

# 多人数児童の同時的心拍数測定による 体育授業の診断と運動処方

愛知県立大学 豊島 進太郎

(共同研究者) 同 星川 保

## **Evaluation and Prescription of Physical Education, Based on Simultaneous Measurement of Heart Rate in Large Group Children**

by

Shintarō Toyoshima and Tamotsu Hoshikawa  
*Aichi Prefectural University*

### **ABSTRACT**

Presently, heart rate is used to estimate physiological load on the body during physical activity. However, ECG or specialized apparatus for measuring heart rate entail high cost, therefore, they are impractical for use with large groups of people.

In order to measure heart rate simultaneously in a large group of children, we devised an inexpensive portable type of ECG recording apparatus which was made by reconstruction audio micro cassette tape recorder (cost: 12000 yen). That is, through P.F.M. (Pulse Frequency Modulation) we input the ECG signal (which is an analog signal) by way of a circuit to convert it into a pulse signal, which was then fed into a small tape recorder.

In this experiment, we devised our own ECG recording apparatus, recorded the pulse rate of 10 first-graders, 10 third-graders, and 10 fourth-graders during physical education class, and made our measurements according to ECG R-waves.

The portable design of the recording devices allowed sufficient application. In all grades, heart rate in physical education class proved to be high, (131.9 beats/min-146.7 beats/min) during main teaching material,

and low (111.3 beats/min-124.0 beats/min) during the teacher's explanations, or reflections upon one's own performance.

Judging from the time required for warming up, main teaching material, and supplementary activities, the objective of this study (physical education class) proved to be significant in improving physical education.

## 要 旨

アナログ信号である心電図信号を P.F.M. により、パルス信号とする回路を作成し、市販オーディオ用小型カセットテープレコーダに入力する携帯用小型心拍記録装置を10台試作した。

小学校における同一クラスの男子児童10名に試作心拍記録装置を装着し、体育授業における10名の心拍数同時測定をこころみた。

1, 3, 4年生, 各クラスの男子のおよそ半数である7または8名の体育授業時における心拍数が記録された。1台の製作費用が廉価なことから、体育授業時のクラス全員の心拍数測定を可能にした。

本調査で対象とした体育授業時における主教材の平均心拍数は、1年生131.5拍/分, 3年生146.7拍/分, 4年生142.2拍/分であった。

## はじめに

現行の学校体育における教科体育の目標の一つに、体力向上が掲げられている。しかるに教育現場でおこなわれている教科体育の授業は、体力を向上させる生理的な負荷量が閾値以上となるような教材の工夫, あるいは, 教材内容の組立てに配慮がなされているかどうか疑問がもたれている。

一方, 研究者側では, 教科体育の実態を数量的に把握する手立てが考えられている。その一つとして, 体育教材ごとの生理的運動強度がいろいろな方法によって測定され<sup>1-3, 5-7)</sup>, 教科体育におけ

る教材内容の構成を検討する資料が提供されつつある。

従来, 身体運動の生理的強度は, 酸素摂取量, R.M.R., 心拍数など, いくつかの指標によって表わされている<sup>8, 4, 8, 9, 12, 13)</sup>。最近では, 比較的簡便に測定が可能である心拍数により, 身体運動時の生理的強度が示される場合が多い。特に教育現場における身体運動の生理的強度の測定は, 測定の対象が体育授業時における運動中の児童であるために, 比較的手軽におこなえる心拍数による方法が歓迎されている。

心拍数は, 送信器のみを被検者に装備するテレメトリーや心電図を磁気テープに記録するハートコーダによる方法, あるいは, 最近では, 心拍数のみを記録する心拍メモリーなどによって測定されている。これらの携帯用心拍測定器は, もともと医療用に開発されたものである。今日では動作を制限しないように, 小型で軽量, しかも堅ろうに改良されて, 体育実験にも応用されている。しかしながら, 学校体育の授業のように児童集団を研究対象とする場合は, 問題がないわけではない。すなわち, 研究を進める上での大きな障害は, いずれの測定器も高価なことであり, 多人数を同時に測定する必要がある体育授業の診断を意図した研究などのために数多くの装置を備えることは, 経済的に不可能である。

本研究は, 体育授業時における多人数児童の心拍数を同時に測定する廉価な装置の試作, および, その測定システムの確立, 試作心電図記録装置の利用により, 小学校体育授業時の多人数の心

拍数を測定し、教科体育における実態を把握し、若干の考察をおこなうことを目的とした。

## 研究方法

### 1) 心電図記録装置のシステム

我々は、廉価な記録装置および復調器の試作を、以下のような手順に基づいておこなった。

#### ① 心電図記録装置の試作

アナログ信号である心電図信号を P.F.M. (パルス一周波数変調) によってパルス信号とする回路を作成し、市販オーディオ用小型カセットテー

プレコーダ (National 社製 Z04 型) に入力できるようにした。ブロック図を図 1 に、また、製作された記録装置を写真 1, 2 に示した。なお、この装置は、山佐時計器製 Pedometer (スタンダードタイプ) と共に厚布製ベルトに取り付けられた。その全重量は 475 g である。

本研究では、まったく同様の記録装置を 10 台試作した。

#### ② 復調機の試作

パルス信号となって磁気テープに記録された心電図を、FV コンバータおよびアンプを通して復調し、記録紙に記録できるようにした。そのブロック図を図 2 に、また、製作された復調機を写真 3 に示した。

### 2) 実験の方法

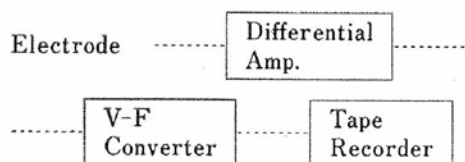


図 1 心電図記録装置ブロック図

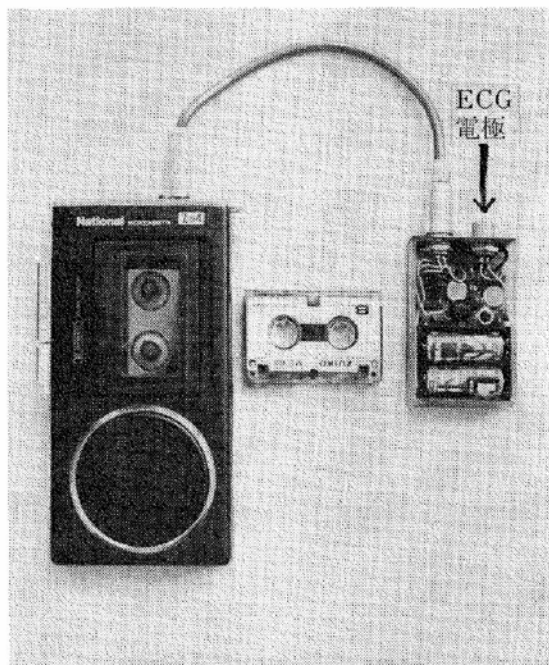


写真 1 心電図記録装置

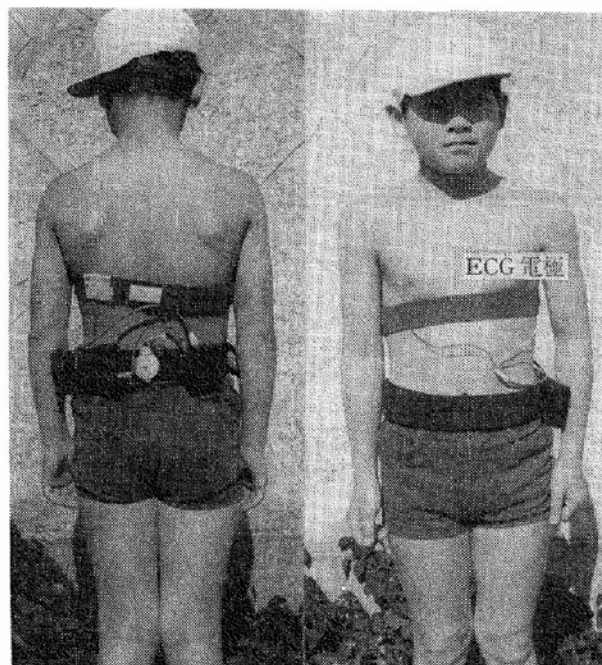


写真 2 心電図記録装置の装着

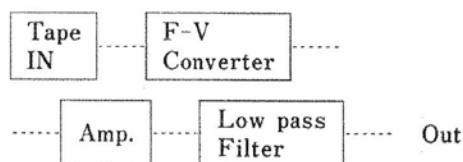


図 2 復調器ブロック図

小学校 1, 3, 4 年生における各学年同一クラスから選出された 10 人の被検者に、試作心電図記録装置をベルトを介して個々に装着し、他児童とまったく同様に体育授業を受けさせ、このときの心電図の R 波より心拍数を測定した。

#### ① 被検者

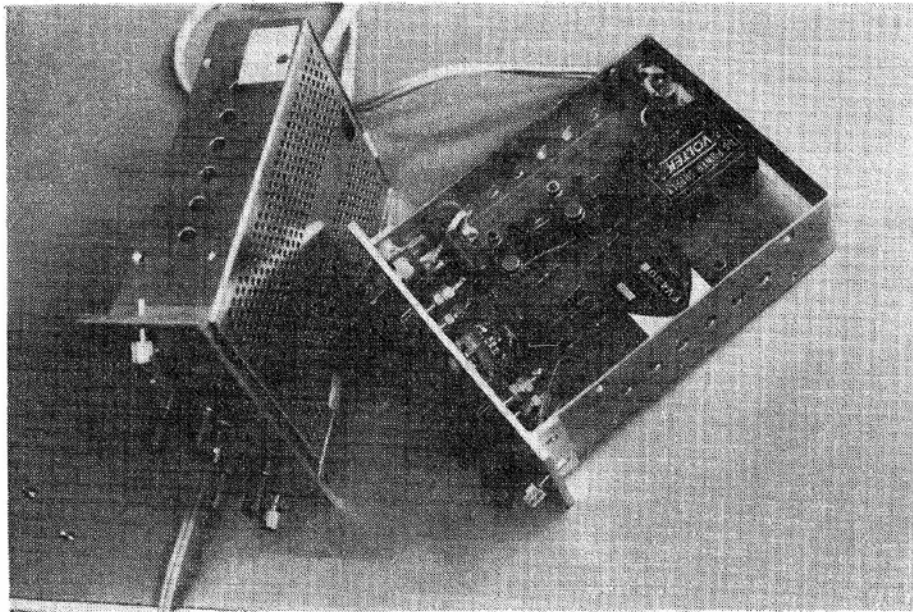


写真3 復調器

愛知県豊明市立双峰小学校の1年生，3年生，4年生の同一クラスから選手された男子各10名，合計40名を被検者とした（表1）。

表1 被検者

		身長 (cm)	体重 (kg)
1年生	活発群 5	121.3 (5.3)	22.1 (3.5)
	不活発群 5	114.0 (3.2)	19.9 (1.3)
3年生	活発群 5	126.8 (4.2)	24.5 (2.5)
	不活発群 5	129.6 (2.6)	30.9 (3.9)
4年生	活発群 5	134.3 (3.5)	27.9 (1.2)
	不活発群 5	135.5 (3.0)	31.6 (5.8)

( ) : SD

なお，各クラスから選手された10名の被検者は，日常の行動において，担当教員の主観的評価によって活発であると思われる児童5名（活発児童群）と不活発であると思われる児童5名（不活発児童群）である。

② 授業時間中の歩数の測定

対象としたクラスの体育授業時における運動量の目安を調査する目的で，前述の Pedometer に

よって授業時間中の歩数を測定した。

③ 測定対象授業の教科単元と内容

1年生

教科単元：基本の運動とゲーム

教科内容：折り返しリレー

3年生

教科単元：基本の運動とゲーム

教科内容：歩，走，跳およびボールパス遊び

（本時限は，ドッチボール大会に備えてドッチボール）

4年生

教科単元：ゲーム

教科内容：障害物リレー

結 果

1) 試作心電図記録装置による記録

試作した心電図記録装置によって運動中の心電図を記録し，復調器によって再成された心電図を図3に示した。

図3の(a)は立体姿勢のときのものであり，(b)は走運動時のものである。

図のように静的な時は無論のこと，かなり激し

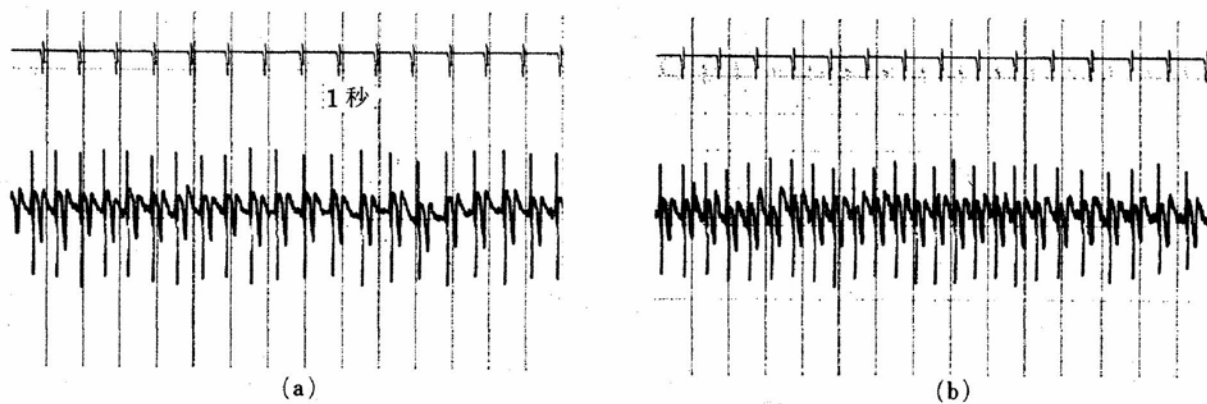
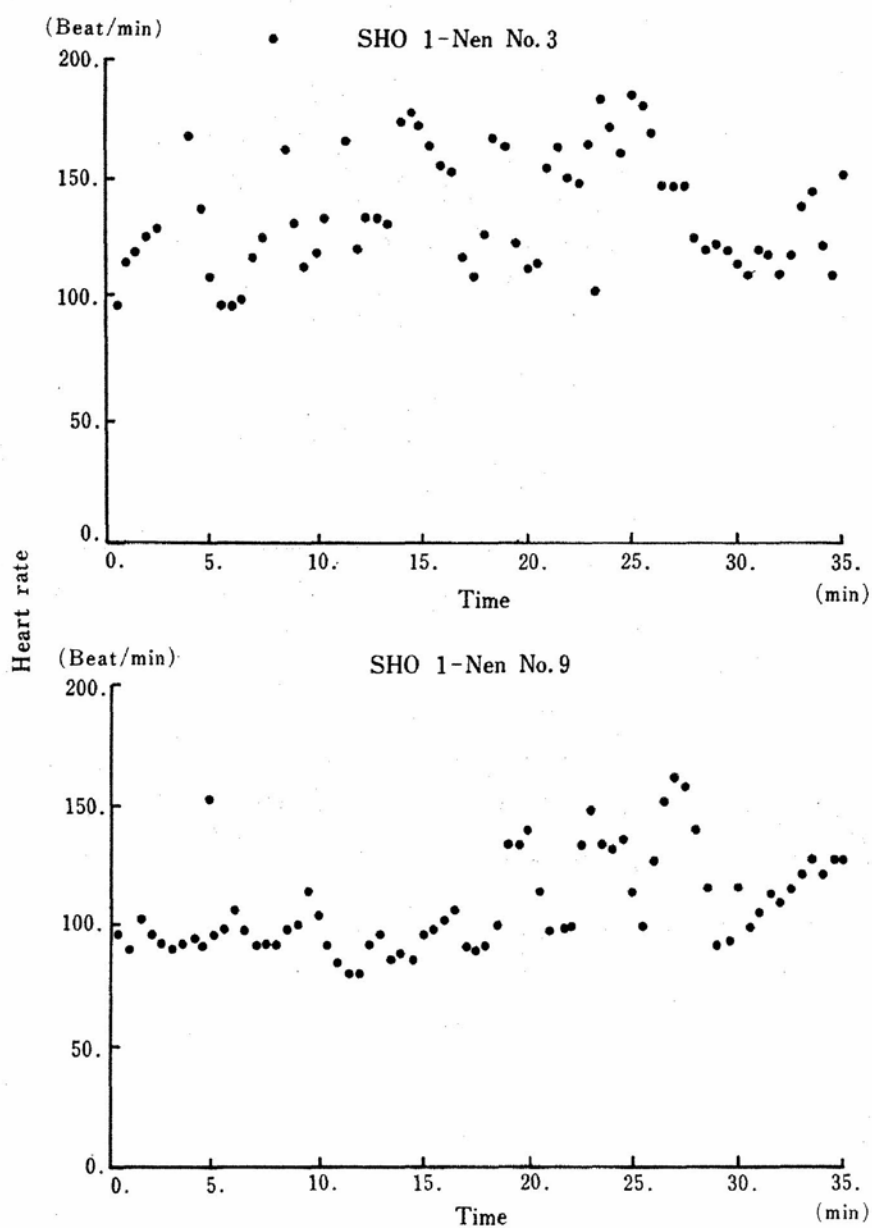


図3 試作心電図記録装置による心電図記録例



上：活発児童 下：不活発児童

図4(a) 体育授業時の心拍数の変化の一例(1年生)

い運動時においても安定した心電図を記録することが出来た。しかし、記録装置10台のうち、1、3年生対象の授業では3台、4年生の授業では2台が、授業時間(40分)を通して十分なデータを得ることは出来なかった。

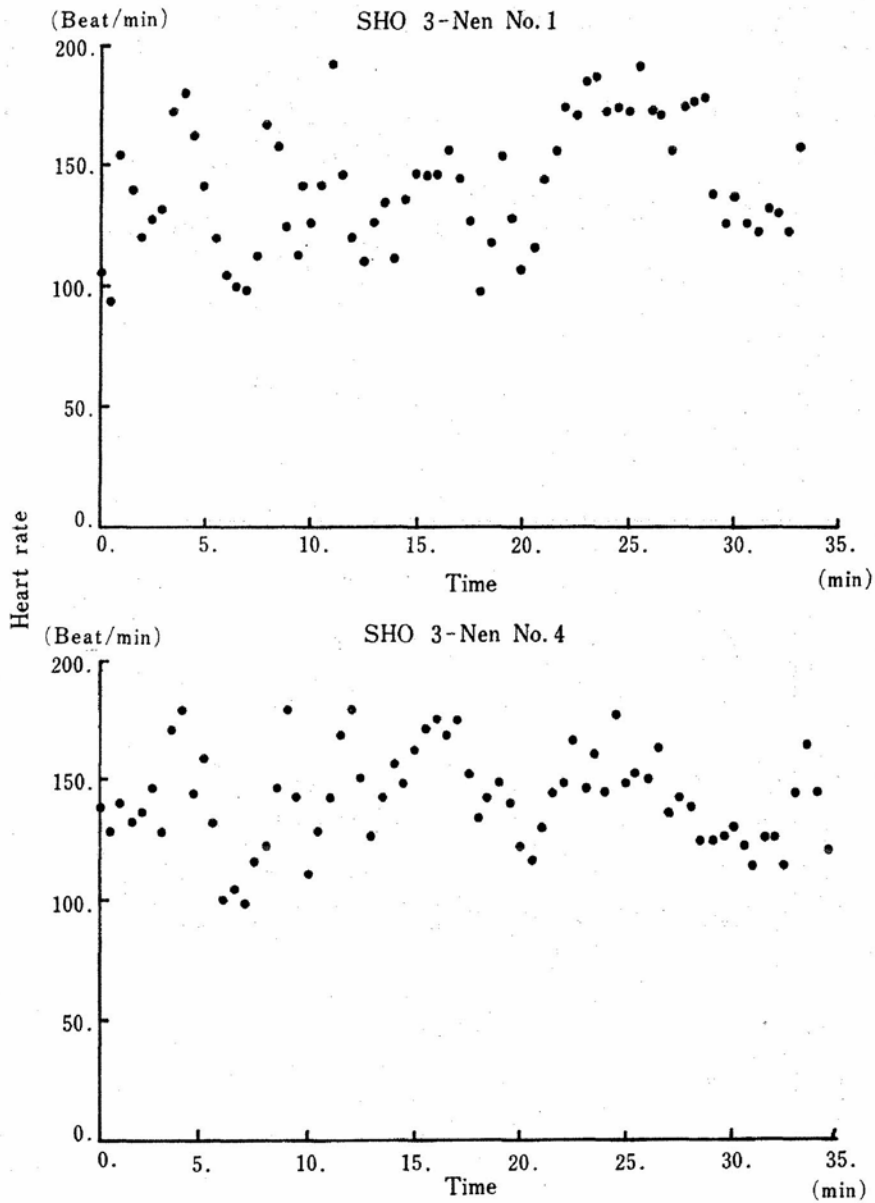
### 2) 授業時間中の Pedometer 歩数

対象クラスにおける体育授業時の Pedometer 歩数は、平均値からみると、1年生で2,345歩、3年生で2,209歩、4年生で2,269歩であった。

担当教員の主観的評価による活発児童群の平均 Pedometer 歩数は、1年生で2,636歩、3年生で2,324歩、4年生で2,440歩であり、不活発児童群のそれぞれは、2,054歩、2,094歩、2,098歩であった。各学年とも、両者の間には統計的に有意な差は認められなかった。

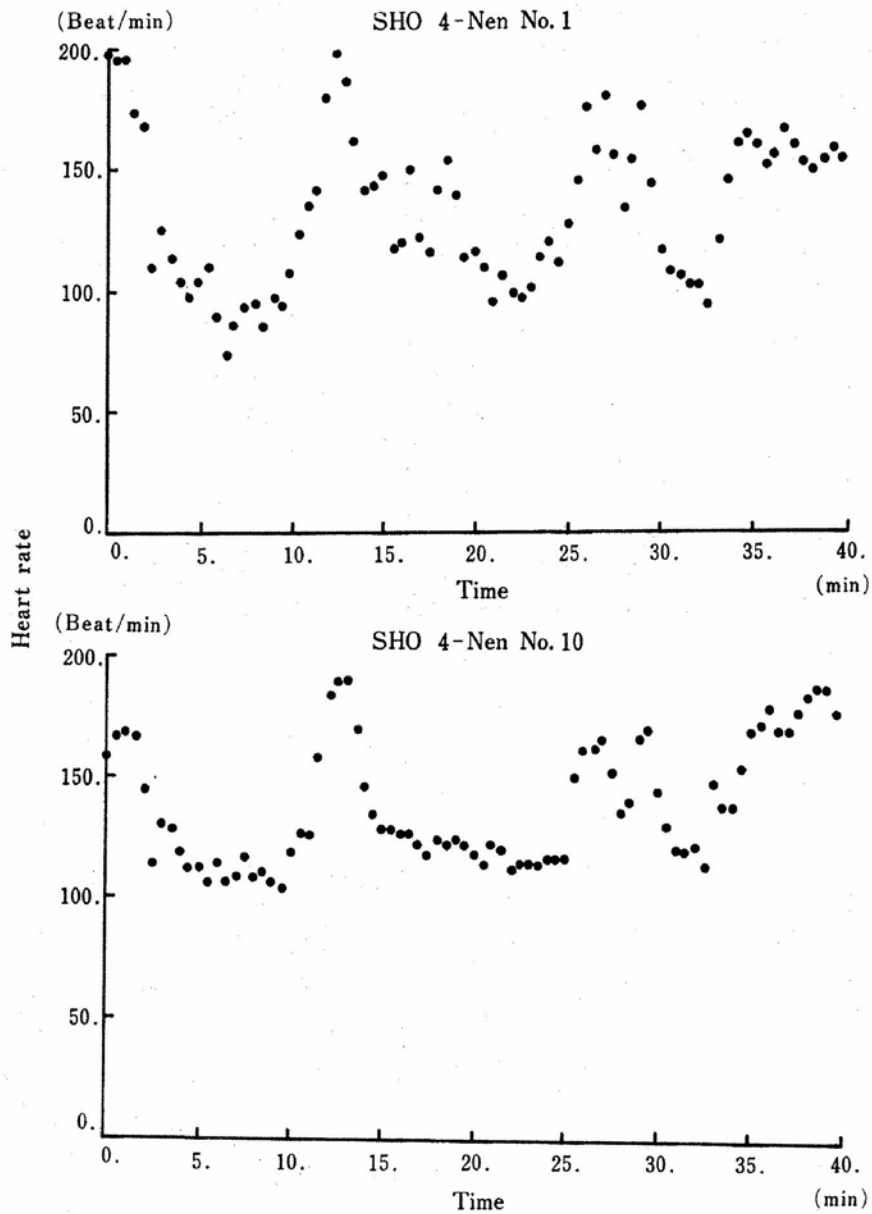
### 3) 体育授業時間中の心拍数の変化

各学年の授業の進行にともなう心拍数変化の代表例を図4-a(1年生)、b(3年生)、c(4



上：活発児童 下：不活発児童

図4(b) 体育授業時の心拍数の変化の一例(3年生)



上：活発児童 下：不活発児童

図4(c) 体育授業時の心拍数の変化の一例(4年生)

年生), に示した。

表2は、各学年における授業内容の時間配分と、内容ごとの平均心拍数を示した。各学年とも主教材実施時に高い心拍数(131,9拍/分~146,7拍/分)であり、教材説明、反省時に低い心拍数(111,3拍/分~113,8拍/分)であった。

教材内容ごとに測定された平均心拍数を、活発児童群と不活発児童群に分けてみると、1年生では活発児童群が、3,4年生では不活発児童群が、

それぞれ高い値を示し、両者の間には、4年生の準備運動と補助教材を除き、他のすべてに5%以上の水準で有意な差がみられた。

## 考 察

### 1) 心拍数記録装置システム

本研究において試作された携帯用心電図記録装置は、1台約3万円の費用で製作された。市販されているS社のテレメータ方式の40分の1、ハー

表2 体育授業における平均心拍数

	授業内容	時 間	平 均 心 拍 数 (拍/分)		
			活 発 児 童 群	不活発児童群	全 被 検 者
1 年 生	準備運動	9分	116.2 (23.5)	**107.5 (12.9)	112.3 (20.0)
	教材説明	3分30秒	118.2 (16.4)	**107.9 (15.6)	113.6 (16.9)
	主 教 材	17分30秒	135.4 (26.5)	**128.9 (24.1)	131.9 (25.6)
	補助教材	5分	137.6 (21.6)	*128.8 (11.2)	133.8 (18.5)
3 年 生	準備運動	6分00秒	129.3 (25.9)	**148.4 (19.6)	134.2 (25.2)
	教材説明	3分30秒	118.9 (16.6)	**137.0 (23.6)	124.0 (20.5)
	主 教 材	9分	144.0 (31.4)	**156.7 (19.7)	146.7 (29.0)
	補助教材	9分	138.4 (22.0)	**154.7 (17.7)	143.0 (21.9)
	整理運動	7分30秒	135.1 (23.9)	*145.7 (26.3)	138.0 (25.0)
4 年 生	準備運動	6分30秒	135.1 (28.3)	132.9 (24.7)	134.0 (26.6)
	教材説明	14分30秒	109.2 (13.1)	**113.4 (12.6)	111.3 (12.9)
	主 教 材	10分30秒	137.8 (25.8)	**146.7 (26.2)	142.2 (26.6)
	補助教材	6分	130.4 (22.9)	135.5 (26.7)	133.0 (25.0)
	反 省	3分30秒	107.9 (11.9)	**119.8 (14.1)	113.8 (14.3)

\*p<0.05    \*\*p<0.01    ( ): SD

トコーダの20分の1, T社のメモリーの8分の1の費用である。非常に低価で製作でき、いわゆる集団携帯用心電図記録装置として十分使用できるものと思われる。

この装置を1クラス全員に装着し、集団測定すれば、体力面からみた授業運営に大きな助けになる。さらに、テープレコーダの良品質のものを使用し、P.F.M.に改良を加えれば、心電図の診断や筋電図、あるいはDCの信号についても記録が可能であり、用途は多様である。

しかし、実験の結果、問題点もみられた。一つは、本来、測定用に製作されていないことによるものと思うが、実験中にテープレコーダの始動スイッチが運動の振動などにより off となることがあり、工夫の必要が認められた。

今一つは、復調器による心拍数の再生および、カウントに要する時間である。本研究の方法では、記録時間と同一時間が再生に要する。したがって、復調器からの出力をコンピュータに入力し、オンラインによるデータ処理および資料集計

のスピードアップが今後の問題として残された。

## 2) 体育授業時の心拍数の検討

学校体育における教科体育の目標は、体力の向上と運動技能の習得が大きな柱となっている。したがって、それぞれの目標が達成されるためには、主教材による学習活動において運動の技術を習得しながら、同時に、その身体活動が体力改善刺激となるような運動強度であることが望まれる。一般的には、体力改善は運動の強度と時間および頻度の三条件が適正でなければならない。

長沢らは<sup>12)</sup>、体育授業の身体活動時間が全体の8.2% (陸上競技)、9.0% (バレーボール) と短いことを報告している。本調査では、実動時間の測定はしていないが、主教材、補助教材にあてられた時間は、全体の56.2% (1年生)、45% (3年生)、41.2% (4年生)であった。

体育科学センター<sup>15)</sup>では、最大酸素摂取量の60~70%以上の強度で5~10分以上の身体活動が体力向上をひき起こすとしている。本調査では、最大酸素摂取量、あるいは最大心拍数の測定はおこ



なわなかった。したがって、今回測定された心拍数は、 $\% \dot{V}O_2 \max$  あるいは  $\% HR \max$  で示すことはできない。しかし、これまでに報告された同年児童の最高心拍数<sup>10,11)</sup>を参考に、主教材、補助教材実施時の平均心拍数をあてはめると、およそ、68%~75%となり、週3回の体育授業、主教材、補助教材にあてられた時間などからみて、対象とした授業内容はおおむね体力改善刺激として有効であるといえよう。

体力の個人差からみた齊藤<sup>14)</sup>らの授業研究によると、球技などの種目では、個人技術の差がそのまま身体活動差になるという。担当教員の主観的評価によって選出した活発児童群と不活発児童群の平均心拍数は、1年生では活発児童群、3、4年生では不活発児童群の心拍数が有意に高かった。このことは、両者間の Pedometer 歩数に差がないような一斉指導による授業では、活発な児童にとって満足度の低い授業内容であるのかもしれない。しかし、この点については、個々の体力レベルを明らかにした後に論議すべきであろう。

## ま と め

本研究では、廉価な携帯用心電図記録装置を10台試作し、小学校1、3、4年生の体育授業時における心拍数を測定した。

① 試作した心電図記録装置は約3万円で製作され集団用携帯心拍数記録装置として十分利用できた。

② 対象とした1、3、4年生の体育授業時における主教材、補助教材に要した時間は、全授業時間のおよそ41.2%~56.2%であり、この時の平均心拍数は131.9拍/分~146.7拍/分であった。

③ 授業内容ごとの平均心拍数は、主教材実施時に高く(131.9拍/分~146.7拍/分)、教材説明、反省時に低(111.3拍/分~120.0拍/分)かった。

④ 活発児童群と不活発児童群の平均心拍数は、1年生で活発児童群が、3、4年で不活発児童

群が有意に高かった。

## 文 献

- 1) 青木純一郎, 形本静夫, 石河利寛, 永野良一, 永海正行; 持久走を中心とした体育授業の生理学的効果, 体育科学, 7: 30-36 (1978)
- 2) 浅野勝己, 松坂 晃, 鈴木慎次郎; 小・中学校における体操の運動強度に関する実験的研究, 体育科学, 7: 1-9 (1979)
- 3) 福永哲夫, 平田敏彦, 朝比奈一男, 宮丸凱夫; 小学校体育授業「体操」の運動強度, 体育科学, 7: 10-21 (1979)
- 4) 広田公一, 豊田 博, 青山昌二, 遠藤郁夫, 野崎康明, 山本恵三, 北川薫, 吉沢久夫, 中塘二三夫, 島津大宣, 竹内正雄, 清水教永; 教育効果に関する研究—(6)正課体育実技における各種スポーツゲーム実施中の心拍数の変動について, 東京大学教養学部体育学紀要 7: 1-6 (1973)
- 5) 星川 保, 豊島進太郎, 池上康雄, 松井秀治; 小学校3、6年生の体育授業時における Actogram と心拍数について: 体育科学, 7: 60-70 (1979)
- 6) 星川 保, 豊島進太郎, 宮崎保信, 近藤 鈔, 出原謙雄, 松井秀治; Pedometer の歩数および心拍数からみた小学校体育授業の活動量について, 体育科学, 9: 1-11 (1981)
- 7) 石河利寛, 青木純一郎, 形本静夫; 小学校における陸上競技教材を中心とした体育授業の運動強度, 体育科学, 8: 58-64 (1980)
- 8) 伊藤 稔, 伊藤一生, 北村栄美子, 小川邦子, 前田喜代子; 女子学生の体育実技授業中の心拍数の変動と運動強度の推定について, 体育科学, 6: 65-76 (1978)
- 9) 北川 薫, 山本高司, 朝比奈一男, 渡辺司幸; 体育授業における10歳男子のエネルギー代謝率と心拍数との関係, 体育科学, 10: 8-13 (1982)
- 10) 松井秀治, 宮下充正, 三浦望慶, 小林寛道, 天野義裕, 米田吉孝, 豊島進太郎, 後藤サヨ子; 小学生のステップテストに関する研究, 第1報, 作業強度からみた小学生のステップテスト, 体育科学, 1: 168-173 (1973)
- 11) 松井秀治, 三浦望慶, 小林寛道, 豊島進太郎, 後藤サヨ子; 小学生のステップテストに関する研究, 第2報, 小学生の最大酸素摂取量の発達とステップテスト, 体育科学, 2: 33-41 (1974)
- 12) 長沢 弘, 石樽清司, 井口義雄, 木田真理; 正課体育授業における運動量と質について, 体育学研

究, 20 : 293—301 (1976)

- 13) 丹羽健市, 新井節男; 小学校正課体育時のエネルギー代謝に関する研究, 体育学研究 14 : 273 (1970)
- 14) 齊藤 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, 新体育, 48 : 733—737 (1978)
- 15) 体育科学センター編; 体育科学センター方式健康づくり運動カルテ, 講談社: 東京 (1976)