

## 大学正課体育授業の循環系機能に及ぼす 影響に関する研究

—(1) 水泳, ラグビーおよびサイクリング授業中の  
心拍数変動と運動強度について—

平木場 浩二, 高橋 伍郎, 椿本 昇三, 高森 秀蔵, 田崎 健太郎

### Studies on Influence of University General Physical Education Class's Activity on Circulatory Function — (1) Heart Rate Changes and Exercise Intensities in Swimming, Rugby and Cycling Class —

Hirakoba, K., G. Takahashi, S. Tsubakimoto, H. Takamori, and K. Tazaki

#### Abstract

This study was undertaken to evaluate the exercise intensities in general physical education class; swimming, rugby, and cycling class. The heart rate responses in 20 male students aged 19–22 years were means of the heart rate memory system. Then the exercise intensities were estimated by %HRmax (expressed as a percentage of predicted maximal heart rate based on age). The main contents of exercise prescription for three classes were consisted of as follows: 10 minute-swimming and water-polo game in swimming class; skill practice by each group and rugby game in rugby class; approximately 40–50 min. touring in cycling class.

The mean heart rates in all activities in swimming, rugby, and cycling class were  $147.6 \pm 6.1$ ,  $120.1 \pm 10.3$ , and  $126.0 \pm 14.7$  beats/min, respectively. On the other hand, the mean heart rates during exercise in three classes were:  $169.1 \pm 6.5$  in swimming;  $138.3 \pm 10.2$  in rugby;  $131.1 \pm 16.9$  beats/min in cycling class.

When the exercise intensities was expressed as %HRmax, the above heart rate levels approximately corresponded to 89% (83–93%) in swimming class, 72% (66–83%) in rugby class, and 69% (59–86%) in cycling class. The exercise intensity in swimming class revealed significantly higher value than that in rugby and cycling class ( $P < 0.05$ ). However, the exercise intensities in rugby and cycling class were found to be similar with the values in various general physical education classes

previously reported. It is supposed that the exercise intensity in swimming class would become a higher level due to the contents of exercise prescription, including the programs of 10 minute-swimming and water-polo game.

From these results, it might be concluded that the exercise intensities in general physical education classes measured in this study, especially swimming class, would be adequate load for improvement of respiration-circulatory function.

## 緒言

現代文明の著しい発達に伴う社会環境や生活様式の変化は、様々な問題を招来している。このことに起因して生じる日常生活における“身体運動の不足”が身体機能に重大な弊害をもたらすことは、多くの研究者によって指摘されている<sup>12,14,16,17,20</sup>。身体運動の不足によって生じる疾病は運動不足病(Hypokinetic Disease)と言われ、主に心臓血管系を中心とした退行性心臓血管疾患(動脈硬化症, 高血圧症, 冠状動脈心臓疾患, etc)がその大部分を占めている<sup>12,14</sup>。

このような実情を反映して健康・体力が社会問題化され、運動処方いろいろな側面から研究されている<sup>3,9,13,21,22,23</sup>。さらに、学校体育においても児童・生徒の「体力の増進」を推進し、体力要素の中でも呼吸循環機能を構成因子とする全身持久性の改善を重要な課題としてとりあげている。したがって、学校体育の授業時における種々の運動種目の運動強度および運動量等に関して多くの報告がなされている<sup>1,6,8,10,15,19</sup>。

ところで、大学生にとっても前述した運動不足の傾向は例外でなく、運動クラブに所属している学生を除いて、週一回の正課体育が唯一の身体運動の機会であると思われる。したがって、大学の正課体育授業時の身体運動の運動強度および運動量が循環系機能にとってどの程度の運動刺激となっているかを把握する必要がある。

そこで、本研究の目的は、大学の正課体育授業時の心拍数変動から授業中の運動強度を

推定しようとするものである。今回の報告は、比較的報告の少ない水泳、ラグビーおよびサイクリング授業中の心拍数変動と運動強度について検討した。

## 研究方法

被検者は、筑波大学に在籍する19~22歳の正課体育受講男子学生20名であり、測定種目は水泳(8名)、ラグビー(6名)およびサイクリング(6名)の3種目である。

測定対象となった種目の主な授業内容は以下の通りである。

水泳:10分間泳, 水球の班別練習(パス, シュート, ドリブル), 水球模擬試合(7分間ハーフ)

ラグビー:班別練習(パス, モール, タックル), ラグビー模擬試合(10分間ハーフ)

サイクリング:班別に定められたサイクリングコースの走行(約40~50分間, 約10~15 km)。

心拍数(HR)は、Heart Rate Memory System(Vine社製)を用いて授業中連続して記録した。また、その間のタイムスタディーの記録も同時に実施した。HRは30秒ごとのR棘の記録から1分間値に換算して表わした。さらに、HRから授業中の相対的運動強度(%HRmax)を推定するために、年齢に相応した最高心拍数(HRmax)を山地<sup>25</sup>が示した回帰式 $Y = -0.70X + 205$ から求め、体育授業時に測定されたHRから%HRmaxを算出した。

なお、Heart Rate Memory Systemによ

るHRの測定精度に関しては、3名の被検者を用いてexhaustionに致るまでのトレッドミル走行時のHRを胸部双極誘導法による心電図法とHeart Rate Memory Systemで同時に記録し、比較したところ、両者の間に $r = 0.998$ の高い相関係数が得られ、Heart Rate Memory Systemはかなり高い精度でHRを測定できることが認められた(未発表資料)。

統計的解析においては、各授業種目間の平均値の有意差検定は、分散分析法(ANOVA)とライヤン(Ryan)法により行ない、有意性の水準は $P < 0.05$ とした。

## 結果

表1は、水泳、ラグビーおよびサイクリング授業の授業全体と運動時の平均心拍数と運動強度(%HRmax)を示したものである。また、図1～図3は、水泳、ラグビーおよびサイクリングの授業時間(70分間)中の代表的な心拍数変動のパターンを示したものであ

る。

図1～図3より、各授業(水泳、ラグビー、サイクリング)の心拍数変動パターンに特徴のあることが認められた。すなわち、水泳は授業前半と後半、ラグビーは授業後半、サイクリングは授業中間に運動量が大きくなっていることが認められた。

水泳授業全体の平均心拍数は $147.6 \pm 6.1$ 拍/分であり、ラグビーおよびサイクリング授業時の $120.1 \pm 10.3$ ,  $126.0 \pm 14.7$ 拍/分よりも有意に高い値を示すことが認められた。また、平均心拍数の個人差も水泳授業でラグビーやサイクリングより少ない傾向にあった(図4)。さらに、授業中の運動時だけの平均心拍数についてみると、水泳授業 $169.1 \pm 6.5$ 拍/分、ラグビー授業 $138.3 \pm 10.2$ 拍/分およびサイクリング授業 $131.0 \pm 16.9$ 拍/分となり、水泳授業における運動時の平均心拍数のレベルとラグビーおよびサイクリング授業の運動時平均心拍数との差はさらに増大した。

年齢より推定したHRmaxから算出した相

**Table 1.** Mean heart rate and percent of predicted maximal heart rate in swimming, rugby, and cycling class.

Kind of class		During total class hour	During exercise
Swimming	mean HR (beats/min)	$147.6 \pm 6.1$	$169.1 \pm 6.5$
	%HRmax	$77.7 \pm 3.1$	$88.9 \pm 3.4$
Rugby	mean HR (beats/min)	$120.1 \pm 10.3$ *	$138.3 \pm 10.2$ *
	%HRmax	$62.9 \pm 5.4$ *	$72.3 \pm 5.4$ *
Cycling	mean HR (beats/min)	$126.0 \pm 14.7$ *	$131.0 \pm 16.9$ *
	%HRmax	$66.1 \pm 7.5$ *	$68.6 \pm 8.6$ *

Values are means  $\pm$  SD

\* ( $p < 0.05$ ) Significantly different from the mean values in swimming class.

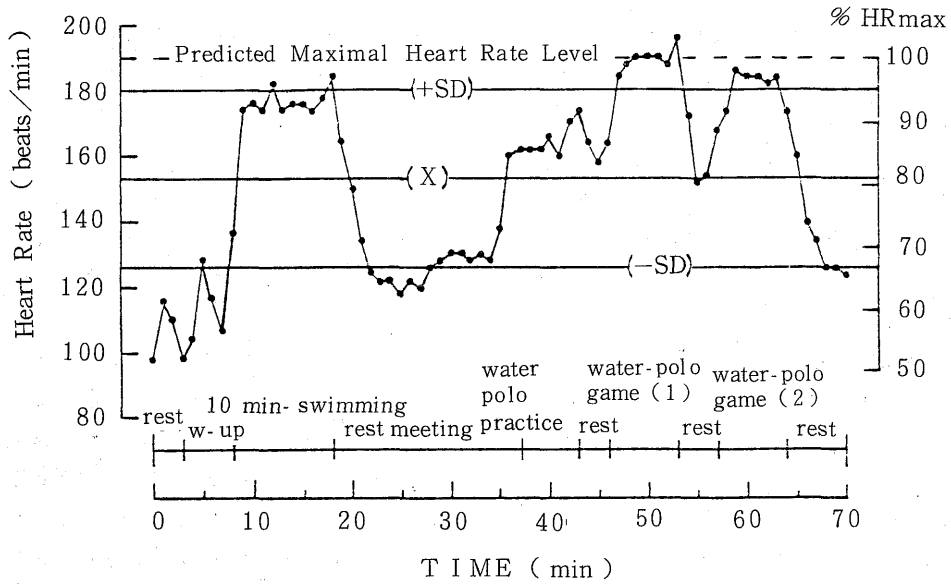


Fig. 1. An example of heart rate changes during swimming class.

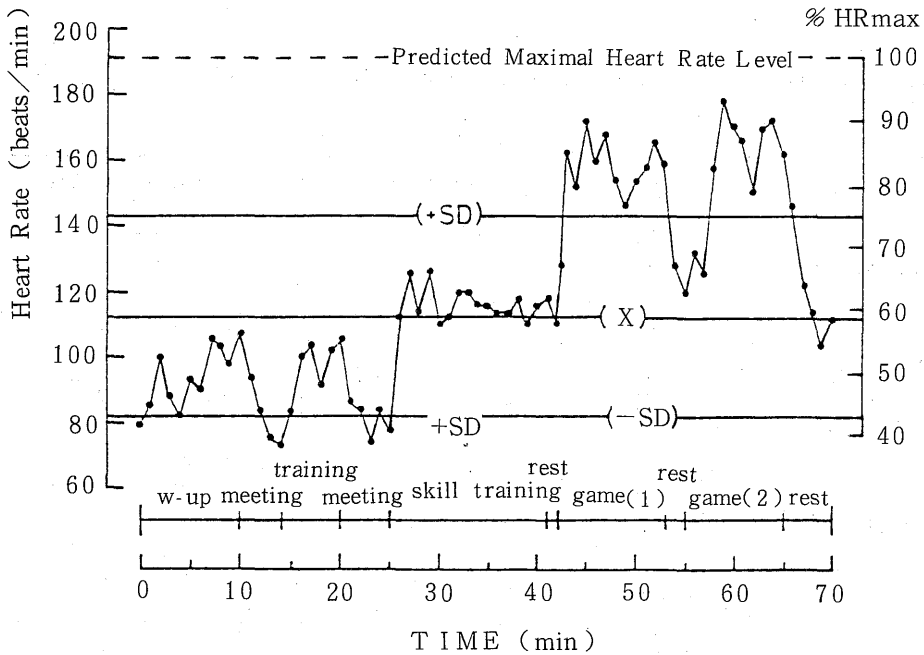


Fig. 2. An example of heart rate changes during rugby class.

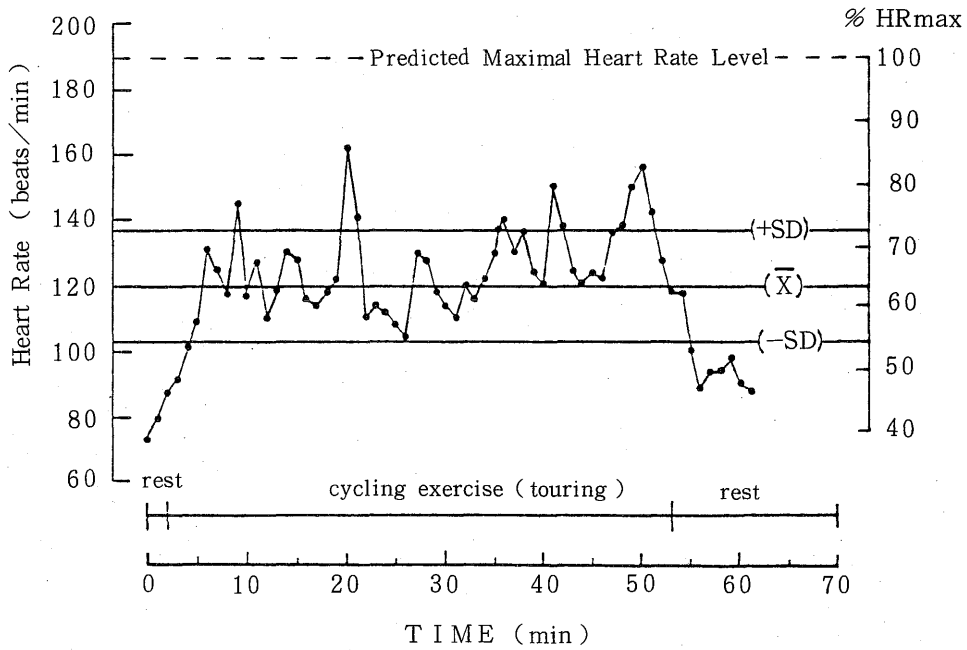


Fig. 3. An example of heart rate changes during cycling class.

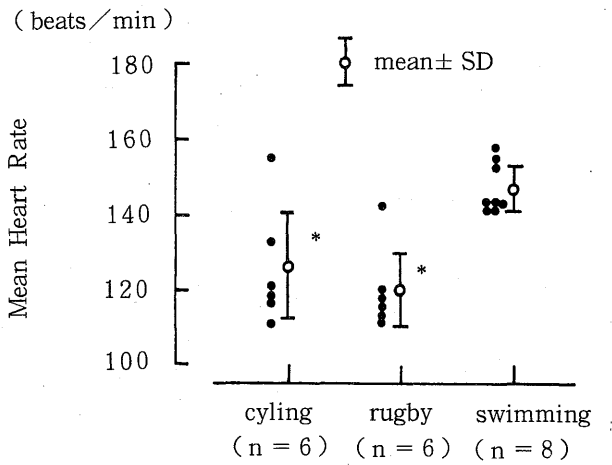


Fig. 4. Individual and mean values of mean heart rate in swimming, rugby, and cycling class.  
 \* ( $p < 0.05$ ) Significantly different from the mean value in swimming class.

対的運動強度である%HRmaxは、授業全体において水泳授業が77.7±3.1%，ラグビー授業62.9±5.4%およびサイクリング授業、66.1±7.5%を示し、水泳授業の方が有意に高い水準にあった（表1）。

同様に、授業中の運動時だけの%HRmaxにおいても、水泳授業が88.9±3.4%の高い水準にあり、ラグビー授業72.3±5.4%およびサイクリング授業68.6±8.6%よりも有意に高い値を示した（表1）。

授業全体のHRの分布については、図5に示したように、HR水準が高くなるにしたがい、ラグビーとサイクリング授業の度数分布は減少し、水泳授業では増加する傾向にあった。すなわち、%HRmaxのほぼ75～80%に相当する160拍/分以上のHRが占める割合は、ラグビーおよびサイクリング授業では、それぞれ16.0%、14.2%を示したのに対し、

水泳授業では、40.9%の高い値を示した。

ボールを扱った水球およびラグビー授業中の水球とラグビーの模擬試合中におけるHRの変動について図6・7に示した。

水球の模擬試合中におけるHRは170～180拍/分に集中し、その変動も比較的少ないのに対して、ラグビーではHRの変動幅が大きいたことが認められた。模擬試合中の平均心拍数を%HRmaxに換算すると、水球では84～98%，ラグビーでは84～90%に相当するものであった。

図8は、水泳授業中の10分間泳時の平均心拍数とperformance（10分間で泳いだ距離）との関係を8名について示したものである。両者の間には、 $r=0.757$  ( $P<0.05$ )の有意な相関係数が得られ、泳力の違いにより10分間泳中のHRの水準が異なることが認められた。

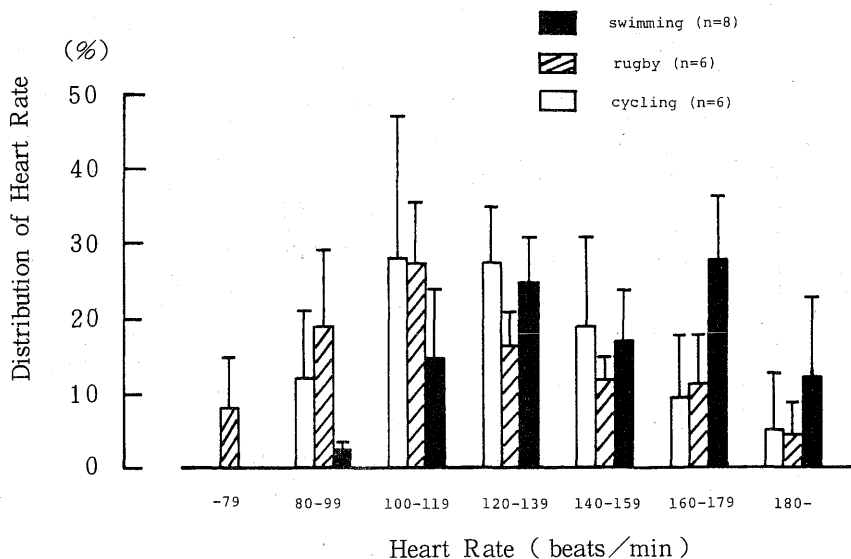
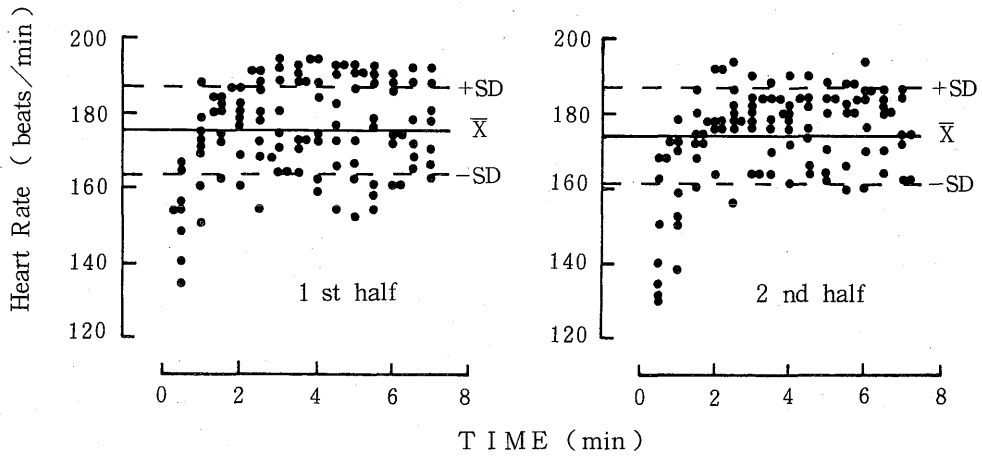
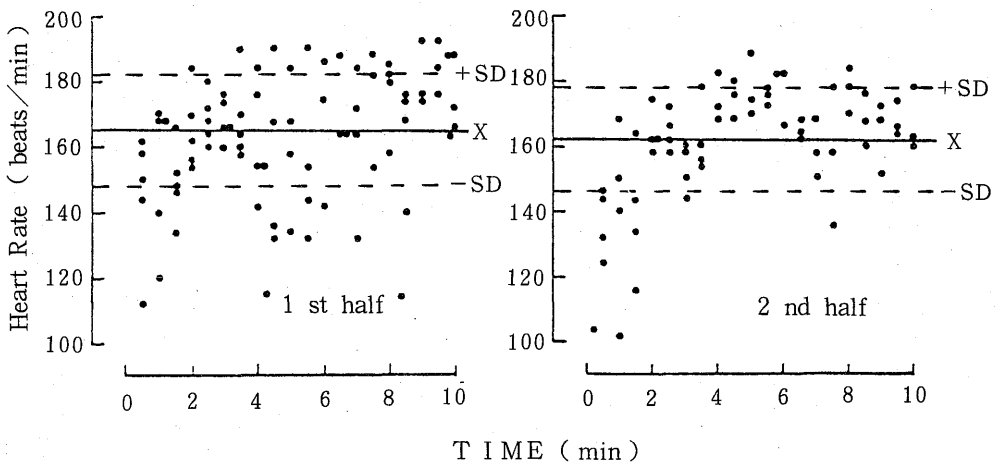


Fig. 5. Distribution of heart rate in swimming, rugby, and cycling class.



**Fig. 6.** Changes in heart rate during water-polo game in swimming class for eight subjects.



**Fig. 7.** Changes in heart rate during rugby game in rugby class for six subjects.

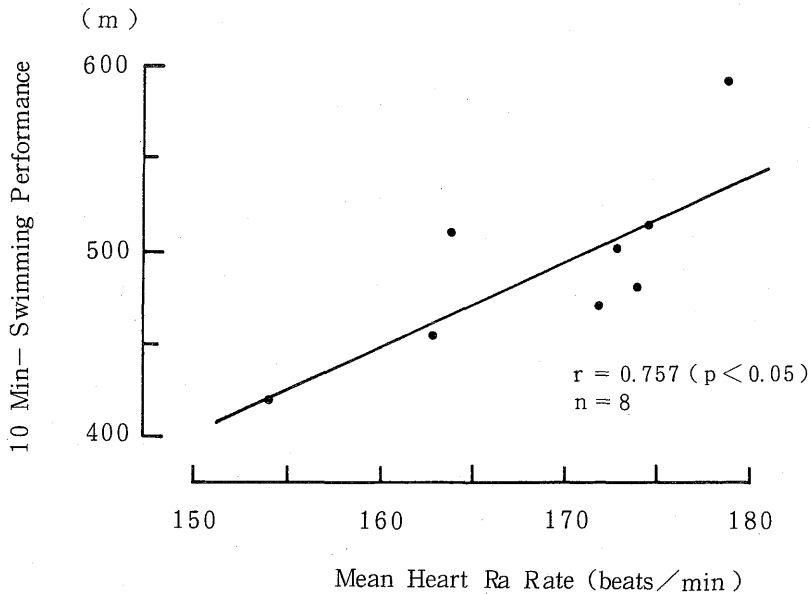


Fig. 8. Relationship between mean heart rate and swimming performance during 10 minute-swimming.

#### 考 察

身体運動時の相対的運動強度を表わす指標として $\% \dot{V}O_2 \max$ が一般に用いられてきているが、これに代わる指標として $\% HR \max$ を採用した報告もある<sup>1, 18)</sup>。朝比奈ら<sup>2)</sup>は、HRだけを作業強度の生理的指標として用いる場合には問題が生じるが、 $\% HR \max$ から運動強度を推定する場合には合理的判断が出来ることを指摘し、さらに、山地<sup>25)</sup>は、トレーニングの負荷強度として用いた $\% HR \max$ と最大酸素摂取量の改善率との間に密接な関係( $r = 0.745$ )を認め、 $\% HR \max$ の相対的運動強度の指標としての有効性を示唆している。したがって、本研究では、HRと $\% HR \max$ の尺度を手がかりとして大学における正課体育授業中の運動強度の推定を試みた。

これまで、多くのスポーツ活動時のHRについては報告がされ、種々のスポーツ種目の運動強度および運動量等が明らかにされている<sup>6, 7, 10, 19)</sup>。広田ら<sup>6)</sup>は、男子学生を対象に大学正課体育

授業時の球技種目(野球、バレーボール、卓球)のHRを測定し、これらの種目の平均心拍数は118~128拍/分の範囲にあったことを報告している。今回測定したラグビー授業全体の平均心拍数は120拍/分(112~142拍/分)であり、広田らの報告した球技種目のHRレベルと同様の値を示した。授業全体の平均心拍数は低いレベルにあるが、授業中の運動時の平均心拍数は127~157拍/分、 $\% HR \max$ で66~83%の値を示し、さらに、模擬試合だけについてみると、平均心拍数が160~170拍/分の高いレベルにあり、これは $\% HR \max$ で見ると83~90%に相当し、身体への負荷刺激としては有効な運動強度を有するものと考えられる。サイクリング授業中の平均心拍数は126拍/分であり、ラグビー授業のそれと同様の心拍レベルを示した。また、サイクリング走行中の平均心拍数は131拍/分、 $\% HR \max$ にすると68.6%であり、ラグビー授業と比較すると、運動強度が低いレベルにあること



が推測されるが、40～50分間の走行時間を考慮すると、適切な負荷量になると考えられる。また、個人別にサイクリング走行中の平均心拍数を検討してみると、113～164拍/分の変動が認められ、これはサイクリングコースおよび走行速度の差異によって生じたものと推定される。このことに関して、加賀谷<sup>11)</sup>は、サイクリングの走行速度によりHRが104～144拍/分まで、また、上り坂、下り坂といったサイクリングコースの違いによって120～168拍/分まで変動したことを報告している。一方、水泳授業中の平均心拍数は、ラグビーおよびサイクリングと比較して有意に高い値を示した。この結果は、水泳授業中の運動強度が高いことを示唆し、また、授業中の運動時の%HRmaxも平均値で88.9%と高いレベルを示した。高橋ら<sup>24)</sup>は、10分間泳終了時のHRが平均値で187拍/分のはほぼ最大レベルまで上昇することを認めている。また、GoodwinとCumming<sup>5)</sup>は、水球試合中のHRが167～187拍/分の高いレベルで変動することを指摘している。したがって、本研究において、水泳授業中の運動時HRが高値を示した結果は、水泳授業内容に10分間泳と水球の模擬試合が含まれていたことに起因しているものと推察される。このように、10分間泳に関しては授業中の運動量の確保の点で有効な手段になると考えられる。また、本研究においては、10分間泳中の平均心拍数とperformanceとの間に密接な関係が認められた。このことは、泳力(performance)の違いにより10分間泳中のHRレベルが異なることを示唆しているが、一方、高橋ら<sup>24)</sup>の研究では、低いperformanceの者でも高い心拍数になることが報告されている。

次に、水泳、ラグビーおよびサイクリング授業中の運動強度について検討してみると、授業全体の運動強度は水泳では高いレベルを示しているが、ラグビーとサイクリングは高いレベルを示していない、しかし、授業中の運動時だけの

平均心拍数から推定した%HRmaxは、水泳、ラグビーおよびサイクリングが有酸素的トレーニング閾値に近似した運動強度の範囲内にあることが認められた。呼吸循環系の関与する有酸素的作業能力( $\dot{V}O_2\max$ )のトレーニング処方としては、運動強度、頻度および時間が重要な因子となる。Shephard<sup>22)</sup>、DaviesとKnibb<sup>3)</sup>は、3つの因子の中で運動強度が最も重要であるとし、次に頻度が重要な因子となることを示唆している。山地<sup>25)</sup>によれば、全身持久性のトレーニング効果が期待出来る負荷強度の下限は70～75%HRmaxのレベルにあり、また、Pollockら<sup>18)</sup>は、80～90%HRmaxの運動強度(運動時間45分)で週2回の頻度でトレーニング処方した結果、体組成に関してはほとんどトレーニング効果が認められなかったのに対し、心血管系機能には改善が認められたことを報告している。したがって、これらのことから呼吸循環系の関与する有気的作業能力の維持あるいは改善にとって有効な負荷刺激の下限は、運動強度で70～75%HRmax、頻度で週2回が妥当であると考えられるが、トレーニング開始時の体力レベルの差(初期レベル)によって同一のトレーニングプログラムを処方しても有気的作業能力の改善率に差異が認められるので<sup>4,21)</sup>、各個人の体力レベルを十分に把握する必要があると考えられる。

以上のことを考慮すると、各個人の体力レベルによって生体への負荷刺激の程度は異なるが、今回測定した、水泳授業中の運動時の負荷強度は呼吸循環機能に対して有効な負荷刺激としてなり得ることが示唆される、一方、ラグビーおよびサイクリング走行中の%HRmaxは有酸素的なトレーニング閾値としては低い傾向にあるが、運動場面によっては80%HRmax以上の運動強度になること、および、サイクリング走行時間(40～50分間)等を考慮すると、これらの種目の正課体育授業中の運動強度は適切な負荷強度であると推

察される。

## 要約

本研究は、正課体育授業の水泳、ラグビーおよびサイクリングの心拍数の測定から、授業中の運動強度の推定を試みたものである。授業中の心拍数変動は心拍メモリーシステムによって測定した。被検者は大学男子学生20名(19~22歳)であった。運動強度は、%HRmax(年齢に応じて推定されて最高心拍数の割合で表わされる)によって推定した。三つのクラスの主な授業内容は、水泳：10分間泳と模擬水球試合、ラグビー：各班別練習と模擬ラグビー試合、サイクリング：約40~50分間走行(約10~15 km)であった。

水泳、ラグビーおよびサイクリングの授業全体の平均心拍数は、それぞれ147.6±6.1, 120.1±10.3, 126.0±14.7拍/分であった。一方、運動時の平均心拍数は、水泳169.1±6.5, ラグビー138.3±10.2, サイクリング131.1±16.9拍/分であった。

%HRmaxによる運動強度は、水泳89%(83~93%), ラグビー72%(66~83%), サイクリング69%(59~86%)であった。

水泳授業の運動強度は、ラグビーとサイクリングと比較して有意に高かった( $P<0.05$ )。しかしながら、ラグビーとサイクリングの運動強度は、先行研究の各種の授業種目について報告された値と近似した値を示した。水泳授業の運動強度が高かったことは、授業内容に10分間泳と水球の模擬試合が含まれていたことによるものと考えられる。

以上の結果から、本研究で測定した正課体育授業、特に水泳授業の運動強度は呼吸循環系機能にとって適切な負荷強度であることが推察される。

## 参考文献

- 1) 浅野勝己, 松坂晃, 鈴木慎次郎.: 小・中学校における体操の強度に関する実験的研究. 体育科学. 6: 77-89, 1978.
- 2) 朝日奈一男, 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: 190~194, 1971.
- 3) Davies, C.T.M., and A.V. Knibb.: The training stimulus. The effects of intensity, duration, and frequency of effort on maximum aerobic power output. Int. Z. angew. Physiol. 29: 299-305, 1971.
- 4) Ekblom, B.: Effect of physical training on circulation during prolonged exercise. Acta Physiol. Scand. 73: 145-158, 1968.
- 5) Goodwin, A.B., and G.B. Cumming.: Radio telemetry of the electrocardiogram, fitness tests, and oxygen uptake of water-polo players. Canad. Med. Ass. J. 95: 402-406, 1966.
- 6) 広田公一, 豊田博, 青山昌二.: 大学正課体育実技の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変動について. 東京大学教養学部体育研究室紀要. 7: 1-6, 1973.
- 7) 星川保, 村瀬豊, 水谷四郎, 松井秀治.: 呼吸循環機能改善刺激としてのレクリエーションスポーツの役割 —中高年者における水泳, 野球, テニス, バドミントン, 卓球, ゴルフ実施時の心拍数, 酸素摂取量, 酸素負債量, 酸素需要量, RMR—. 体育科学. 6: 77-89, 1978.
- 8) 星川保, 豊島進太郎, 宮崎保信, 進藤鈔, 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の授業時の活動量について. 体育科学. 9: 1-11, 1981.
- 9) 猪飼道夫, 福永哲夫, 芳賀修光.: 心拍出量からみた70% $\dot{V}O_2$  max 強度による持久性トレーニング効果の検討. 体育科学. 1: 67-72, 1973.
- 10) 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.
- 11) 加賀谷熙彦.: 経済速度及び境界速度歩行時の心拍数と酸素摂取量. 日本体育学会第26回大会号P 295, 1975.
- 12) 加藤橋夫(編): 体力科学からみた健康問題. 杏林書院. Pp, 88-102, 1975.

- 13) Klissouras, V.: Genetic limit of function adaptability. *Int. Z. angew. Physiol.* 30: 85-94, 1974.
- 14) Kraus, H., and W. Rabb. (広田公一, 石川旦訳): 運動不足病. ベースボールマガジン社. Pp.15-21, 68-70, 1977.
- 15) 丸山敦夫, 大永政人, 上屋和夫.: 小学校体育授業「マット・とび箱遊び」および「ポートボール遊び」の心拍数と運動強度について, 鹿児島大学教育学部研究紀要. 32:63-72, 1981.
- 16) Morris, J.N., J.A. Heady, P.A.B. Raffle, C.G. Robers, and J.W. Parks.: Coronary heart-disease and physical activity of work. I Coronary heart - disease in different occupations. *Lancet.* 2: 1053-1057, 1953.
- 17) Morris, J.W., J.A. Heady, P.A.B. Raffle, C.G. Robers, and J.W. Parks.: Coronary heart-disease and physical activity of work. II Statement, and testing of provisional hypothesis. *Lancet.* 2: 1111-1120, 1953.
- 18) Pollock, M.L., J. Broida, Z. Kendrik, H.S. Miller, R. Janeway, and A.C. Linnerud.: Effects of two days per week at different intensities on middle-aged men. *Med. Sci. in Sports.* 4: 192-197, 1972.
- 19) 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.
- 20) Saltin, B., B. Blomqvist, J.H. Mitchell, R.L. Johnson, K. Wildenthal, and C.P. Chapman.: Response to submaximal and maximal exercise after bed rest and training. *Circulation. (Suppl. 7)* 38: 19-69, 1968.
- 21) Sharkey, B.J.: Intensity and duration of training and the development of cardio-respiratory endurance. *Med. Sci. in Sports.* 2: 197-202, 1970.
- 22) Shephard, R.J.: Intensity, duration and frequency of exercise as determinants of the response to a training regime. *Int. Z. angew. Physiol.* 26: 272-278, 1968.
- 23) 進藤宗洋, 田中宏暁.: 自転車トレーニング-90% $V_{O_2}$  max. 15分間3回/週一. *体育科学.* 1: 5-13, 1973.
- 24) 高橋伍郎, 坂田勇夫, 椿本昇三.: 正課体育受講学生の10分間泳における心拍数変動. *大学体育研究 (筑波大学体育センター).* 5: 25-35, 1983.
- 25) 山地啓司.: 心拍数の科学. 大修館書店. Pp.85-116, 147-161, 1981.