

中学校正課体育授業時の アクトグラムとその分析

愛知県立大学 星川 保
(共同研究者) 同 豊島 進太郎
三重大学 水谷 四郎
津市立西橋内中学校 村田 好

A Study on an actogram for physical activity of physical education periods in junior high school

by

Tamotsu Hoshikawa, Shintaro Toyoshima

Aichi Prefectural University

Shiro Mizutani

Mie University

Takashi Murata

Nishihashiuchi Junior High School

ABSTRACT

Although a physical activity is the most essential thing in physical education, there is little information on an amount of activity of children during education periods for lack of measuring procedure for it.

An actogram on which animal behavior in wild condition was recorded, was employed in animal ecological research. In this experiment the actogram and heart rate were telemetered to determine the amount or behavior pattern and relative strenuousness of various activities during physical education periods in junior high school children.

As index representing the amount of the activity the pedometer step rate was counted from the actogram. The pedometer step rate was much in a jumping, running walking and other activities like a locomotive exercise and lesser in standing and calisthenics.

Mean step rate was 62.6 steps/min for basketball-class and 73.7 steps/min for soccer-class. Also mean heart rate was 118 beats/min for basketball-class and 131 beats/min for soccer-class. There were 0.83-0.86 coefficients of correlation between the pedometer step rate and heart rate at statistical significance.

A total of 187 junior high school children, from first to third grade, took measures of step rate during two different classes of physical education by means of the pedometer. Average step rate and estimated heart rate by regression equation per one physical education period was 2,054 steps and 116 beats/min for basketball-class and 3,712 steps and 125 beats/min for soccer-class, respectively.

要 旨

ペドメータを改造し、歩数の変化を電気信号に変え、テレメータを用い、アクトグラムとして記録させた。歩数の経時的推移は、身体活動の様相を示すアクトグラムである。このアクトグラムは、同時に記録させた加速度の変化、心拍数の動向とよく一致した。

多くの授業についてアクトグラムを記録することにより、教材・指導方法・施設・用具などと生徒の身体活動との関係を明らかにすることができる。

ま え が き

体育授業における学習量は、身体活動量である。児童、生徒は、身体活動によって体力の改善をはかり、運動技能を習得する。

体育授業を展開するに当って、児童・生徒の学習量が如何ほどであるかを知ることが、指導案作成上の基本的資料である。しかるに、学校体育に携わる人々がこのことを十分に認識しているとはいいがたい。

しかし、運動の量を測定することは、心拍数などの生理的負荷量の測定と異なり^{3,8,10,11,14,15)}、

その測定について方法的に確定したものがない。

野生動物については、その生態学的研究手段としてバイオテレメトリーを用い、野生状態における動物の活動様式や、その量をアクトグラムとして記録することが試みられている^{1,2)}。

筆者らもこれにならい、テレメトリーにより、体育授業時の生徒のアクトグラムを、動作に伴う加速度の変化を利用して記録し、得られたアクトグラムを Root mean square を使って分析し、報告した⁵⁾。

しかし、テレメータによる加速度計を利用したアクトグラムの記録や分析は、経済的負担が大きすぎるので、本実験ではペドメータを改造し、歩数の変化をアクトグラムとして記録することを試みてみた。

方 法

1) 被検者は、三重県津市西橋内中学校の1年生から3年生までの男子生徒187名であった。

2) 授業1時間単位における歩数の経時的変化をアクトグラムとして電氣的に記録するために、山佐時計製ペドメータを改造した。

すなわち、歩数を検出する錘にマイクロスイッチを取り付け、1歩ごとに上下する錘の動きを電

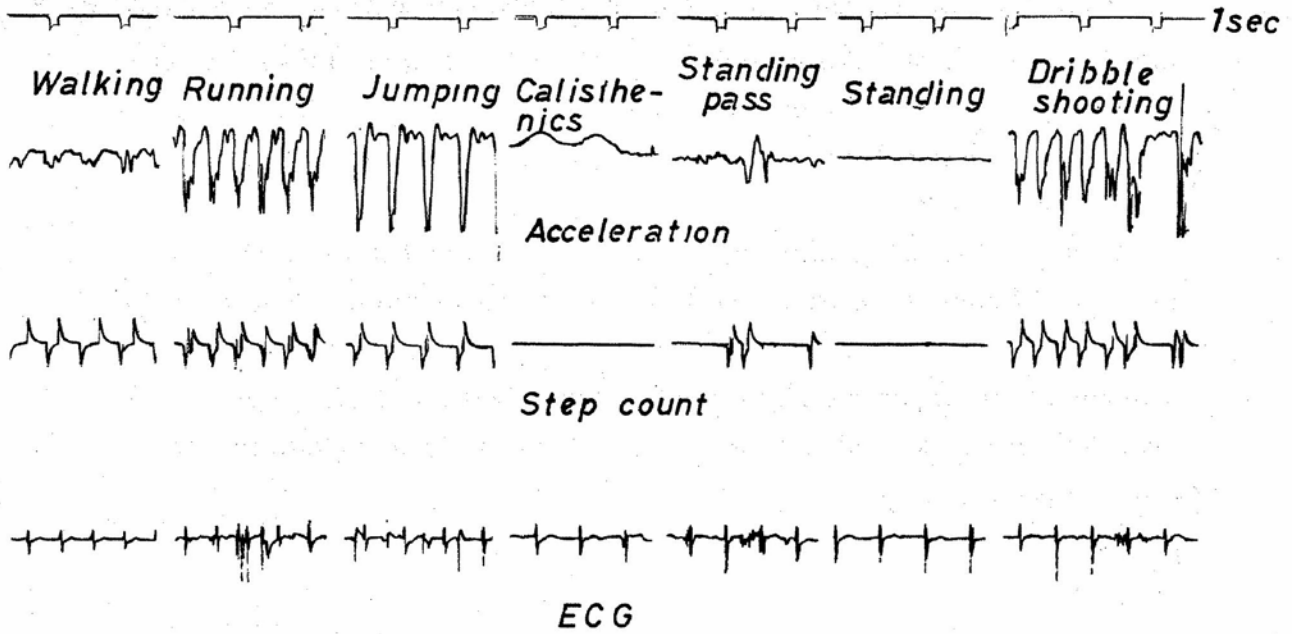


図1 Actograms obtained by accelerometer and pedometer and ECG during physical education period (Basketball-class)

氣的信号にかえアクトグラムとして記録した。

ペドメータの歩数と同時に、加速度の変化をトヨタ中央研究所半導体小型加速度計 ATS-14S 型により、また、心拍数を胸部双極誘導によって同時に記録した。

結 果

1) アクトグラム

バスケットボール授業時の垂直方向加速度の変化・歩数・心電図を、同時にテレメータによって記録したものを図1に示した。

歩・走・跳躍、あるいは動的な運動をしている場合は、加速度の変化も著しく、歩数によってあらわされるアクトグラムの棘波の数も多く、また、生理的運動強度をあらわす心電図の R-R 間隔も狭い。

これに対し、立位、あるいは身体移動のない、その場でおこなわれる徒手体操やその場パスの練習では、加速度の変化も少なく、歩数によってあらわされるアクトグラムの棘波も少ない。また、心電図の R-R 間隔も広く、心拍数は少ない。

図2(a)は、バスケットボールのシュート練習時のアクトグラムと心拍数を同時記録したものである。ドリブルシュートをしている時の棘波が密であることがわかる。

図2(b)は、立位・歩行・走行時の、歩数によってあらわされたアクトグラムと心電図である。身体の移動が多くなると、アクトグラムは密になる。

2) ペドメータ歩数と心拍数との関係

図3、図4に、バスケットボール、サッカー授業時に得られた、アクトグラムを分析したペドメータ歩数と心拍数の経時的变化を示した。

バスケットボールで平均歩数は 62.6 ± 48.8 歩/分、平均心拍数は 117.8 ± 19.8 拍/分、サッカー授業で 73.7 ± 53.3 歩/分、 130.8 ± 19.4 拍/分であった。

図から明らかなように、歩数の多いところで心拍数も多く、両者の間には、バスケットボールで 0.83、サッカーで 0.86 の統計的に有意な相関係数が得られた。

また、バスケットボール授業では、授業時心拍

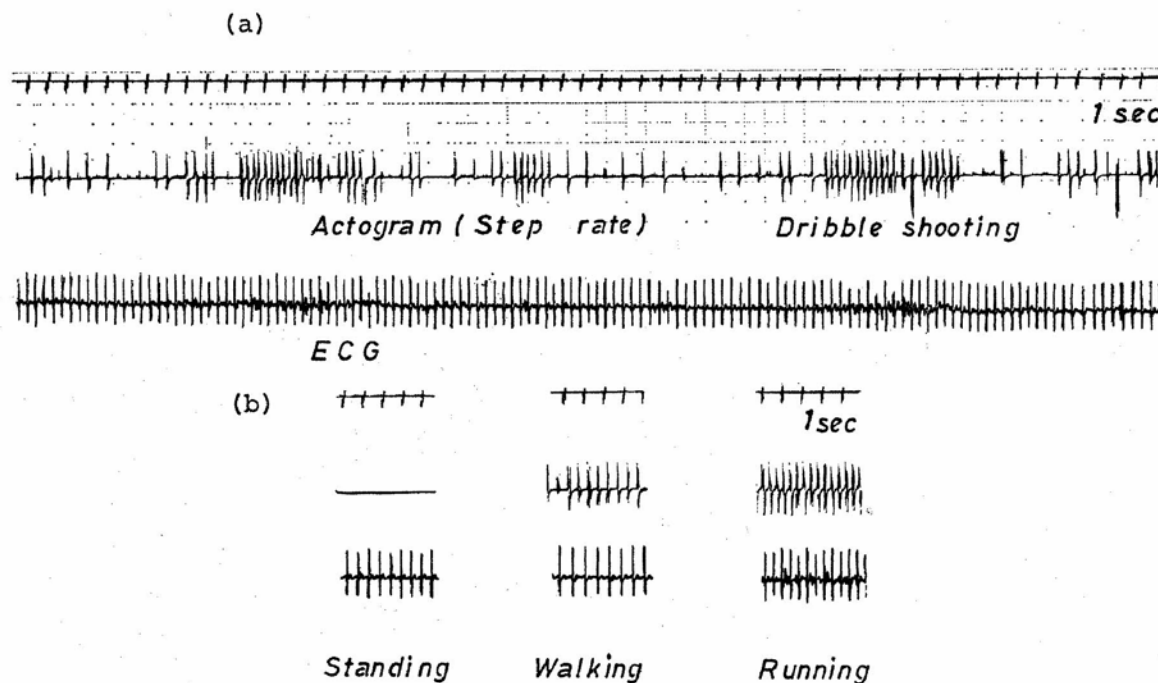


图 2 (a) Actogram obtained by pedometer and ECG during dribble shooting practice of basketball
 (b) Actogram obtained by pedometer and ECG during standing, walking and running

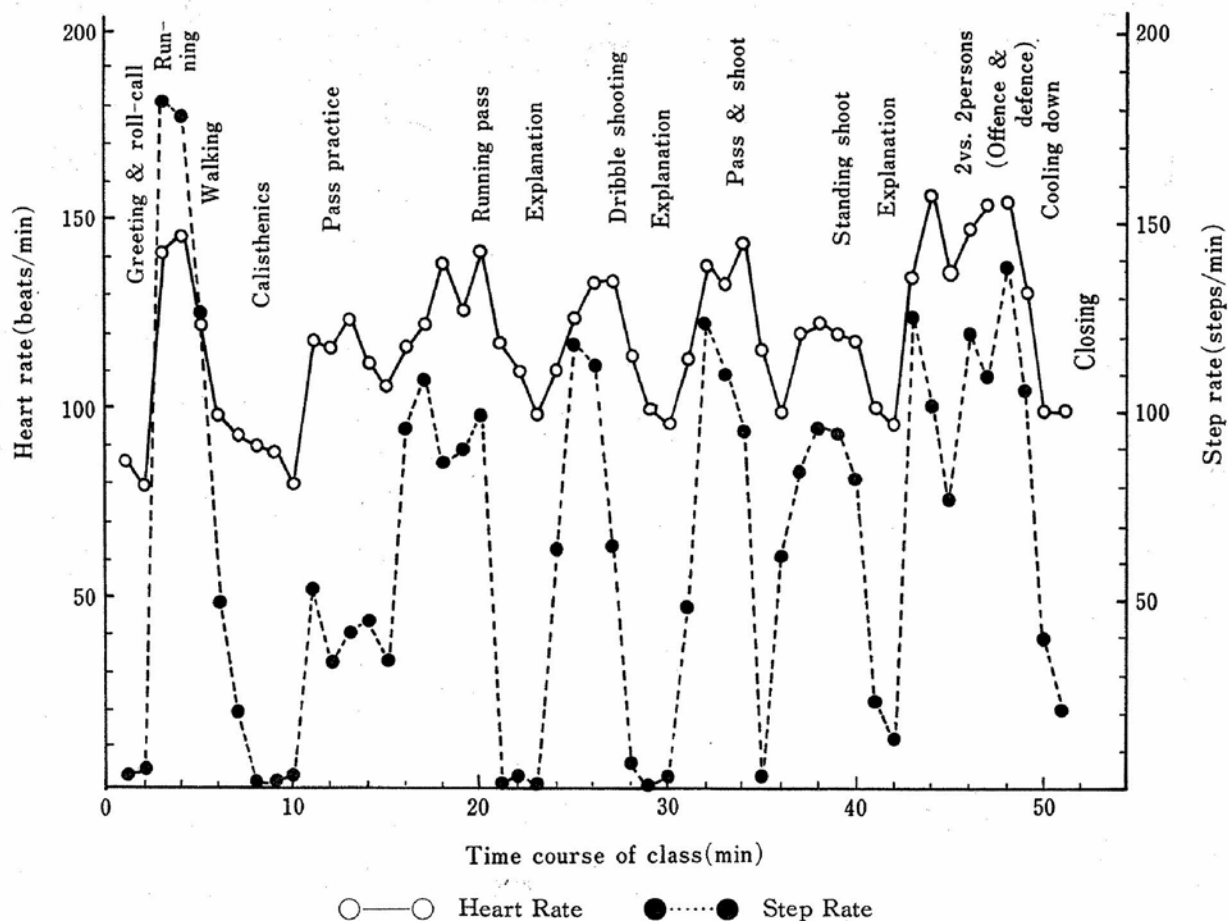


图 3 Changes in step rate measured by pedometer and heart rate during participation in physical education (basketball-class)

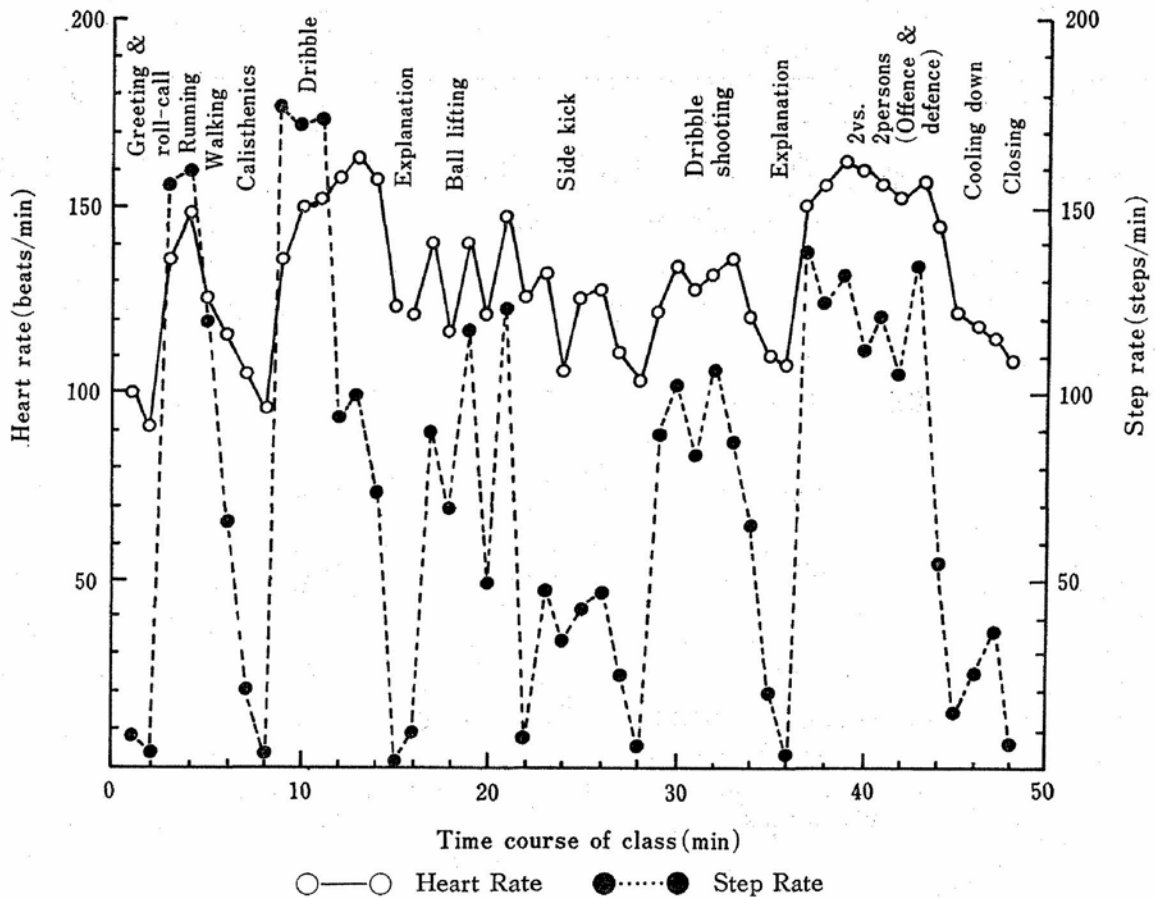


図4 Changes in step rate measured by pedometer and heart rate during participation in physical education (Soccer-class)

数 (y) と歩数 (x) との間に

$$y = 0.25x + 106,$$

サッカー授業では

$$y = 0.30x + 103$$

の一次回帰式が得られた。

3) 授業の内容と活動量

活動量は、学習内容によって異なる (表1)。

すなわち、点呼・教師の説明・示範・順番待ちなどではほとんど活動量がなく、また、その場でおこなう徒手体操やパス練習なども活動量が少ない。

これに対し、身体移動を伴うドリブル練習、ランニングパス練習、あるいは敵・味方に分かれての攻防練習やゲームなどでは活動量が多い。

4) 授業時の総歩数

授業の進行に伴う身体活動の様相をアクトグラ

ムとして記録することとは別に、授業全体を通じて生徒がどの程度活動したかは、歩数のアクトグラムの結果からみて、ペドメータの歩数によって、その概略を知ることが可能なように思われる。参加全生徒にペドメータを取付け授業時の歩数を測定してみた。

中学校1年生から3年生までの男子のバスケットボール、サッカー授業において得られたペドメータの歩数を表2に示した。

50分間のバスケットボール授業での平均歩数は1,884~2,224歩であり、サッカー授業での平均歩数は、3,127~4,247歩であった。

論 議

体育授業における学習活動は身体活動であり、児童、生徒は身体活動によって体力の改善をはか

表1 Pedometer step rate and heart rate during participation in different types of exercise

Type of exercise	Step rate (steps/min)	Heart rate (beats/min)
Running	170.0 (11.7)	157.5 (12.2)
Walking	121.2 (5.6)	116.8 (7.1)
Standing	7.1 (8.0)	94.5 (7.3)
Calisthenics	13.4 (14.2)	114.5 (10.9)
Dash and turning-run	69.0 (13.2)	153.5 (8.6)
Standing pass (Basketball)	30.7 (13.6)	122.8 (10.5)
Side-kick pass (Soccer)	98.7 (22.6)	123.2 (10.1)
Running pass (Basketball)	85.3 (16.0)	138.0 (10.7)
Running pass (Soccer)	96.8 (36.7)	128.7 (14.1)
Pass-shoot (Basketball)	73.7 (29.1)	126.6 (13.3)
Standing-middle-shoot (Basketball)	87.6 (8.35)	124.1 (14.2)
Instep-kick-pass	84.0 (24.6)	134.2 (16.2)
Dribble-shoot (Basketball)	85.9 (19.4)	126.3 (13.0)
Dribble-shoot (Soccer)	99.1 (25.6)	127.4 (15.8)
Offence-defence (Basketball)	105.8 (35.2)	148.6 (13.5)
Offence-defence (Soccer)	124.9 (24.6)	162.7 (18.9)

(): SD

表2 Step rate measured by pedometer during physical education periods

Grade-Class	N. Subject	Material	Ave. Step rate
1-a	20	Soccer	4246.6 (1334.7)
1-b	20	Soccer	3968.6 (1207.5)
1-c	20	Soccer	3210.2 (1150.2)
1-d	19	Soccer	3127.4 (1274.6)
2-a	14	Basketball	1883.7 (497.4)
2-b	19	Basketball	2224.0 (581.0)
3-a	19	Soccer	3880.6 (958.7)
3-b	16	Soccer	3676.3 (990.2)
3-c	20	Soccer	4193.3 (709.5)
3-d	20	Soccer	3390.0 (952.0)

(): SD

り、運動技能を習得する。

しかし、いくつかの研究報告が、生理的負荷量の小さいことから体育授業時の身体活動量の少ないことを推定している^{4,10,11,12}。

長沢ら¹²の報告によると、中学校1年生のバレーボール教材で、座位・立位の時間が全体の約33%、主運動をしている時間はわずかに9%であっ

た。また、陸上競技の短距離、走幅とび教材でも、座位・立位が52%、主運動は8.2%と少なかった。

したがって、各種教材をどのように配列して生徒に与えたならば、生徒の身体活動量が最も大きくなり、授業効果が上がるかという、最も基本的な研究が授業研究の分野でおこなわれる必要があ

る。

今日、エレクトロニクスの進歩により、作業時、あるいは運動時の生理的反応は、心拍数から容易に測定されるようになったが、活動量や、特に、活動の経時的様相の把握についてはほとんど手をつけられておらず、その測定方法すら確立されていない。

野生動物の生態学的研究手段として、バイオテレメータを用い、野生状態における活動の様子をアクトグラムとして記録することが試みられている^{1,2)}。動物の動きを検出し、記録させたアクトグラムから動物の行動様式が分析され、さらには、野生状態における動物のエネルギー消費量の計算が試みられている⁷⁾。

動物の場合、その動きの検出には、動物のからだに取り付けたアンテナの揺れを利用したり、細いガラス管に封入した水銀球が動物の動きによって動揺し、電気回路を開閉する時の信号を利用する方法や、あるいは動きに伴う加速度の変化をストレンゲージのひずみを利用して取り出す方法などが考えられている^{1,2)}。

本研究では、ペドメータを改造し、歩数の変化を電氣的信号に変え、テレメータを用いてアクトグラムとして記録させた。

利用したペドメータは、0.7gの加速度で1歩を刻むように作られているので、このペドメータからの信号は、同時に測定された加速度の変化とその頻度がよく一致していた(図1参照)。

ペドメータの歩数は、上下方向に加速度が働いた場合にのみ作動し、前後・左右方向の動きには影響を受けない。したがって、動きをより正確にとらえるためには、前後・左右方向の動きも記録することが必要であるかもしれない。

しかし、MissiuroとPerlberg⁹⁾が、体育授業時のガス代謝は歩・走運動の量と密接な関係を持つと述べているように、また、体育授業時の大部分の身体活動は移動運動を基盤としているので、

移動時の歩数をアクトグラムとして記録することにより、活動の概略を知ることができる(図2参照)。

加速度の変化をアクトグラムとして記録させた場合には、運動の物理的大きさも同時にアクトグラムから見取ることができるが、ペドメータの歩数をアクトグラムとした場合には、一步、一步の物理的強度を判断することはできない。

しかしながら、同時的に記録させた心電図のR-R間隔の広さの大小から、運動の強さの大小を検討した場合、R-R間隔の狭いところではアクトグラムも密であり、アクトグラムの変化によって運動の激しさを知ることが可能なように思われる。

体育授業時のペドメータ歩数

テレメータを使用してのアクトグラムに活動の様子を記録させることは、どこでもできるというものではない。しかし、アクトグラムの実験から、ペドメータの歩数によって、授業時の活動水準を推測することができると考えられたので、授業参加生徒全員にペドメータを取り付け、サッカーとバスケットボールの授業について4~5回の測定をおこなってみた。

サッカー授業の平均歩数は約3,712歩、バスケットボール授業のそれは約2,054歩であった。

これは、奈良岡¹⁸⁾が中学生のサッカー授業について得た2,100~3,360歩よりも、サッカー授業では多く、バスケットボール授業で少なかった。

また、星川ら⁹⁾が男子小学生の40分間授業で得た3,180歩より、バスケットボール授業では少なかった。得られた歩数を毎分当りに換算すると、約41~74歩/分となり、自然歩行の歩数の33~59%であり、体育授業時の活動量が少ないという報告と一致する。

授業時歩数を、先にアクトグラムの実験から得られた $y = ax + b$ の x に代入し、心拍数(y)を

推定してみると、約116~125拍/分となり、また最大心拍数を205拍/分とすると、これは最大心拍数の約57~61%で、体力の指標である有酸素作業能改善の刺激としては不十分なように見える。

しかし、これは授業1時間単位を平均的にみた場合であり、授業は激しい運動と静かな状態が間歇的におこなわれるので、もちろん、激しい運動の場合には、十分有酸素作業能改善閾値以上となっていることが予想される。

総 括

1) 男子中学生を対象として、体育授業時(サッカー教材、バスケットボール教材)の生徒の活動(学習)の様子を、ペドメータの歩数をアクトグラムとして記録した。

2) ペドメータの歩数の変化を記録したアクトグラムは、同時に記録させた加速度の変化を利用したアクトグラムとよく一致した。

しかし、ペドメータによるアクトグラムでは1歩1歩の強さを判断することはできない。また、使用したペドメータの性能上、加速度の小さい動きは記録することができなかった。

3) アクトグラムを分析した歩数と心拍数との間には、0.83~0.86の統計的に有意な相関関係が得られたので、ペドメータ歩数の変化を記録したアクトグラムから、活動の経時的推移だけでなく、運動の強さをすることも可能である。

4) 男子中学生1年生から3年生までの全生徒(187名)にペドメータをつけさせて授業をおこなったところ、サッカー授業では平均3,712歩、バスケットボール授業では平均2,054歩であった。この歩数をアクトグラムの分析から得られた $y = ax + b$ の x に代入し、推定心拍数を求めると、サッカー授業では125拍/分、バスケットボール授業で116拍/分となった。

文 献

- 1) 安藤 滋; バイオテレメトリにおけるアクトグラム, 生物科学, 23: 120~127 (1972)
- 2) Ando, S; Fundamental problem in radio biotelemetry for ecological use. In Studies on methods of estimating population density biomass and productivity in terrestrial animals, *JISP Synthesis*, 17: 183-212 (1967)
- 3) 広田公一, 豊田持, 青山昌二, 遠藤郁夫, 野崎康明, 山本恵三, 北川 薫, 古沢久夫, 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)
- 4) 洞口六夫, 佐藤信重, 沼田啓充; 中・高校の正課体育における運動量についての考察, 第1報, 運動量を推定するための実働時間, 体育学研究, 11: 245 (1967)
- 5) 星川 保, 豊島進太郎, 池上康雄, 松井秀治; 小学校3年, 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: 60-71 (1979)
- 6) 星川 保, 豊島進太郎, 宮崎保信, 近藤 鈔, 出原鎌雄, 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時の活動量について, 体育科学, 9: 1-11 (1981)
- 7) 岩本俊孝; アクトグラムを利用した日消費エネルギーの計算法について, 文部省総合科学研究報告書: 56-62 (1977)
- 8) 栗田憲昭, 柳 正明, 塩野入孝徳; 運動量を心拍数でとらえての指導法の検討, 第24回日本体育学会大会号, 479 (1973)
- 9) Missiuro, W und A. Perlberg; Untersuchen über den Einfluss der Gymnastik-Stunde auf den Gassstoffwechsel. *Arbeitsphysiol.* 9: 514-527 (1973)
- 10) 長沢 弘, 水野義雄, 松野隆史; 正課体育授業の運動量と質について (RMRとHRからみた生理的負荷), 日本体育学会第28回大会号: 264 (1977)
- 11) 長沢 弘; 中学校授業時における陸上, 体操, バレーボールのRMRについて, 日本体育学会第24回大会号, 480 (1973)
- 12) 長沢 弘, 石博清司, 井口義雄, 木田眞理; 正課体育授業における運動量と質についての研究, 体育学研究, 20: 293-301 (1976)
- 13) 奈良岡健三; ペドメータによる運動量の測定,

1) 安藤 滋; バイオテレメトリにおけるアクトグ

体育の科学的基礎. pp. 103—118, 慶応通信
(1958)

- 14) 大鐸 順, 老松信一, 金子英一, 小幡勝己, 春山国広; 体育学習における運動量についての一考察, 第26回日本体育学会大会号, 398 (1975)

- 15) 塩野入孝徳, 柳 正明, 栗田憲昭; 体育学習と運動強度(1)小中高校生の運動時心拍数と酸素摂取量の関係について, 第25回日本体育学会大会号, 608 (1974)