

長期間持続性トレーニングによる24時間積算心拍数 と最大酸素摂取量並びに最高心拍数との関係

佐賀大学 北嶋久雄
(共同研究者) 同 久永義裕
同 坂田道孝

The Relationship of the Accumulated Number of Heart Beats for 24 hours with $\dot{V}O_2$ max and maximal HR Determined by the Effect of Long-term Endurance Training

by

Hisao Kitashima,
Yoshihiro Hisanaga and Michitaka Sakata
University of Saga

ABSTRACT

The purpose of this study was to clarify the relationship of the accumulated number of heart beats (HB) for 24 hours with the maximal oxygen intake and the maximal heart rate. Subjects for this study were the training group of 25 males, which consisted of 10 middle and long distance runners and 15 soccer players who had been in long-term endurance training of average 4.8 years, and the control group of 27 males.

In the training group, the maximal oxygen intake was $60.41 \text{ ml/kg} \cdot \text{min}$ (3.63 l/min), significantly greater than that of the control group i.e. $47.02 \text{ ml/kg} \cdot \text{min}$ (2.88 l/min) ($p < 0.001$), and HB for 24 hours was 85,109 beats, significantly lesser than that of the control group i.e. 97,410 beats ($p < 0.001$).

The subject with the greater aerobic work capacity had the lesser HB for 24 hours due to the training bradycardia, and its decrease was determined by the decrease of heart rate during both waking and sleeping.

It was shown that the subject with the higher daily heart rate also has the higher maximal heart rate at all out exercise.

緒 言

何年もの長期間にわたって比較的高い心拍数が持続すると、冠動脈のアテローム性動脈硬化症、およびその他の心血管系疾患を引き起こす可能性もあり、24時間にわたって心拍をひとつずつ数えた積算心拍数を用いた検討も必要となる。また、積算心拍数によるエネルギー所要量の推定も報告^{1,2,5,6,7)} されている。

日常生活における24時間積算心拍数と有酸素的作業能との関連を検討するため、著者はすでに4週間の短期間持久性トレーニングを実施し、その結果24時間積算心拍数は有意に減少し、その減少は覚醒時心拍数の減少によるもので、4週間の短期間では、睡眠時心拍数は変化しないことを報告³⁾ した。そこで今回は平均4.8年の長期間持久性トレーニングを行なっている被検者に関して、24時間積算心拍数と有酸素的作業能との関係、および最高心拍数と24時間積算心拍数との関係について検討した。

方 法

被検者は大学陸上競技部の中・長距離選手10名とサッカー選手15名の男子計25名であった。比較のため、既報³⁾ の男子被検者のうちのコントロール前(13名)とトレーニング前(14名、1例を除外)の計27名の値をコントロール値として用いた。被検者特性については表1に示した。24時間積算心拍数の測定にあたっての被検者に対する詳細な指示、24時間積算心拍数の分析(Memory MAC, Heart rate memory system, ヴァイン社)、および呼気ガス分析については既報³⁾ と同様であった。最大酸素摂取量測定のための運動負荷は、電動式自転車エルゴメータ(アイソパワー・エルゴメータ、竹井機器工業)を用いた負荷漸増法によった。ペダルの回転数は50rpmとし、2分ごとに25W増加させ、all-outまで追い込んだ。各変量の統計処理には、佐賀大学電子計算機センターに連結されたSPSSパッケージ・システムを用いた。Stepwise multiple linear regression analysisは変数増加方式を用い、変数の投入基準は

表1 Effect of long-term endurance training on cardio-pulmonary function.

Subjects	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	VO ₂ max		V̇E _{max} (l/min)	HR _{max} (bpm)	HB _{24hr} (beats)	HB _{24hr} (bpm)	HR awake (bpm)	HR asleep (bpm)
				(l/min)	(ml/kg·min)						
Athlete N=10	19.4 ±1.1	166.9 ±5.4	56.06 ±3.59	3.55 ±0.37	63.27 ±5.22	132.9 ±20.5	183 ±14	82,188 ±12,718	57 ±9	62 ±10	48 ±7
	NS	NS	***	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Soccer N=15	19.9 ±1.2	171.2 ±5.1	62.84 ±3.52	3.68 ±0.37	58.51 ±4.28	135.2 ±14.7	187 ±11	87,056 ±7,867	60 ±6	66 ±6	49 ±5
Training group (Athlete & Soccer) N=25	19.7 ±1.2	169.5 ±5.5	60.12 ±4.85	3.63 ±0.37	60.41 ±5.15	134.2 ±16.9	185 ±12	85,109 ±10,133	59 ±7	65 ±8	49 ±6
	***	NS	NS	***	***	**	**	***	***	***	**
Control group N=27	23.1 ±4.0	169.9 ±4.7	61.73 ±7.66	2.88 ±0.31	47.02 ±5.10	123.3 ±19.6	193 ±8	97,410 ±8,181	68 ±6	75 ±7	53 ±4

** p<0.01 *** p<0.001 NS not significant

Mean values ± 1 SD are presented

Abbreviation: HR=Heart rate (bpm: beats/min) HB=Accumulated number of heart beats (beats)

HB 24hr and HR 24hr=HB and HR for 24 hours

HR asleep and HR awake=HR during sleeping and waking

F=1.8⁴⁾とした。

結果と考察

24時間積算心拍数と最大酸素摂取量

平均4.8年の長期間持続性トレーニングによる呼吸・循環系機能への影響を表1に示した。中・長距離選手とサッカー選手との間では、体重および単位体重当たりの最大酸素摂取量に有意差が認められたものの、この2群をまとめてトレーニング群とし、コントロール群と比較した。

年齢はトレーニング群19.7±1.2歳とコントロ

ール群23.1±4.0歳で有意差が認められたが(p<0.001)、身長と体重に差は認められなかった。最大酸素摂取量は絶対値、体重当たりともトレーニング群の方が有意に大きく、トレーニング群3.63±0.37l/min(60.41±5.15ml/kg·min)に対し、コントロール群2.88±0.31l/min(47.02±5.10ml/kg·min)(両方ともp<0.001)であった。最高心拍数はトレーニング群185±12beats/minに対し、コントロール群193±8beats/minで、トレーニング群が有意に低かった(p<0.01)。

24時間積算心拍数はトレーニング群85,109±

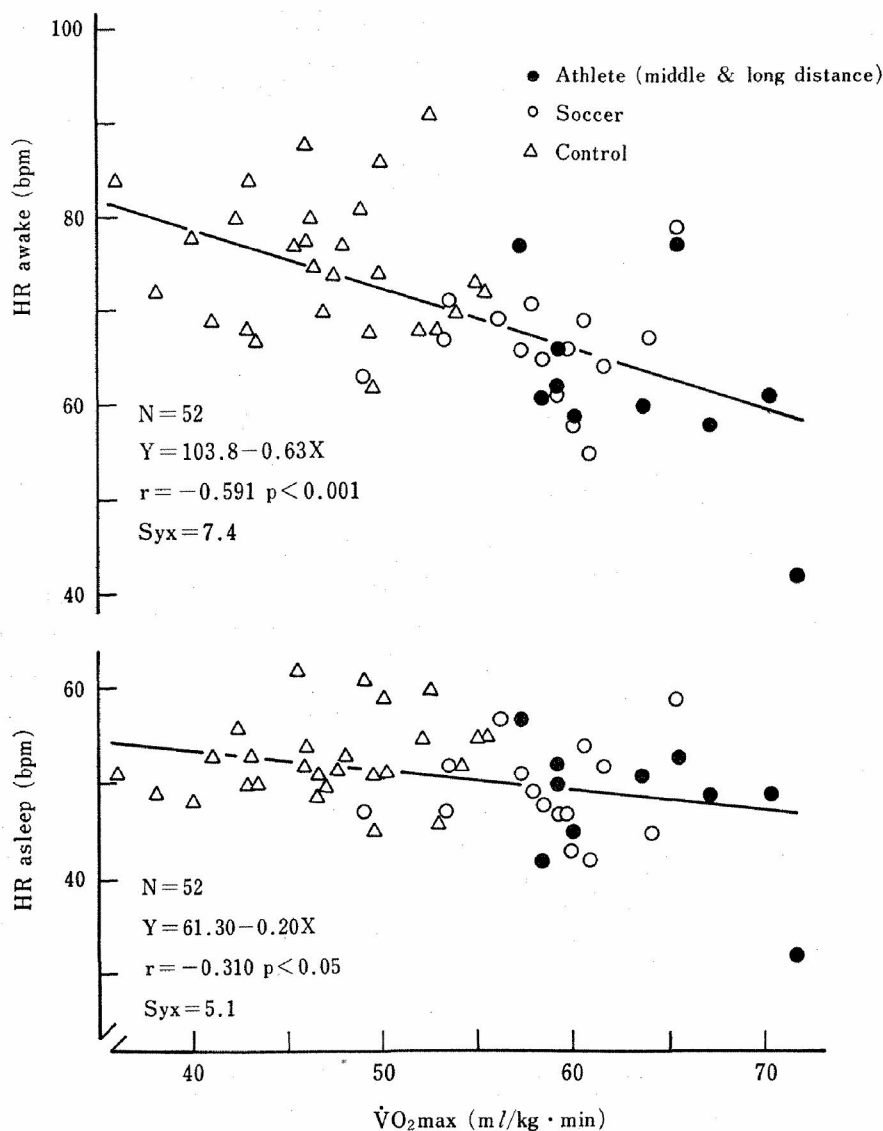


図1 HR awake and HR asleep in relation to $\dot{V}O_2\text{max}$ on the training and control groups.

10,133 beats, 1 分間当たり 59 ± 7 beats/min に対し, コントロール群 $97,410 \pm 8,181$ beats, 1 分間当たり 68 ± 6 beats/min で, トレーニング群が有意に低かった ($p < 0.001$). 覚醒時と睡眠時にわけてみると, トレーニング群の覚醒時心拍数 65 ± 8 beats/min に対し, コントロール群 75 ± 7 beats/min, 同様にトレーニング群の睡眠時心拍数 49 ± 6 beats/min に対し, コントロール群 53 ± 4 beats/min となり, 覚醒時および睡眠時ともにトレーニング群が有意に低かった (それぞれ $p < 0.001$; $p < 0.01$).

4 週間程度の短期間持久性トレーニングにおいては, 睡眠時心拍数の減少は認められなかった³⁾が, 平均 4.8 年の長期間持久性トレーニングにおいては, 横断的比較ではあるが, 運動性徐脈により覚醒時のみならず, 睡眠時においても心拍数が低下しているものと考えられる.

つぎに個人のデータで覚醒時心拍数, 睡眠時心拍数, 24時間積算心拍数について, 有酸素的作業能との関係を検討する. 図1は単位体重当たりでの最大酸素摂取量と覚醒時心拍数並びに睡眠時心拍数との関係を示したものである. ●は中・長距離選手, ○はサッカー選手, △はコントロール群である. 覚醒時, 睡眠時ともに, 有意な負の相関認められた (それぞれ $r = -0.591$ $p < 0.001$; $r = -0.310$ $p < 0.05$). 同様にして24時間積算心拍数との関係をみたものが図2であり, 有意な負の相関が認められた ($r = -0.557$, $p < 0.001$).

これらの図1と図2で明らかのように長期間持久性トレーニングを継続した中・長距離選手, サッカー選手が, 右に位置し, コントロール群は左に位置しており, 個人のデータにおいても運動性徐脈が認められる.

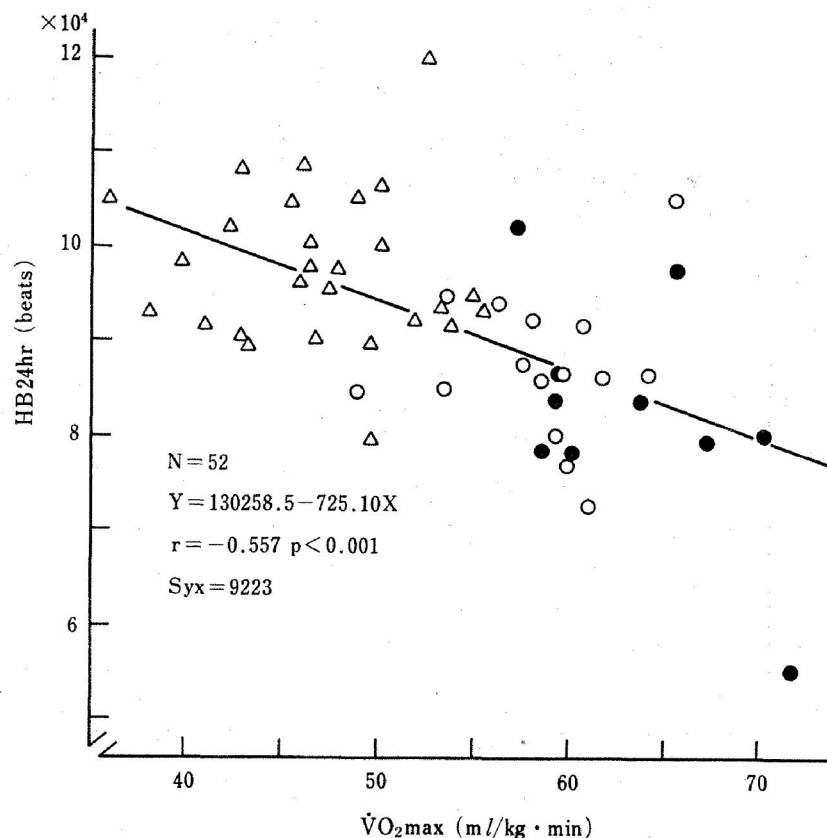
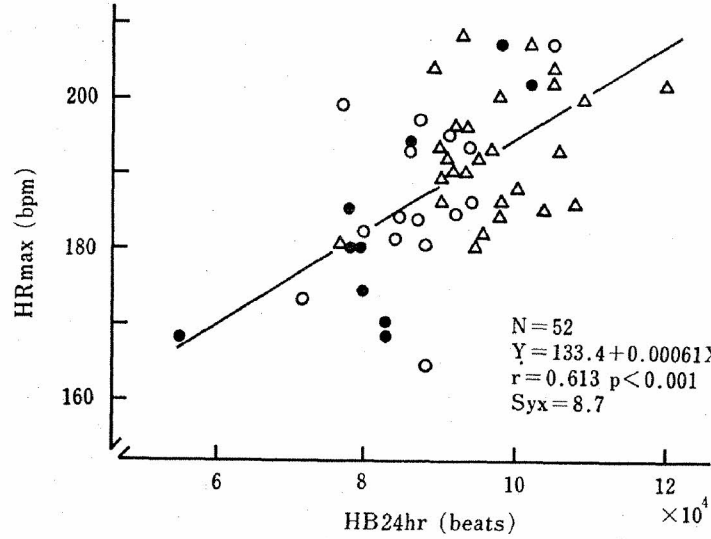
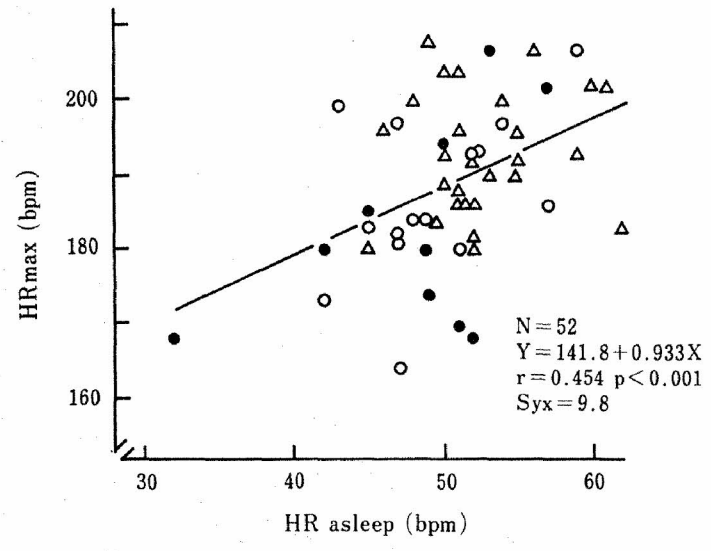
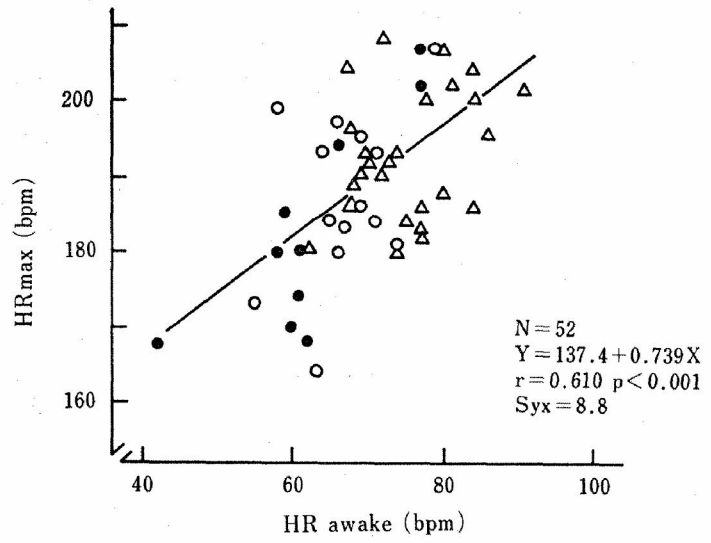


図2 HB24hr in relation to $\dot{V}O_2$ max on the training and control groups.



☒ 3 Maximal HR in relation to HR awake, HR asleep, and HB24hr on the training and control groups.

表2 Stepwise multiple linear regression analysis for selected variables at-all out exercise (independent variables) and HB 24hr, HR 24hr, HR awake, HR asleep (dependent variables).

HB 24hr=13738.6+591.353HR _{max} -10.5440 $\dot{V}O_2$ max (ml/min)
(F 32.0 R ² 58.7 ***)
HR 24hr= 8.6 + 0.417HR _{max} -0.0074 $\dot{V}O_2$ max (ml/min)
(F 32.6 R ² 59.2 ***)
HR awake= 10.7 + 0.469HR _{max} -0.0091 $\dot{V}O_2$ max (ml/min)
(F 34.8 R ² 60.7 ***)
HR asleep= 14.8 + 0.244HR _{max} -0.079 $\dot{V}E$ max
(F 9.0 R ² 28.6 ***)

(Enter F=1.8)

最高心拍数と24時間積算心拍数

心拍数と all-out 運動時に得られた生理学的パラメータが、どのような関連にあるのかを知るため、24時間積算心拍数、24時間心拍数、覚醒時心拍数、睡眠時心拍数の4項目を従属変数とし、all-out 運動時に得られた生理学的パラメータにより、どの程度説明されるのかを検討した。独立変数には、身長、体重、絶対値と体重当たりでの最大酸素摂取量、最大換気量、最高心拍数、最大呼吸数の7変数を取り、変数増加方式による Stepwise multiple linear regression analysis を試みた。

その結果を表2に示した。いずれも0.1%水準で有意に説明されている。睡眠時心拍数のみで説明率 R² が28.6%となっているものの、他の3項目の従属変数については約60%の説明率が得られている。いずれの従属変数においても、step 1で最高心拍数が投入され、step 2では絶対値での最大酸素摂取量あるいは最大換気量が投入されている。step 3以下は独立変数のF値が1.8より小さくなり、投入されなかった。

これら4項目の従属変数が、all-out 運動時での最高心拍数と最も関連が深いことが分かったので、最高心拍数との関係を示したものが図3であ

る。いずれも0.1%水準で有意な正の相関が得られており、all-out 運動時の最高心拍数が、睡眠時を含めた日常の心拍数により大きく影響されていることが分かる。すなわち日常の心拍数が高いと最高心拍数も高いということになる。このことについては、トレーニングされた42—68歳の中高年男子を対象とした仰臥位での安静時心拍数が最高心拍数と正の相関関係にあるとの報告⁸⁾もみられる。

従来より年齢補正による最高心拍数から運動強度あるいは最大酸素摂取量の推定が行なわれているが、日常での心拍数から最高心拍数を推定し、運動強度あるいは最大酸素摂取量を推定する方法も一考に値するものと思われる。

ま と め

1. 本研究の目的は、24時間積算心拍数と最大酸素摂取量、並びに最高心拍数との関係を明らかにすることであった。被検者はトレーニング群として、持久性トレーニングを平均4.8年の長期間継続している中・長距離選手10名とサッカー選手15名の計25名の男子、およびコントロール27名の男子であった。

2. トレーニング群の最大酸素摂取量は60.41 ml/kg・min (3.63 l/min) で、コントロール群

47.02 ml/kg·min (2.88 l/min) より有意に大きく (両方とも $p < 0.001$), トレーニング群の24時間積算心拍数は 85,109 beats で, コントロール群 97,410 beats より有意に小さかった ($p < 0.001$).

3. 有酸素的作業能が大きいと運動性徐脈により24時間積算心拍数が少なく, その低下は覚醒時心拍数と睡眠時心拍数の両方の低下によるものであった.

4. 日常の心拍数が高いと all-out 運動時の最高心拍数も高いという結果が得られた.

引用文献

- 1) 北嶋久雄; 積算心拍数から運動量を推定するための基礎的研究, 佐賀大学教養部研究紀要, **11**: 121—139 (1979)
- 2) 北嶋久雄, 黒田善雄, 塚越克己, 雨宮輝也, 伊藤静夫; 酸素脈からみた積算心拍数と運動量との関係, 佐賀大学教養部研究紀要, **14**: 149—164 (1982)

- 3) 北嶋久雄, 熊谷秋三, 近藤芳昭; 24時間積算心拍数と最大酸素摂取量に関する4週間持久性トレーニングの影響, 佐賀大学教養部研究紀要, **16**: 147—153 (1974)
- 4) 吉川和利, 小宮秀一, 小室史恵; 体内総水分量予測式作成の試み (I), 体力科学, **32**: 39—48 (1983)
- 5) 黒田善雄, 北嶋久雄, 塚越克己, 雨宮輝也, 伊藤静夫, 松井美智子; 積算心拍数と運動量との関係について, 昭和51年度日本体育協会スポーツ科学研究報告 No. X (1978)
- 6) 黒田善雄, 塚越克己, 伊藤静夫, 雨宮輝也, 金子敬二, 松井美智子; 積算心拍数と運動量との関係について—第2報—, 昭和52年度日本体育協会スポーツ科学研究報告 No. X (1979)
- 7) 松井美智子, 黒田善雄, 塚越克己, 雨宮輝也, 伊藤静夫, 金子敬二, 白鳥金丸; 積算心拍数と運動量との関係について—第3報—. 昭和53年度日本体育協会スポーツ科学研究報告 No. XIII (1980)
- 8) Grimby, G. and B. Saltin; Physiological analysis of physically well-trained middle-aged and old athletes, *Acta Med. Scand.* **179** (fasc. 5): 513—526 (1966)