な有酸素的運動能力向上の運動強度の指標として用いることができる。そこで小学校 5 年生体育の「体操」の内容に含まれる運動教材の運動強度を求めたところ、かけ足運動、跳ぶ運動および疾走の運動が  $67 \sim 86 \% \dot{V}O_2 \max$ 、ボールを扱う運動、腕で支える運動および人押し、人運びの運動が  $54 \sim 61 \% \dot{V}O_2 \max$ 、徒手体操が  $32.6 \% \dot{V}O_2 \max$  であった。これらの結果は心拍数から求めている加賀谷<sup>10)</sup> らの報告とほぼ一致する。

これらのことから小学校 5 年生においては走るとか跳ぶ動作の運動は強い運動であり、ボールを投げ合って補球する運動、人を運ぶ運動および腕立ての運動はやや強い運動強度であり、徒手体操は比較的弱い運動であることが推察された。

Program 1 の授業中の運動時平均 HR は  $141.4 \text{ beats / min}$  であった。関係式から運動強度を求めると、 $65.3 \% \dot{V}O_2 \max$  であった。Program 2 の授業中の運動時平均心拍数は  $121.6 \text{ beats / min}$  であった。同様に運動強度を求めると、 $54.4 \% \dot{V}O_2 \max$  であった。齊藤<sup>14)</sup> は高校生のバスケット



トボールの授業をHRから検討し、技術的要素よりゲームを含めた運動学習の方が運動強度の高いことを報告している。本研究においてもProgram 1は比較的技術要素の少ない運動教材が含まれており、Program 2は技術的要素の多い運動教材が含まれている。

これらのことから小学生のような低年齢者を同じように比較はできないが、運動強度はその運動の特性にも影響をうけるものと思われる。

小学校高学年の年齢における持久力トレーニングに関して猪飼<sup>8)</sup>、Ekblom<sup>6)</sup>、加賀谷<sup>9)</sup>らが報告しているが、これらの資料を考慮に入れて持久力向上の運動強度を推定すると、70% $\dot{V}O_2$ maxで10分位、80% $\dot{V}O_2$ maxで5分位の運動が望ましいと考えられる。

本研究の授業を比較した結果、80% $\dot{V}O_2$ max以上の運動時間はProgram 1において4分23秒であり、Program 2においてはこの強度に達する運動教材はなかった。70% $\dot{V}O_2$ max以上の運動時間はどちらのProgramにおいても10分間に達しなかった。授業中の運動強度は正課時の方が実験室で行なった時より高い傾向がみられたことを考えに入れても、有酸素的作業能力向上のための授業はProgram 1のようなものでなければならないのではないと思われる。

したがって小学校体育「体操」の授業で体力向上を目的とするならば運動強度の高いかけ足の運動、跳ぶ運動および疾走の運動を運動教材として行なう必要があるように思われる。

運動中の% $\dot{V}O_2$ maxは $\dot{V}O_2$ を直接測定する方法と運動中のHRを測定して、あらかじめ得られている関係式から推定する方法とがある。

本研究で得られた測定値と計算値の% $\dot{V}O_2$ maxを比較した結果、Program 1およびProgram 2のどちらにおいても両者の間に密接な関係があることが明らかとなった。しかし有意な差は認められなかったが、Program 2において被検者1名を除き% $\dot{V}O_2$ maxの計算値が高い傾向を示した。HRに影響を及ぼす要因として、環境温度や作業条件等<sup>2)</sup>があげられる。本研究では同一の被検者により、同一条件で実施していることから年齢や環境温度が原因と思われる。

Bevegard<sup>5)</sup>たちは坐位で腕作業、脚作業を行なった時、作業が局所的であるほど一回拍出量が減少し結果としてHRが高まることを報告している。本研究のProgram 2の運動教材は腕を主につかうことが多いことから被検者によっては運動中のHRが高くなり結果として% $\dot{V}O_2$ maxの計算値が高くなったと思われる。

## 結 論

小学生を対象として、トレッドミルテストを行なわせ $\dot{V}O_2$ maxを測定した。小学校体育授業「体操」の有酸素的運動強度検討のために内容に含まれる運動教材の運動強度(% $\dot{V}O_2$ max)を測定した結果は次のようである。

1) トレッドミルテストのHR- $\dot{V}O_2$ 、HR-% $\dot{V}O_2$ maxとの間にいずれも有意な直線関係が得られた。

2) 各種運動教材の運動強度は徒手体操(32.6% $\dot{V}O_2$ max)、跳ぶ運動(67.1% $\dot{V}O_2$ max) ボールを扱う運動(54.4% $\dot{V}O_2$ max)、腕で支える運動(60.8% $\dot{V}O_2$ max)、人押し、人運びの運動(60.3% $\dot{V}O_2$ max)、疾走の運動(66.9% $\dot{V}O_2$ max)、かけ足の運動(85.5% $\dot{V}O_2$ max)であった。

3) Program 1の運動時平均HRはグラウンドの授業で141.4 beats/min、実験室126.3 beats/minであった。Program 2の運動時平均HRは体育館で121.6 beats/min、実験室で116.3 beats/minであった。また実験室での運動強度はProgram 1が57.0% $\dot{V}O_2$ max、

Program 2 が 47.3%  $\dot{V}O_2$  max であった。

④ %  $\dot{V}O_2$  max の測定値と計算値との間には有意な相関関係が認められた。しかし Program 2 において、計算値が高くなる傾向がみられた。

本研究に際し、多くのご指導を賜った東京大学教養部福永哲夫先生、中京大学体育学部助教宮丸凱史先生に感謝の意を表します。

## 参 考 文 献

- 1) 朝比奈一男、浅野勝己、草野勝彦、砂本秀義：作業強度の生理的基準について・体力科学 20(4)：190-194, 1971.
- 2) 青木純一郎：心拍数-運動強度の指標としての意義と限界。新体育、46(8)：42-47, 1976
- 3) Åstrand, P-O. and Irma Ryhming : A Nomogram for calculation of Aerobic Capacity (Physical Fitnee) From Pulse Rate During Submaximal work. J. Appl. physiol. (7) : 218-221, 1954.
- 4) Åstroand, P. O., T. E. Cuddy, B, Saltin and J. Stenberg : Cardica output during submaxal and maximal work. J. Appl. physiol. 19 : 268-274, 1964.
- 5) Bevegard, S., Ulla Freyschuss, and Tore strandell. : Circulatory adaptation to arm and leg exercise in supine and sitting position. J. Appl. physiol. 21(1) : 37-46, 1966.
- 6) Ekblom, B. : Effect of physical training in adolescent boys. J. Appl. physiol. 27 : 350-355, 1969.
- 7) Faulkner, J., Greey, G. and Hunsicker, P. : Heart rate during physical education periods. Res. Qurt. 34 : 95-98, 1968.
- 8) 猪飼道夫、江橋慎四郎、加賀谷瀬彦：トレッドシル法による青少年の運動処方に関する研究。第1報最大持久時間の測定とトレーニング効果についての一考察。体育学研究 7 : 99-107, 1964.
- 9) 加賀谷瀬彦、井上伸治、宇賀永：走行スピードによる強度選定法を用いた小学生の持久性トレーニングの効果。体育科学, 3 : 131-138, 1975.
- 10) 加賀谷瀬彦：小学生の至適運動量。保健の科学 18(3) : 126-129, 1976.
- 11) Mossicotte, D.R. and R.B.J. Macnab. : Cardiorespiratory adaptations to training at specified intensities in children. Med. Sci. Sports. 6(4) : 242-246, 1974.
- 12) 長沢弘、石樽清司、井口義雄、木田真理：正課体育の授業における運動量と質について。体育学研究 20(5) : 293-301, 1976.
- 13) 埼玉県立教育センター：運動量を心拍数でさぐる-児童生徒の身体発達に応じた運動量-。埼玉県立教育センター報告書 第123号 : 1-16, 1975.
- 14) 斉藤満、星川保、松井秀治：体力の個体差からみた正課体育の運動量と質について(高校生のハンドボール授業を対象に)。新体育 48(9) : 733-737, 1978.

昭和54年3月31日受理