

## 継続的な身体トレーニングが心肺持久性指標としての 相対心拍数増加率に及ぼす影響—競技者と非競技者の比較—

吉岡隆之, 藤本繁夫\*, 後和美朝\*\*, 白石龍生\*\*\*

神戸市看護大学, \*大阪市立大学大学院医学研究科, \*\*大阪国際大学, \*\*\*大阪教育大学

### 要 旨

トレーニングが心肺持久性指標としての相対心拍数増加率 ( $\Delta\%HR/\Delta WR$ ) およびその体重補正值 ( $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$ ) に及ぼす影響を検討するために、同年齢、同体格の健康な女子大学生で、体育会系のクラブに所属し、日常的に身体トレーニングを行っている者(競技者)5名(バスケットボール部:2名, 陸上競技部(長距離):3名), 対照群として、特にスポーツ歴がなく、日常も特に身体トレーニングを行っていない者(非競技者)5名を対象に、両群間の  $\Delta\%HR/\Delta WR$  および  $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$  を比較した。また、同時に両群間の最大酸素摂取量( $\dot{V}O_2\max$ )およびその体重補正值( $\dot{V}O_2\max/BM$ )についても比較し、トレーニングの影響について検討した。結果として、 $\Delta\%HR/\Delta WR$  および  $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$  については、競技者群の  $\Delta\%HR/\Delta WR$  および  $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$  の平均値[標準偏差]は  $0.628 [0.071] \%/W$  および  $32.2 [2.8] \%/W/kg$  で、非競技者群の  $0.784 [0.056] \%/W$  および  $40.2 [1.7] \%/W/kg$  に比べて有意に ( $p<0.01$ ) 低い値を示し、競技者群は非競技者群に比べて  $\Delta\%HR/\Delta WR$  および  $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$  とともに約 20%低かった。また、競技者群の  $\dot{V}O_2\max$  および  $\dot{V}O_2\max/BM$  の平均値[標準偏差]は  $2.64 [0.29] l/min$  および  $51.6 [5.9] ml/kg/min$  で、非競技者群の  $2.05 [0.22] l/min$  および  $39.8 [2.9] ml/kg/min$  に比べて有意に ( $p<0.05$ ) 高い値を示し、競技者群は非競技者群に比べて  $\dot{V}O_2\max$  および  $\dot{V}O_2\max/BM$  とともに約 30%高かった。以上の結果から、 $\Delta\%HR/\Delta WR$  および  $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$  は  $\dot{V}O_2\max$  および  $\dot{V}O_2\max/BM$  と同様にトレーニングにより改善することが示唆された。

キーワード: 持久力, 評価指標, 相対心拍数, トレーニング, 自転車エルゴメーター

### はじめに

現在、健康づくりを目的として行われる一般的な健康・体力測定において広く用いられている心肺持久性の評価法は、測定が簡便、安全、安価に行える点で、最大下運動時の負荷と心拍数 (HR) の応答から最大酸素摂取量 ( $\dot{V}O_2\max$ ) を推定する方法である。しかし、このような方法では複数の誤差が重なり妥当性という点で問題がある。そこで著者らは、従来のような  $\dot{V}O_2\max$  の推定ではなく、現在、健康づくりの現場で比較的普及している自転車エルゴメータを用いて、漸増負荷運動中の仕事率 (WR) に対する相対心拍数 ( $\%HR$ ) の増加率 (相対心拍数増加率:  $\Delta\%HR/\Delta WR$ ) そのものを指標とする評価を提唱してきた。この  $\Delta\%HR/\Delta WR$  の心肺持久性評価指標としての妥当性 (Yoshioka, 1996; 吉岡, 1997a; 白石, 1998), 推定値の精度 (Yoshioka, 1998; Yoshioka, 2000), 再現性 (吉岡, 1997b), 性・年齢との関連 (Yoshioka, 1999a), 性別・年齢別基準値 (吉岡, 1999b) および相互関連的影響要因 (吉岡, 1999c) についてはすでに報告してきた。

本研究では  $\Delta\%HR/\Delta WR$  のトレーニングによる影響について検討する。身体のトレーニングによる心肺持久性の向上、逆に脱トレーニングあるいは活動水準の低下による心肺持久性の低下については、特に  $\dot{V}O_2\max$  に関する膨大な研究成果によって種々実証されている (Åstrand, 1986; 芳賀, 1990; 山地, 1992)。これらの研究のうち横断的研究は、定期的にトレーニングを行っている者と行っていない者、あるいは日常的に活動水準が低下している者と低下していない者の  $\dot{V}O_2\max$  を比較した研究で、トレーニング効果あるいは脱トレーニング効果を比較的短期間にある程度把握することができる。本研究では、横断的方法により、日常的にトレーニングを行っている競技者と対照(非競技者)の  $\Delta\%HR/\Delta WR$  およびその体重補正值である  $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$  を比較し、また、同時に競技者と非競技者の  $\dot{V}O_2\max$  および日常のエネルギー消費量についても測定し、トレーニングによる影響を検討した。

## 方 法

### 1. 対象

健康な女子学生で、体育会系のクラブに所属し、日常的に身体トレーニングを行っている者（競技者）5名、対照群として、特にスポーツ歴がなく日常も特に身体トレーニングを行っていない者（非競技者）5名を対象とした。なお、競技者の所属クラブはバスケットボール部（2名）および陸上競技部（長距離：3名）で、いずれも週に4日、1日2～3時間程度の日常的なトレーニングを行っていた。Table 1には、年齢、身長および体重について、各対象者の個人データ、競技者群および非競技者群の平均値と標準偏差を示した。また、競技者についてはスポーツ歴も示した。

### 2. 倫理的配慮

各対象者は、本研究の目的と実験手順および実験途中に対象者の意志でいつでも実験を中止でき、また研究への協力を取り止めることができる旨について十分な説明を受け、十分な質問の機会を得た後、対象者になることを承諾した。

### 3. 負荷テスト

$\Delta\text{HR}/\Delta\text{WR}$  および  $\dot{V}\text{O}_2\text{max}$  を測定するための負荷テストは、30分以上の座位安静の後、電気抵抗式の自転車エルゴメータ（Mijnhardt KEM-2, The Netherlands）を用いて行った。自転車の駆動は、1分間に60回転を保ったまま、無負荷、40W、80W および 100W または 120W の各負荷段階で5分間行った後、引き続き1分ごとに15W または 20W の漸増で、対象者が疲労困憊を訴えるか、験者が最大努力に達したと判断するまで続けた。5分漸増の最終段階の負荷（100W または 120W）およびその後の1分漸増の負荷（15W または 20W）の選択は、対象者があらかじめ自己申告した心肺持久性の優劣により験者が判断した。負荷テスト中の各対象者のHR および  $\dot{V}\text{O}_2$  は、HR モニタ（Fukuda Sangyo LW-610, Japan）およびガス分析器（Mijnhardt Oxycon-4, The Netherlands）を用いて連続測定した。なお、測定したHR および  $\dot{V}\text{O}_2$  は、5分漸増においては各負荷段階の4～5分目の2分間の平均値として、その後の1分漸増においては各負荷段階ごとに1分間の平均値として記録し、分析に用いた。また、安静時心拍数（HR<sub>rest</sub>）は負荷

Table 1. Individual data and mean values of age, height and body mass in athletes and non-athletes, and sports career of each subject

Subject	Age (years)	Height (cm)	Body mass (kg)	Sports career (Events) (years)
<b>Athletes</b>				
A a	19	157	57	5 (Basketball)
A b	20	162	58	5 (Basketball)
A c	22	157	49	8 (Athletics: Long-distance)
A d	22	160	43	8 (Athletics: Long-distance)
A e	22	160	51	8 (Athletics: Long-distance)
<b>Non-athletes</b>				
N f	22	162	51	None
N g	23	152	51	None
N h	22	166	56	None
N i	22	159	48	None
N j	21	161	51	None
<b>Athletes</b>				
Mean[SD]	21.0[1.3]	159.2[1.9]	51.6[5.5]	
NS                      NS                      NS				
<b>Non-athletes</b>				
Mean[SD]	22.0[0.6]	160.0[4.6]	51.4[2.6]	

SD, Standard deviation; NS, Non-significant

テスト直前の座位安静 10 分間の平均 HR とした。

#### 4. 最大運動の評価基準

上述の漸増負荷テストにおいて、各対象者が最大運動（最大努力）に達していたか否かは、次の 3 項目の基準のうち少なくとも 1 項目を満たしていたか否かにより決定した (O'Connor, 1993; Widrick, 1992)。1)  $\dot{V}O_2$  の最高値付近にプラトー現象が発現、2) 呼吸交換比の最高値が 1.1 以上、または 3) HR の最高値が年齢から推定した最大心拍数(推定 HRmax,  $220 - \text{age}$ ) の  $\pm 15$  beats/min 以内。

今回の対象者 10 名については上記 1) ~3) のいずれかの基準を満たしていたので、負荷テスト中の各対象者の HR の最高値を HRmax,  $\dot{V}O_2$  の最高値を  $\dot{V}O_{2\max}$  とした。

#### 5. $\Delta\%HR/\Delta WR$ の求め方

$\Delta\%HR/\Delta WR$  を求める際には吉岡ら (1997a) と同様の方法を用いた。

まず、5 分漸増負荷運動中の %HR の補正について、Fig. 1 に示したように、WR に関する HR の回帰直線の切片 (HRbase) を %HR を求める際のベースライン(0%)として採用した。HRbase によって補正した漸増負荷運動中の %HR (Modified%HR) は以下の式により対象者毎に求めた。

$$\text{Modified\%HR (\%)} = (\text{HR on each stage} - \text{HRbase}) / (\text{HRmax} - \text{HRbase}) \times 100$$

※HR, HRmax および HRbase の単位は beats/min

次に、Fig.2 に示したように、WR に関する %HR の回帰直線の傾き ( $\Delta\%HR/\Delta WR$ ) を心肺持久力の評価指標として対象者毎に求めた。 $\Delta\%HR/\Delta WR$  は WR に対する %HR の増加率を示す。また、 $\Delta\%HR/\Delta WR$  の体重補正值として体重(BM)あたりの WR に関する %HR の回帰直線の傾き ( $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$ ) も被験者毎に求めた (Fig. 3)。

#### 6. エネルギー消費量の求め方

1 日のエネルギー消費量 (消費量) は、競技者では通常のクラブの練習日 (練習日) と練習を行わない通常の日 (オフ日) の両日に、非競技者では通常の生活を行う日に生活時間調査を行い、生活内容あ

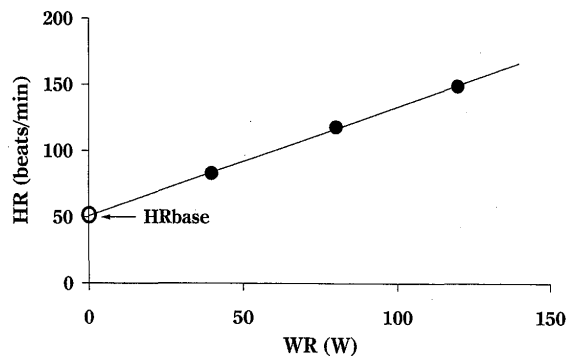


Fig. 1. Individual linear relationship between heart rate (HR) and work rate (WR) during 5-min incremental exercise. Intercept of regression line of HR on WR is individual base line (HRbase) for modified relative HR (Modified%HR).

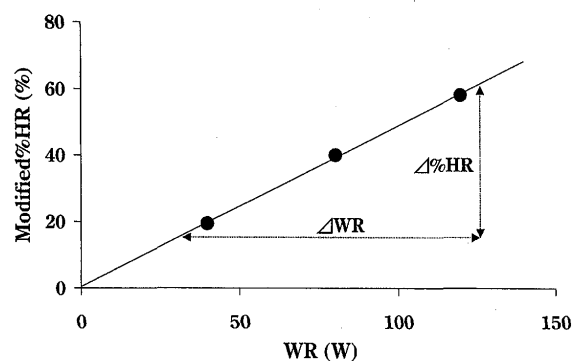


Fig. 2. Individual linear relationship between modified relative heart rate (Modified%HR) and work rate (WR) during 5-min incremental exercise. Slope (coefficient) of Modified%HR on WR is indicated by  $\Delta\%HR/\Delta WR$ .

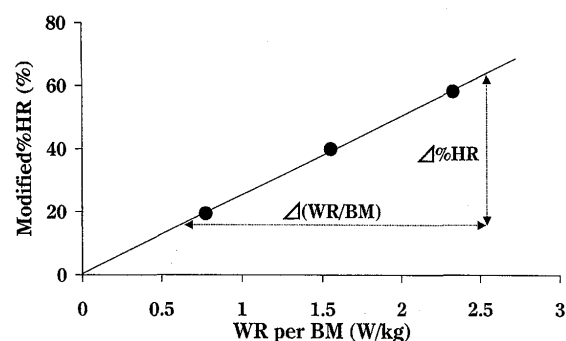


Fig. 3. Individual linear relationship between modified relative heart rate (Modified%HR) and work rate (WR) per body mass (BM) during 5-min incremental exercise. Slope (coefficient) of Modified%HR on WR per BM is indicated by  $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$  as BM-related index.

るいは練習内容ごとのエネルギー代謝率 (RMR) から求めた。基礎代謝量の算出は各対象者の体表面積と性別・年齢別の基礎代謝基準値より求め、安静時の代謝量は、特異動的作用を含めて基礎代謝量に 20%を加えたもの、睡眠時の代謝量は、基礎代謝量から 10%を減じたものを用いた (長嶺, 1979)。な

お、いずれの競技者においても練習日は概ね週に4日程度であったことから、競技者の1日の消費量は以下の式で算出した。

$$1 \text{ 日の消費量} = (\text{練習日の消費量} \times 4 + \text{オフ日の消費量} \times 3) / 7$$

## 7. 統計

回帰直線を求める際には最小二乗法、相関係数を求める際にはピアソンの積率相関係数を用いた。相関に関する有意性の検定については無相関の検定、2群間の平均値の差についてはt検定を行った。有意水準は $p < 0.05$ を有意と考えた。なお、2群間の差の検定についてはWilcoxonの順位和検定(U検定)も行ったがt検定と同様の結果であったのでt検定の結果のみ示した。

## 結 果

Table 2には、HRrest, HRbase, HRmaxおよび1日の消費量について、各対象者の個人データ、競技

者群および非競技者群の平均値と標準偏差を示した。HRrest, HRbaseおよびHRmaxについては競技者群と非競技者群には有意な差は認められなかった。1日の消費量の平均値[標準偏差]は、競技者群は3415 [989] kcal, 非競技者群は2119 [325] kcalで、競技者群が有意に( $p < 0.05$ )高い値を示した。なお、競技者群のオフ日の1日の消費量の平均値[標準偏差]は2836 [723] kcalで、非競技者群との間に有意な差は認められなかった。

Table 3には、 $\Delta\%HR/\Delta WR$ ,  $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$ ,  $\dot{V}O_2\text{max}$  および  $\dot{V}O_2\text{max}/BM$  について、各対象者の個人データ、競技者群および非競技者群の平均値と標準偏差を示した。 $\Delta\%HR/\Delta WR$  および  $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$ の平均値[標準偏差]は、競技者群においては0.628 [0.071] %/W および32.2 [2.8] %/(W/kg)で、非競技者群における0.784 [0.056] %/W および40.2 [1.7] %/(W/kg)に比べて有意に( $p < 0.01$ )低い値を示した。非競技者群の平均値を100%とした場合、競技者群の平均値は非競技者群に比べて $\Delta\%HR/\Delta WR$  および  $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$ ともに約20%低かったことになる。

Table 2. Individual data and mean values of HRrest, HRbase and HRmax and energy expenditure per day in athletes and non-athletes

	HRrest (beats/min)	HRbase (beats/min)	HRmax (beats/min)	Energy expenditure (kcal/day)
<b>Athletes</b>				
A a	79	81	192	4384
A b	59	52	180	4791
A c	57	61	185	2837
A d	77	77	188	2249
A e	66	67	196	2813
<b>Non-athletes</b>				
N f	91	107	186	1755
N g	71	75	190	2257
N h	58	53	184	2294
N i	93	93	190	1730
N j	98	89	174	2558
<b>Athletes</b>				
Mean[SD]	67.6[9.0]	67.6[10.5]	188.2[5.5]	3415 [989]
NS                  NS                  NS                  *				
<b>Non-athletes</b>				
Mean[SD]	82.2[15.2]	83.4[18.3]	184.8[5.9]	2119 [325]

SD, Standard deviation; HRrest, Resting heart rate; HRbase, Base line of modified relative heart rate; HRmax, Maximal heart rate; NS, Non-significant. Significantly different: \* $p < 0.05$

$\dot{V}O_2\max$  および  $\dot{V}O_2\max/BM$  の平均値[標準偏差]は、競技者群においては 2.64 [0.29] l/min および 51.6 [5.9] ml/kg/min で、非競技者群における 2.05 [0.22] l/min および 39.8 [2.9] ml/kg/min に比べて有意に ( $p<0.05$ ) 高い値を示した。非競技者群の平均値を 100%とした場合、競技者群の平均値は非競技者群に比べて  $\dot{V}O_2\max$  および  $\dot{V}O_2\max/BM$  とともに約 30%高かったことになる。これらの数値を小林 (1982) による  $\dot{V}O_2\max$  および  $\dot{V}O_2\max/BM$  における日本人女性の 5 段階評価基準値と比較すると、 $\dot{V}O_2\max$  および  $\dot{V}O_2\max/BM$  とともに、競技者群ではほぼ 5 (Very good) の上位に相当し、非競技者群ではほぼ 4 (Good) の上位に相当していた。

### 考 察

本研究において、 $\Delta\%HR/\Delta WR$  および  $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$  について、競技者群の  $\Delta\%HR/\Delta WR$  および  $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$  の平均値[標準偏差]は 0.628 [0.071] %/W および 32.2 [2.8] %/(W/kg) で、非競技者群の 0.784 [0.056] %/W および 40.2 [1.7] %/(W/kg)

に比べて有意に ( $p<0.01$ ) 低い値を示し、競技者群は非競技者群に比べて  $\Delta\%HR/\Delta WR$  および  $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$  とともに約 20%低かった。また、競技者群の  $\dot{V}O_2\max$  および  $\dot{V}O_2\max/BM$  の平均値[標準偏差]は 2.64 [0.29] l/min および 51.6 [5.9] ml/kg/min で、非競技者群の 2.05 [0.22] l/min および 39.8 [2.9] ml/kg/min に比べて有意に ( $p<0.05$ ) 高い値を示し、競技者群は非競技者群に比べて  $\dot{V}O_2\max$  および  $\dot{V}O_2\max/BM$  とともに約 30%高かった。以上の結果から、 $\Delta\%HR/\Delta WR$  および  $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$  は  $\dot{V}O_2\max$  および  $\dot{V}O_2\max/BM$  と同様にトレーニングにより改善することが示唆される。

本研究では、両群の年齢および体格ができる限り同じになるように対象者を選択することを心がけたが、結果的に、年齢、身長および体重において、若干のばらつきはあるものの平均値では有意な差は認められず、両群とも、年齢に相応するほぼ標準的な身長および体重であった。このことから、今回の  $\Delta\%HR/\Delta WR$ 、 $\dot{V}O_2\max$  および 1 日の消費量における両群間の差には、年齢および体格による差は全く反映していないと考えられる。

Table 3. Individual data and mean values of  $\Delta\%HR/\Delta WR$ ,  $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$ ,  $\dot{V}O_2\max$  and  $\dot{V}O_2\max/BM$  in athletes and non-athletes

	$\Delta\%HR/\Delta WR$ (%/W)	$\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$ (%/(W/kg))	$\dot{V}O_2\max$ (l/min)	$\dot{V}O_2\max/BM$ (ml/kg/min)
<b>Athletes</b>				
A a	0.598	34.1	2.83	49.6
A b	0.615	35.7	2.48	42.8
A c	0.635	31.1	2.97	60.6
A d	0.755	32.5	2.17	50.5
A e	0.538	27.4	2.77	54.3
<b>Non-athletes</b>				
N f	0.785	40.0	1.85	36.3
N g	0.754	38.5	2.14	42.0
N h	0.696	39.0	2.43	43.4
N i	0.837	40.2	1.97	41.0
N j	0.850	43.4	1.86	36.5
<b>Athletes</b>				
Mean[SD]	0.628 [0.071]	32.2 [2.8]	2.64 [0.29]	51.6 [5.9]
	**	**	*	**
<b>Non-athletes</b>				
Mean[SD]	0.784 [0.056]	40.2 [1.7]	2.05 [0.22]	39.8 [2.9]

SD, Standard deviation;  $\Delta\%HR/\Delta WR$ , Slope of modified relative heart rate on work rate during 5-min incremental exercise;  $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$ ,  $\Delta\%HR/\Delta WR$  related to body mass;  $\dot{V}O_2\max$ , Maximal oxygen uptake;  $\dot{V}O_2\max/BM$ ,  $\dot{V}O_2\max$  related to body mass. Significantly different: \* $p<0.05$ , \*\* $p<0.01$

一般的に、トレーニングによる $\dot{V}O_2\max$ の改善率の上限は概ね15~30%で、 $\dot{V}O_2\max$ の水準が低い者ほど、また非活動的な者ほど改善率はより大きいと考えられている(Astrand, 1986; 芳賀, 1990; 山地, 1992)。本研究における非競技者群の1日の消費量の平均値[標準偏差]は2119 [325] kcalで、生活活動強度II(中等度)に相当し(厚生省保健医療局健康増進栄養課, 1998), ごく一般的な女子大学生の消費量であったが、非競技者群の $\dot{V}O_2\max$ および $\dot{V}O_2\max/BM$ はともに日本人の平均よりやや優れていた。これらのことから、本研究において、競技者群の $\dot{V}O_2\max$ および $\dot{V}O_2\max/BM$ は非競技者群に比べて約30%高かったが、心肺持久性がやや優れ、非活動的でもない今回の非競技者群が、継続的なトレーニングを行うことによって $\dot{V}O_2\max$ を30%改善することはやや困難と考えられる。 $\dot{V}O_2\max$ はトレーニングにより限りなく増大するわけではなく、個人の上限があり、その上限には持って生まれた素質的な要因が大きく関与することが知られている(Klissouras, 1971; Klissourasl, 1973)。すなわち、今回の競技者群と非競技者群における $\dot{V}O_2\max$ および $\dot{V}O_2\max/BM$ の差には、トレーニングによる影響のみならず、多少とも競技者群個人が素質的に優れていることが反映していると考えられる。これらの $\dot{V}O_2\max$ の知見から推察すると、今回、競技者群は非競技者群に比べて $\Delta\%HR/\Delta WR$ および $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$ ともに約20%低かったが、この差についてもトレーニングによる影響のみならず、多少とも競技者群個人が素質的に優れていることが反映していると考えられる。

最後に、競技者群と非競技者群の差が、 $\dot{V}O_2\max$ および $\dot{V}O_2\max/BM$ では約30%であったが、 $\Delta\%HR/\Delta WR$ および $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$ では約20%とやや小さかったことについて考察する。 $\dot{V}O_2\max$ には、競技者・非競技者に関わらず、最大運動時の消費エネルギー量が直接的に反映していると考えられる。一方、HRは一般的に実際の最大運動に達する前に最大値を示すが、HRが最大値を示してから最大運動に達するまでの時間差は $\Delta\%HR/\Delta WR$ には反映していない。すなわち、HRmaxに達してからの余力は $\Delta\%HR/\Delta WR$ には反映していない。競技者では、このHRmaxに達してからの余力が大きく、逆に非競技者では小さいと考えられる。そのため競技者では、非競技者に比べてHRmaxに達した以降も $\dot{V}O_2$ はより多

く増加すると考えられ、この差は $\dot{V}O_2\max$ には反映するが、 $\Delta\%HR/\Delta WR$ には反映しない。このため $\Delta\%HR/\Delta WR$ における競技者群と非競技者群の差が、 $\dot{V}O_2\max$ における競技者群と非競技者群の差に比べて小さかったのではないかと考えられる。

## 謝 辞

本稿を終えるにあたり、本研究に関し、特に研究の初期段階において運動生理学的観点から専門的なご指導ご助言を賜った大阪教育大学名誉教授、上林久雄先生、同じく研究の初期段階において研究推進のための貴重なご指導ご教示を賜った大阪市立大学生生活科学研究科元教授、藤田弘子先生に深甚なる謝意を表します。また本研究の対象者を快く引き受けていただいた学生の皆様に心からお礼申し上げます。

## 文 献

- Astrand PO, Rodahl K (1986) : Textbook of work physiology: Physiological bases of exercise (3rd ed.), McGraw-Hill, New York, 412-485
- 芳賀脩光 (1990) : 有酸素運動のトレーナビリティ, 真興交 易医書出版部, 11-38
- Klissouras V (1971) : Heritability of adaptation variation, J Appl Physiol, 31, 338-344
- Klissouras V, Pirnary F, Petit JM (1973) : Adaptation to maximal effort: genetics and age, J Appl Physiol, 35, 288-293
- 小林寛道 (1982) : 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, 杏林書院, 125-156
- 厚生省保健医療局健康増進栄養課 (1998) : 第五次改訂 日本人の栄養所要量, 第一出版
- 長嶺晋吉 (1979) : スポーツとエネルギー・栄養, 大修館書店, 69-110
- O'Connor PJ, Crowley MA, Gardner AW, et al. (1993) : Influence of training on sleeping heart rate following daytime exercise, Eur J Appl Physiol, 67, 39-42
- 白石龍生, 吉岡隆之 (1998) : 相対心拍数/仕事率係数のヘルスプロモーションへの応用, 大阪教育大学紀要第III部門, 47, 171-177
- Widrick J, Ward A, Ebbeling C, et al. (1992) : Treadmill validation of an over-ground walking test

- to predicted peak oxygen consumption, *Eur J Appl Physiol*, 64, 304-308
- 山地啓司 (1992) : 最大酸素摂取量の科学, 杏林書院, 83-120
- Yoshioka T, Shiraishi T (1996) : Slope of relative heart rate on work rate: New assessment of cardiorespiratory endurance, *Health Promotion and Education: Bringing Health to Life*, (Japanese Organizing Committee XVth World Conference of the International Union for Health Promotion and Education), Hoken-Dohjinsha, Inc., 255-258,
- 吉岡隆之, 白石龍生, 藤田弘子 (1997a) : 5分漸増負荷法に基づく相対心拍数/仕事率係数による心肺持久力の評価, *神戸市看大紀要*, 1, 27-32
- 吉岡隆之, 白石龍生 (1997b) : 心肺持久力の評価指標としての相対心拍数/仕事率係数とその再現性, *日本健康教育学会誌*, 5, 122-123
- 吉岡隆之, 藤本繁夫 (1998) :  $\Delta\%HR/\Delta WR$  の推定値と実測値の相関, *関西臨床スポーツ医・科学研究会誌*, 8, 15-17
- Yoshioka T, Shiraishi T, Chikamori E, et al. (1999a) : Age-related decline in cardiorespiratory endurance assessed by slope of modified relative heart rate on work rate ( $\Delta\%HR/\Delta WR$ ) in men and women, *Jpn Bull Health Fit Nutr*, 6, 21-27
- 吉岡隆之, 藤本繁夫 (1999b) : 心肺持久力評価指標としての相対心拍数増加率( $\Delta\%HR/\Delta WR$ )の性別・年齢別基準値, 第6回日本健康体力栄養研究会総会講演抄録集, 21-22
- 吉岡隆之, 藤本繁夫 (1999c) : 漸増負荷運動中の相対心拍数増加率( $\Delta\%HR/\Delta WR$ )に影響を及ぼす要因の検討, *体力科学*, 48, 877
- Yoshioka T and Fujimoto S (2000) : Predictive validity of slope of modified relative heart rate on work rate ( $\Delta\%HR/\Delta WR$ ) for cardiorespiratory endurance index in non-athletes, *Jpn Bull Health Fit Nutr*, 7, 3-10

(受付: 2003.12.1; 受理: 2004.1.20)

## Effect of Continuous Physical Training on "Slope of Modified Relative Heart Rate on Work Rate" as Cardiorespiratory Endurance Index —Comparison between Athlete and Non-athlete—

Takayuki YOSHIOKA, Shigeo FUJIMOTO\*, Yoshiaki GOWA\*\*,  
Tatsuo SHIRAISHI\*\*\*

Kobe City College of Nursing, \*Osaka City University Medical School,  
\*\*Osaka International University, \*\*\*Osaka Kyoiku University

### Abstract

A new assessment method for cardiorespiratory endurance has been developed for non-athletes. The method uses a simple index ( $\Delta\%HR/\Delta WR$ ): the slope of modified relative heart rate on work rate during incremental exercise on a cycle ergometer. A  $\Delta\%HR/\Delta WR$  related to body mass ( $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$ ) has also been developed. In this study, effects of continuous physical training on the  $\Delta\%HR/\Delta WR$  and the  $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$  were examined by comparing these mean values between athletes and non-athletes. A maximum oxygen uptake ( $\dot{V}O_{2max}$ ) and a  $\dot{V}O_{2max}$  related to body mass ( $\dot{V}O_{2max}/BM$ ) were also examined for comparative reference. Subjects were 5 athlete (Long-distance Athletics and Basketball) and 5 non-athlete women. There were no significant differences in mean values of age, height and body mass between the athletes and the non-athletes. Consequently, their mean values [standard deviation] of the  $\Delta\%HR/\Delta WR$ , the  $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$ , the  $\dot{V}O_{2max}$  and the  $\dot{V}O_{2max}/BM$  were 0.628 [0.071] %/W, 32.2 [2.8] %/(W/kg), 2.64 [0.29] l/min and 51.6 [5.9] ml/kg/min in the athletes, and 0.784 [0.056] %/W, 40.2 [1.7] %/(W/kg), 2.05 [0.22] l/min and 39.8 [2.9] ml/kg/min in the non-athletes, respectively. There were significant differences ( $p<0.05$ ) in mean values of the  $\Delta\%HR/\Delta WR$  and the  $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$  between the athletes and the non-athletes as well as the  $\dot{V}O_{2max}$  and the  $\dot{V}O_{2max}/BM$ . In conclusion, it is suggested that individual values of the  $\Delta\%HR/\Delta WR$  and the  $\Delta\%HR/\Delta(WR/BM)$  are improved through the continuous physical training as well as the  $\dot{V}O_{2max}$  and the  $\dot{V}O_{2max}/BM$ .

**Key words:** endurance, assessment index, relative heart rate, physical training, cycle ergometer