

幼児の最大運動にともなう回復期心拍反応

Heart Rate Responses in Recovery from Maximum Exercise for Pre-School Children

小林 寛道*¹ 脇田 裕久*²

Kando KOBAYASHI*¹ Hirohisa WAKITA*²

Heart rate responses of 299 boys and girls ages of 4 to 6 yrs were investigated in relating to the measurement of maximum aerobic power. Each subject ran on a ground with maximum effort for one minute after 180-200m preparatory run. At the end of the maximum run, the subject was seated one of the chairs which were set around the running track until the third minute of recovery. Using telemetry system, ECG was recorded at 10 minute resting, during running and for 3 minutes of recovery. Heart rates were counted in each 30 sec on the period of observation.

Maximum heart rates of boys and girls were 185 to 189 bpm at 4 yrs, 198 bpm at 5 yrs and 201 bpm at 6 yrs old. The rate of recovery in heart rate was fastest for 4 yrs old boys.

A negative phase in heart rates in recovery time (3 min) from maximum running was observed at the rate of 70.6%, 38.1% and 35.0% for boys of 4, 5 and 6 yrs old, and 23.5%, 40.6% and 19.3% for girls of 4, 5 and 6 yrs old, respectively.

目 的

幼児の最大酸素摂取量について、外国では Åstrand¹⁾ や Robinson¹⁰⁾、わが国では、吉沢たち¹⁴⁻¹⁶⁾、石崎と吉沢²⁾、吉田と石河¹²⁾、Yoshida たち¹³⁾、松井たち⁸⁾によって測定例が報告されてきた。

著者たち^{5,6)}も、1980年以來、3歳から6歳の幼児を対象として、グランドランニングによる方法を用いて最大酸素摂取量を測定し、その結果を報告してきた。これらの報告の中では、最大酸素摂取量の値のほか、運動中の最高心拍数の値が示されているが、回復期の心拍反応についてはとりあつかわれていない。

幼児が激しい運動をした場合には、回復期の心拍反応に陰性相が生ずることが、勝部たち⁴⁾によ

って報告されており、陰性相の出現は、幼児の心拍反応における特徴としてとらえられている。

そこで、幼児が最大酸素摂取量の測定を目的とした最大運動を行った場合に、勝部たちの指摘した陰性相が幼児の年齢や性の違いによって、どのような割合で生じているかを検討してみることを本研究の目的とした。

方 法

1. 対象

三重県、岐阜県、静岡県に在住の6歳児(年長組幼児)男子103名、女子88名、5歳児(年中組幼児)男子42名、女子32名、4歳児(年少組幼児)男子17名、女子17名、合計299名を本研究の対象とした。

*¹名古屋大学総合保健体育科学センター *²三重大学教育学部

*¹ Research Center of Health, Physical Fitness and Sports, Nagoya University

*² Faculty of Education, Mie University

2. 測定手順

各対象児を椅座位安静に保たせ、胸部双極誘導による心電図導出のための電極を装着し、腰部にテレメータ用発信器（三栄測器製 1422 型）をマジックバンドで固定した。また、最大酸素摂取量測定のための呼気採集用マスクを鼻と口をおおうかたちで顔面にとりつけた。椅座位で 10 分以上経過した時点で、安静時心電図を 1 分間について記録した。

心電図の記録は、テレメータ受信装置（三栄測器製 1965A 型）を介して、熱ペン式レクチグラフに連続記録する方法を用いた。

対象児は、安静時心電図の記録が終了すると、呼気採集用マスクに接続した蛇管とダグラスバッグを保持した併走者にもなわれて、1 周 80～100m のトラックを中程度の速度で 2 周走り、3

周目に入ったところから全力で 1 分間の走行を行った。

1 分間の全力走行が終了した時点で、ただちに呼気採集用マスクはとりはずされ、トラックのまわりに 10m 間隔で並べられた椅子のうち、最も近い距離にある椅子に座し、回復 3 分目まで安静状態を保った。

心電図を、運動前、運動中、運動後 3 分間（回復期）をとおして記録し、30 秒間ごとの心拍数を実測して、1 分間値に換算した。

結果と考察

運動前安静時心拍数、運動中最高心拍数、および回復期 3 分間の心拍水準を、表 1、および図 1 に示した。

Table 1. Heart rate responses related to maximum running for one minute after 160-200m pre-running.

	Age (yrs)	Number of Subjects	Resting Heart Rate (bpm)	Max. Heart Rate (bpm)	Heart Rate of Recovery Period					
					0~30" (bpm)	~1' 00" (bpm)	~1' 30" (bpm)	~2' 00" (bpm)	~2' 30" (bpm)	~3' 00" (bpm)
Boys	4	17	106.4 (8.9)	185.0 (11.4)	165.1 (15.2)	123.8 (13.3)	107.8 (14.5)	103.7 (12.9)	105.4 (11.1)	107.1 (9.8)
	5	42	110.0 (12.8)	198.3 (7.9)	186.9 (9.7)	155.2 (13.9)	131.5 (15.5)	121.2 (15.0)	118.0 (13.6)	115.4 (13.6)
	6	103	117.4 (11.4)	201.1 (9.3)	189.7 (10.3)	159.0 (16.5)	137.8 (17.4)	128.2 (16.1)	123.8 (13.9)	121.9 (12.9)
Girls	4	17	106.7 (11.0)	188.8 (6.5)	176.0 (9.7)	148.1 (15.2)	121.8 (12.4)	116.4 (12.6)	112.3 (11.8)	112.4 (12.2)
	5	32	117.3 (13.6)	198.3 (10.0)	187.7 (11.3)	164.1 (17.0)	140.3 (19.8)	128.1 (19.4)	124.7 (16.7)	122.4 (15.3)
	6	88	116.5 (12.8)	200.5 (8.5)	190.7 (9.7)	165.0 (15.1)	143.2 (16.0)	133.2 (14.1)	127.7 (13.1)	124.9 (12.5)

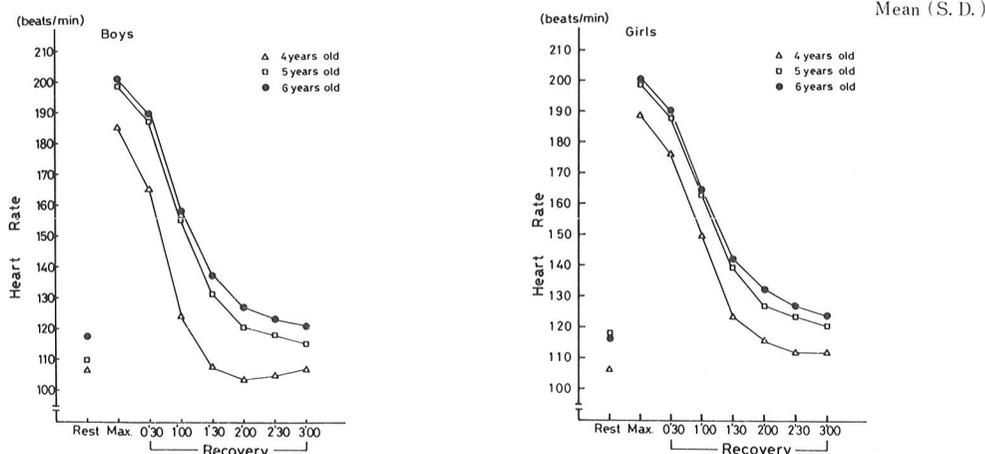


Fig. 1. Changes of heart rate after maximum run to exert maximum aerobic power.

運動前安静時の心拍数は、4歳児では男女とも平均106拍/分の水準にあったが、5歳児、6歳児では、平均110~117拍/分と、安静時心拍数としてはやや高い水準にあった。

運動中最高心拍数は、4歳児が男子185拍/分、女子189拍/分と比較的低水準にあるが、5歳児では男女とも198拍/分、6歳児では男女とも201拍/分と、年齢にともなって、最高心拍数が高水準となる傾向がみられた。

最大運動後の心拍数の回復過程では、4歳児が、5・6歳児と比較してすみやかな様子を示している。

最大運動後の心拍数の回復過程を数量的にとらえる目的で、次式に従って心拍数の回復率を算出し、表2に示した。

$$\text{回復率} = \frac{\text{最高心拍数} - \text{回復期心拍数}}{\text{最高心拍数} - \text{安静時心拍数}} \times 100$$

Table 2. Time course of the rate of recovery on heart to the resting level after maximum running for one minute.

	Age (yrs)	Rate of Recovery in Heart Rate					
		0~30" (%)	~1'00" (%)	~1'30" (%)	~2'00" (%)	~2'30" (%)	~3'00" (%)
Boys	4	26.7(13.4)	78.8(15.8)	98.6(17.8)	104.3(15.3)	101.8(9.9)	100.4(12.9)
	5	12.9(5.5)	49.1(13.1)	75.9(14.9)	88.0(12.8)	91.1(10.4)	94.5(11.1)
	6	14.0(6.3)	51.2(15.5)	76.5(16.8)	88.3(14.3)	93.1(12.0)	95.7(12.0)
Girls	4	15.7(7.1)	47.7(18.9)	79.5(20.7)	88.8(13.0)	93.4(9.8)	93.4(10.7)
	5	13.1(6.3)	42.6(15.2)	72.4(17.5)	88.0(16.9)	92.1(16.0)	95.9(15.4)
	6	12.3(6.7)	43.3(13.6)	69.3(14.6)	81.5(13.7)	87.9(12.1)	91.4(11.4)

Mean (S. D.)

$$\text{Rate of Recovery} = \frac{(\text{Max. H. R.}) - (\text{H. R. of Rec.})}{(\text{Max. H. R.}) - (\text{Rest H. R.})} \times 100$$

4歳男子の回復率は、運動後1分30秒で98.6%であり、以後2分30秒にかけて100%を超える値(104.3%, 101.8%)を示し、3分目で100%の水準にもどっている。これに対し、5・6歳男子の回復率は、運動後1分30秒で76%程度であり、3分目で95%程度の水準となっている。

女子では、男子ほど顕著な年齢差はみられないが、4・5歳と比較して、6歳では回復率がやや低い値を示している。

これらの結果は、運動後の心拍数の回復は、4歳児で最もすみやかであり、5歳、6歳と年齢が進むにつれて回復が遅くなる、という傾向を示しているといえる。

ところで、4歳男子の場合では、心拍数の回復率が、1分30秒以後2分30秒にかけて100%を上まわる値を示しているが、これは回復の1

時期に心拍数が運動前安静時の水準以下になり、再び安静水準にもどってゆくという、いわゆる陰性相の現象を示したものであると考えられる。

この陰性相の出現について個人別に調べ、図2に、回復期の各30秒間隔ごとに陰性相が出現した人数の割合を、年齢別、男女別に示した。

陰性相の出現率は、4歳男子で最も高く、回復期3分間のうちに70.6%のものに陰性相がみられている。時間別にみると、回復2分00秒から2分30秒の間に陰性相が出現したものが52.9%と最も高率であり、1分30秒から2分00秒の間が47.1%、2分30秒から3分00秒の間が41.2%であった。

5歳、6歳の男子では、4歳児と比較して陰性相の出現率が低く、回復3分間のうちに陰性相がみられたものの割合は、5歳児で38.1%、6歳児では35.0%である。

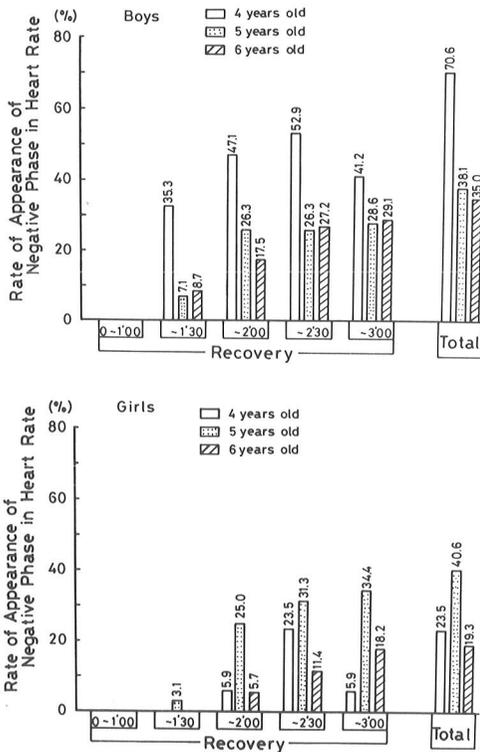


Fig. 2. Rate of appearance of negative phase in heart rate after maximum run to exert maximum aerobic power.

陰性相が出現する時間別にみると、5歳児では1分30秒以後、30秒間隔に3分目までの間で、26.3~28.6%であり、6歳児では、1分30秒から2分目までが17.5%とやや少なく、2分から3分目にかけては、27.2%、29.1%という割合であった。

女子の場合、陰性相が出現する割合は5歳児が40.6%と最も高く、4歳児は23.5%、6歳児は19.3%であった。

陰性相が出現する時間別にみると、4歳児では2分00秒から2分30秒の間に23.5%と最も高い割合を示し、他の時間では6%以下であった。5歳児では、1分30秒から2分00秒の間で25.0%であり、以後、31.3%、34.4%と時間経過にともなって出現率が増大している。6歳児では、時間経過にともなう出現率の増大がみられる傾向

は5歳児の場合と同じであるが、出現率は、1分30秒から3分00秒までの間で5.7~18.2%であった。

運動からの回復期において、血圧反応に陰性相があらわれることは、Lowsley⁷⁾によって、1911年頃から指摘されているが、勝部たち⁴⁾は、1970年、幼児を対象として、透過光電脈波を用いた実験において、心拍反応に陰性相が生ずる現象を見出し、4歳前半の幼児では、取扱ったどの運動種目でも陰性相がみられるが、その後次第にその出現率は減少し、6歳の段階ではほとんどみられなくなる、と報告している。

その後、吉沢たち¹⁵⁾は、5・6歳の幼児では、30m走では、男女それぞれ20名のうち、男子16名、女子17名に陰性相がみられたが、3分間走では、男女それぞれ1名に陰性相がみられたにすぎないことを報告している。

本研究の場合では、Pre-Run (前走) と、それにひきつづく1分間の全力走行を含めて、全体の運動時間は、2分から2分30秒である。吉沢たち¹⁵⁾の3分間走の結果と比較すれば、本資料では、陰性相の出現率が高いことがうかがわれる。

陰性相出現の機序について、吉沢¹⁵⁾は、Schneider と Truesdell¹¹⁾、岩佐³⁾、村上たち⁹⁾の諸説を紹介し、急激な運動停止による心臓への環流血液の減少によって、心臓が血液を充満させるための時間延長にともなう心拍数の減少であると説明している。

本研究における4歳男子の場合にもみられるように、低年齢で陰性相の出現率が高いことは、この時期の心臓循環機能の特徴であると考えられることができる。陰性相が生ずることが直ちに心臓循環機能面で悪い影響をもたらすものであるとは考えられておらず、発達段階における一つの過程であると考えられるべきであろう。

ま と め

1. 4~6歳児男女299名を対象に、グランドランニングによる方法で最大酸素摂取量の測定を行う際、160~200mの前走にひき続く1分間の全力走行を行わせ、この時の運動前、運動中および

び回復期 3 分間の心拍反応をテレメータを用いてとらえた。

2. 運動中最高心拍数は、4 歳児で 185~189 拍/分の水準にあったが、5 歳児では 198 拍/分、6 歳児では 201 拍/分と、年齢にともなって高水準となる傾向がみられた。

3. 5~6 歳児に比較して、4 歳児では運動後の心拍数の回復がすみやかであった。回復期心拍数に陰性相が出現したものの割合は、4 歳男子 70.6%、女子 23.5%、5 歳男子 38.1%、女子 40.6%、6 歳男子 35.0%、女子 19.3%であった。

文 献

- 1) Åstrand, P.-O.: Experimental studies of physical working capacity in relation to sex and age. Ejnar Munksgaard, Copenhagen, 1952.
- 2) 石崎忠利, 吉沢茂弘: 小学校低学年児童の最大酸素摂取量. 3 年間の縦断的研究から 体育の科学 29: 219-225, 1979.
- 3) 岩佐哲一: 体力指標としての陰性相の意義 東京慈恵医科大学生理学教室 杉本研究室論文集 2: 99, 1951 (16) 吉沢茂弘他の論文より引用)
- 4) 勝部篤美, 原田碩三, 後藤サヨ子: 幼児体育に関する実験的研究 (1) 幼児の運動負荷と脈拍数 体育学研究 14 (4): 193-200, 1970.
- 5) 小林寛道, 小松佳世, 水谷四郎, 脇田裕久, 八木規夫, 長井健二: 健康・体力づくりカリキュラムと幼児の筋力・運動能力・調整力および Aerobic Power 体育科学 10: 134-146, 1982.
- 6) 小林寛道, 桜井伸二, 小松佳世, 脇田裕久, 八木規夫: 幼児の aerobic power の再現性に関する研究 体育学研究 28(1): 23-31, 1983.
- 7) Lowsley, O. S.: The effects of various forms of exercise on systolic, diastolic, and pulse pressures and pulse rate. Amer. J. Physiol. 27: 446-466, 1911.
- 8) 松井秀治, 小林寛道, 島岡清, 池上康男: 幼児の Aerobic Power と調整力 体育科学 8: 173-181, 1980.
- 9) 村上長雄, 川井浩, 太田節子, 高島慎助, 古木粧, 佐藤陽吉, 倉敷千稔, 岩野悦真, 水田勝博, 中田健次郎, 武部吉秀: 身体運動の最高血圧に及ぼす影響 体力科学 24: 11-24, 1975.
- 10) Robinson, S.: Experimental studies of physical fitness in relation to age. Arbeitphysiol. 10: 251-323, 1938.
- 11) Schneider, E. C. and D. Truesdell: A statistical study of the pulse rate and the arterial blood pressures in recumbency, standing, and after a standard exercise. Amer. J. Physiol. 61: 429-472, 1922.
- 12) 吉田敬義, 石河利寛: 呼吸循環機能からみた幼児の持久走について 体育学研究 23: 59-65, 1978.
- 13) Yoshida, T., T. Ishiko and I. Muraoka: Effect of endurance training on cardiorespiratory functions of 5 year-old children. Int. J. Sports Medicine. 1: 91-94, 1980.
- 14) 吉沢茂弘, 石崎忠利, 本多宏子: 幼児の有酸素的作業能に関する研究(1) 体力科学 24: 37-44, 1975.
- 15) 吉沢茂弘, 石崎忠利, 本多宏子, 亀岡隆之, 森田良司, 石川栄寿: 幼児の有酸素的作業能に関する研究 体育の科学 26: 254-262, 1976.
- 16) 吉沢茂弘, 石崎忠利, 本多宏子: 3-6 歳児の最大酸素摂取量 体育学研究 25: 59-68, 1980.

(昭和 60 年 1 月 24 日受付)

