

トライアスロン競技の生理的特性について

横井信之¹, 樋口憲生², 安田矩明³, 山本高司³

1 中部電力配電研修所

2 松阪大学

3 中京大学

Physiological characteristics of actual triathlon race

Nobuyuki YOKOI*, Norio HIGUCHI**, Noriaki YASUDA***,
Takashi YAMAMOTO***

*Training Institute, Chubu Electric Power Co. Ltd.

**Matsuzaka University

***Chukyo University

Abstract

The purpose of this study was to estimate oxygen consumption and to measure race pace during actual triathlon race. The subjects were 3 triathletes who participated in Anjou triathlon race (swimming 1.3km, bicycling 65.1km, running 14km).

Heart rates were recorded with a portable heart rate recorder during the race, and race pace was also recorded at each section. After one month from the race, oxygen uptake and heart rate at three type of exercises were measured in laboratory for estimating the physiological intensity of race. These data were utilized to estimate the average $\% \dot{V}O_2$ max at each section during the race.

The results were as follows.

In this 80.4km triathlon race, average $\% \dot{V}O_2$ max and average heart rate were obtained in two subjects, one indicated 65% $\dot{V}O_2$ max and 153 beats/min, and the other indicated 89% $\dot{V}O_2$ max and 170 beats/min, respectively. From these data it is suggested that the shorter the distance is, the higher the $\% \dot{V}O_2$ max is.

1. はじめに

1978年にハワイでトライアスロン (Triathlon) が誕生した。トライアスロンというのは水泳, 自転車, ランニングの3つの運動を次々に連続して行うものである。長いレースになると各種目の距離は, 水泳が3.9 km, 自転車が180

km, ランニングが 42.195 km にも達する。このような複合種目の長時間運動であるトライアスロンについての研究は、始まったばかりであり、今までにトライアスロン前後の血液成分¹⁰⁾¹¹⁾¹⁷⁾や尿成分¹⁾の変化についての報告がみられる。しかし、実際のトライアスロンの運動強度および3種目のペース配分についての報告はあまりみられない。

そこで本研究では、実際のトライアスロンの運動強度と3種目のペース配分を測定し、今までに報告されてきた走運動の運動強度と比較、検討することを目的とした。

2. 方法

本実験の被検者は、1985年10月に行われた安城トライアスロンレース(水泳 1.3 km, 自転車 65.1 km, ランニング 14 km)に出場した選手3名であった。自転車, ランニングのコースは、堤防上の折り返しコースであったため勾配はなく、ほぼ平坦であった。当日の天候は晴、気温 21°C, 湿度 57%, 水温 31°Cであった。彼らの身体的特徴およびレース結果を表1に示した。被検者 YOK は、トライアスロン経験が長く(5年)出場したレースも多い(20レース以

表1 被検者の身体的特徴およびレース結果

subj.		YOK	OGA	OKU
	age (yrs)	27.0	22.1	21.1
	height (cm)	177.0	167.0	178.0
	weight (kg)	70.8	56.3	64.0
	%fat (%)	10.9	10.7	12.0
	VO ₂ max (l/min)	3.61	2.94	3.48
swim	VO ₂ max/wt (ml/kg/min)	51.0	52.2	54.3
	HRmax (beats/min)	186.2	181.0	176.0
	VO ₂ max (l/min)	4.47	2.78	3.24
bike	VO ₂ max/wt (ml/kg/min)	63.1	49.4	50.6
	HRmax (beats/min)	186.0	181.7	176.3
	VO ₂ max (l/min)	4.56	3.69	3.69
run	VO ₂ max/wt (ml/kg/min)	64.4	65.5	57.7
	HRmax (beats/min)	182.0	192.9	184.2
	swim (1.3km)	19'35"	30'19"	29'54"
	bike (65.1km)	1° 55'28"	1° 58'55"	2° 11'14"
	run (14km)	1° 02'54"	59'33"	1° 03'23"
	finish time	3° 17'57"	3° 28'47"	3° 44'31"

hrs ° min'sec"

上)。また、水泳選手として長い経験(13年)を持っている。被検者 OGA および OKU は、トライアスロン経験が1~2年で出場したレースも少ない(1~2レース)。しかし、ランニングの経験は長く、大学で陸上部(長距離)に所属している。なお実験にあたって、あらかじめ被検者の同意を得ておいた。

体脂肪率は栄研式皮脂厚計を用いて上腕背部と肩甲骨下縁部を測定し、Brožékら³⁾とNagamineら¹⁵⁾の式に基づいて算出した。レース中の心拍数の測定は、携帯用心拍数記録装置(VINE社製 VHM1-102型)を防水ケースに入れて、被検者の体に装着して1分毎に連続測定した。レースのペースは、水泳については200m毎のラップから平均速度を求めた。自転車、ランニングについては、コース上にチェックポイントを設けてそこを通過した時間を測定し、各区間の平均速度を求めた。

さらに、レース中の心拍数から、酸素摂取量を推定するために、レースから1カ月後に実験室で各運動別に心拍数と酸素摂取量の関係を測定した。呼気ガスはダグラスバッグ法によって採集し、呼気ガスの分析には呼気ガスモニター(日本電気三栄製 NDS-7A-T型)を使用した。水泳における酸素摂取量の測定は、大迫ら¹⁶⁾の方法を参考にして、ゴムベルトの一方を壁に固定して、もう一方を被検者の腰に固定するテザード(Tethered)スイミング法で行った。負荷はあらかじめゴムベルトの長さや張力の関係を測定しておき、ゴムベルトの長さを調節することによって設定した。被検者の泳法はレースと同じ泳法として被検者 YOK はクロール、他の2名は平泳ぎで行った。ゴムベルトの負荷は1kgより開始して被検者がもはや負荷を保持できなくなるまで、0.5kgずつ漸増した。そして保持できた最大負荷時の運動を最大運動とした。各運動負荷時間は3分間として最後の1分間を分析に使用した。各運動負荷の間には5分間の休息を入れた。測定にあたって被検者にはテザードスイミングに十分慣れさせてから行った。

自転車における酸素摂取量の測定は、モナー

ク社製の自転車エルゴメーターのハンドルをドロップハンドルに取り換え、ペダルにトゥクリップを取り付けたもの⁴⁾を使用した。最大運動は、ペダル回転数を80回転/分⁴⁾として、2kpで4分経過後に1分毎に0.5kpずつ漸増して行き、ペダル回転数を保持できた最大負荷時の運動を最大運動とした。最大下運動は、ペダル回転数を80回転/分として、負荷は2, 2.5, 3kpで行った。各運動負荷時間は5分間として、最後の1分間を分析に使用した。各運動負荷時間には5分間の休息を入れた。

ランニングにおける酸素摂取量の測定はトレッドミルを使用した。最大運動は、傾きを0°として、180m/分の走スピードで3分間走行した後に1分毎に傾きを2°ずつ漸増して行き、走行できた最大勾配時の運動を最大運動とした。採気と心拍数の測定は、3分経過した後に1分毎に行った。最大下運動は、傾きを0°として、190, 220, 250m/分の走スピードで行った。各運動負荷時間は5分間として、最後の1分間を分析に使用した。各運動負荷の間には5分間の休息を入れた。

実験室は気温21°C、湿度50%、水温21°Cであった。

3. 結果

レースの結果は、被検者 YOK が1位でゴールした。ついで被検者 OGA が2位、被検者 OKU が6位と続いた。レースの所要時間と実験室で測定した酸素摂取量を表1に示した。 $\dot{V}O_2\max$ は、3名の被検者ともトレッドミル走で一番大きな値を示した。次に各運動別に測定した心拍数と $\% \dot{V}O_2\max$ の関係を図1, 2, 3に示した。心拍数と酸素摂取量の関係は、一次的な関係を示す²⁾ことから直線回帰式を求めた。

レースにおける被検者 YOK の1分毎の心拍数を図4、被検者 OGA の心拍数を図5に示した。測定は3名について行ったが、被検者 OKU についてはなんらかの原因により測定できなかった。しかし、レース中のペースは測定できたので OKU のデータをペース配分の分析に使

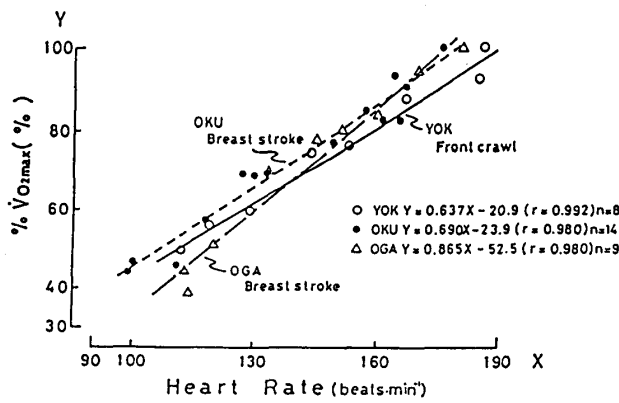


図1 テザードスイミングにおける心拍数と $\dot{V}O_2$ max の関係

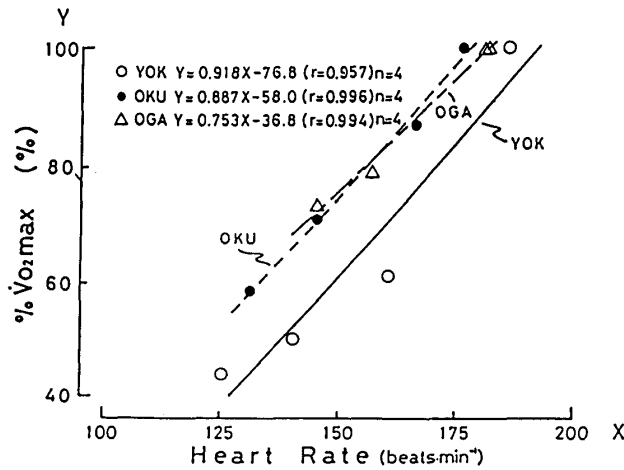


図2 自転車エルゴメータにおける心拍数と $\dot{V}O_2$ max の関係

用した。また YOK についても水泳中の心拍数は測定できなかった。図4に示したように、YOKの自転車走行中の心拍数の平均値は、 153 ± 7 拍/分であった。ランニング走行中の心拍数の平均値は 153 ± 8 拍/分であった。図5に示したように OGAの水泳中に心拍数の平均値は 165 ± 6 拍/分、自転車走行中の心拍数の平均値は 169 ± 6 拍/分、ランニング走行中の心拍数の平均値は 177 ± 5 拍/分であった。

次に、レースにおける各区間の平均スピード、平均心拍数および運動強度を図6に示した。運動強度は先に求めている $\dot{V}O_2$ max と心拍数の関係から求めた。レースのペースと運動強度を合わせてみると、水泳のペースは、YOKのペースが他2名よりも約0.4 m/秒速いのを除

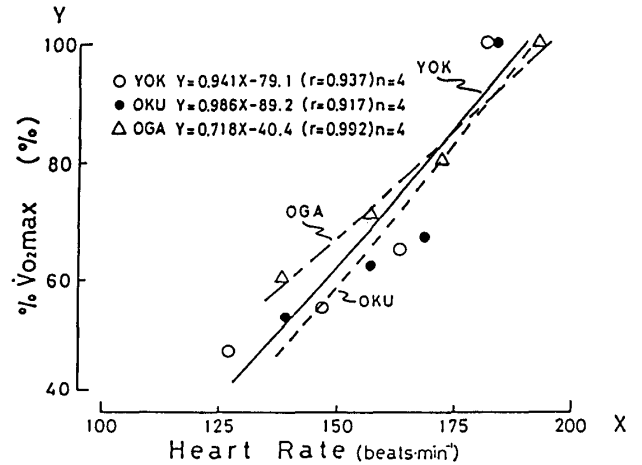


図3 トレッドミル走における心拍数と $\dot{V}O_2$ max の関係

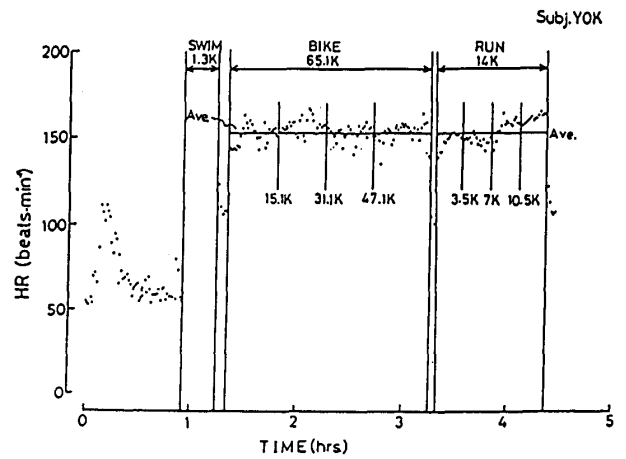


図4 被検者 YOK のレース中の心拍数

いて3名ともほぼ一定のペースを示した。OGAの運動強度の平均値は、 $90\% \dot{V}O_2$ maxであった。自転車のペースは3名とも開始直後のスローペースを除いて、3~4 km/時の増減を繰り返しながらほぼ一定のペースを示した。この時の運動強度の平均値は、YOKが $64\% \dot{V}O_2$ maxを示し、OGAは $90\% \dot{V}O_2$ maxを示した。ランニングのペースは、YOKが後半にペースを上げる傾向を示し、他の2名は後半にペースを下げる傾向を示した。この時の運動強度の平均値は、YOKが $65\% \dot{V}O_2$ max、OGAが $87\% \dot{V}O_2$ maxを示した。さらに、ランニング後半にOGAのペースと運動強度の比例関係が崩れ、ランニングペースが低下したにもかかわらず運動強度はほぼ一定であった。

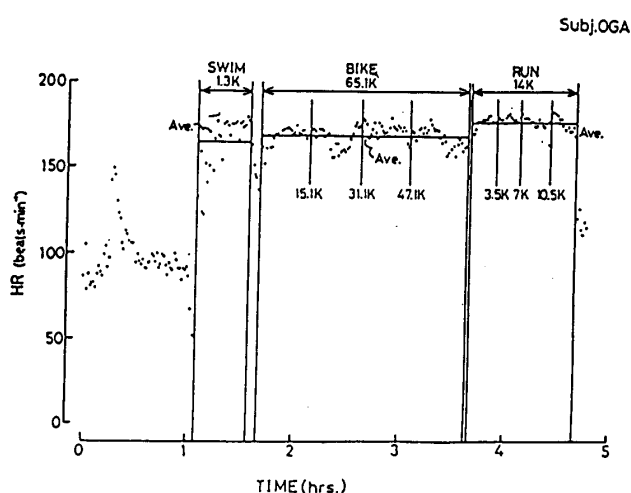


図5 被検者 OGA のレース中の心拍数

4. 考察

今回のレースにおける水泳の記録差は、YOK がクロールで泳いだのに対して OGA, OKU が平泳ぎで泳いだことと、YOK が水泳選手として長期間のトレーニングを積んでいたのに対して、OGA, OKU が1年ほどの水泳経験しかなかったことが原因と考えられる。

本研究の被検者3名の $\dot{V}O_2\max$ は、3種類の運動のなかでトレッドミル走が一番大きな値を示した。Magel¹²⁾ は、水泳は体位が水平なために静脈還流が増し、それによる1回拍出量の増加が心拍数の低下を招き、それが水泳の $\dot{V}O_2\max$ がトレッドミル走の $\dot{V}O_2\max$ より小さい原因として上げている。また、Holmér⁹⁾ は水泳や自転車エルゴメーターはトレッドミル走に比べて動員される筋肉が少なく、そのために $\dot{V}O_2\max$ が小さくなると報告している。今回の結果は、彼らの説を支持するものであった。長時間運動における運動強度を推定した研究は、主に走運動について報告されてきた。Costillら⁶⁾ は、マラソンが75% $\dot{V}O_2\max$ の強度で行われていると報告している。また Daviesら⁷⁾ は、走運動の時間と強度の関係から回帰式を求め、1時間前後の走運動では88% $\dot{V}O_2\max$ 、4時間前後の走運動では77% $\dot{V}O_2\max$ の強度を示すと報告している。

今回測定できた YOK の運動強度は、走運動で報告されてきた値と比べかなり低い強度を示した。これは、水泳から独走状態となったレー

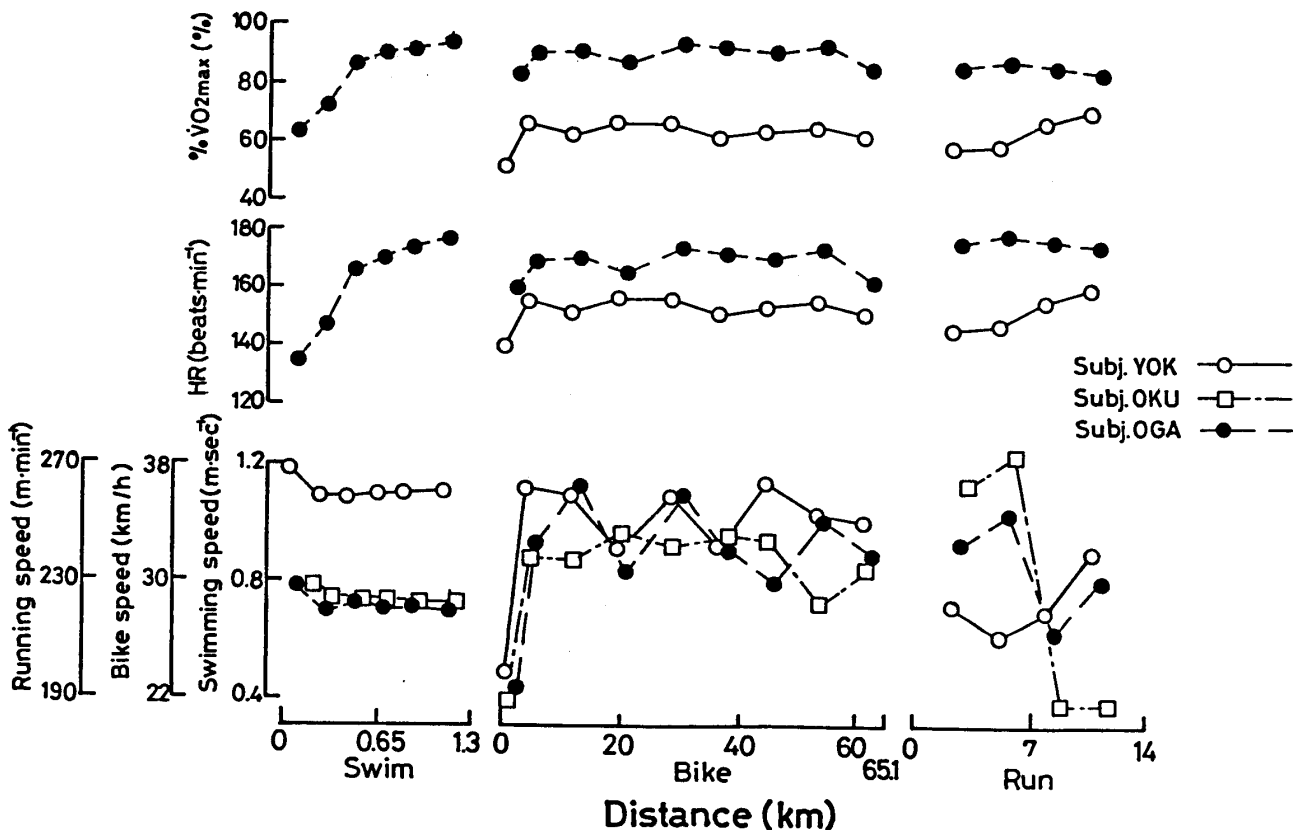


図6 レースにおける各区間の平均スピード、平均心拍数および運動強度

ス展開のために余裕を持って自転車、ランニングを行ったためと思われる。なぜならば長時間運動したにもかかわらずランニング後半に72% $\dot{V}O_2\max$ まで運動強度が増加する¹⁴⁾ とともに、走スピードも上昇している。つまり、YOKが示した運動強度では、筋グリコーゲンの枯渇⁸⁾ や乳酸の蓄積¹³⁾ による運動能力の低下が起きていないこと⁵⁾ を示唆している。したがって独走状態でなく競り合うような展開になれば今回示した強度よりも高い強度を示す可能性が考えられる。

OGAの運動強度は、自転車走行中に走運動で報告されてきた値と比べてかなり高い強度を示した。ランニングに移ってから自転車で示した強度よりも少し強度が落ち、ランニングの後半にはペースも落ちた。しかし、運動強度はペースが落ちたにもかかわらず、ほぼ一定であった。この原因は、自転車を終えてランニングに移った辺りから、筋グリコーゲンの枯渇⁸⁾ や乳酸の蓄積¹³⁾ による運動能力の低下が顕著になり、運動強度と走スピードの比例関係が崩れるにまでいたったためと考えられる。つまり、OGAの示した運動強度は、レースを一定ペースで行うには高すぎた強度と考えられる。

したがって、これらのことをまとめると、トライアスロンにおいてもレースの距離や時間によって最適な運動強度が存在し、その強度を維持するペースを守ることが好結果につながると思われる。今回の場合は、測定できた2名の運動強度の間に最適な強度があると考えられる。ここで両者の値を平均すれば、77% $\dot{V}O_2\max$ を示し、トライアスロンにおける最適な運動強度も走運動で報告されてきた値に近いことが示唆される。

5. 要約

本研究は、トライアスロンレースの運動強度を推定することと、その運動強度を示したペース配分を測定することを目的に行われた。そこで、実際にレースに参加した選手のレース中の心拍数を測定し、3種目のペースを測定した。さらに実験室で運動強度と心拍数の関係を測定

した。測定は、推定する誤差を小さくするために、3種目それぞれについて行った。結果は次のとおりであった。

1) 今回の80.4 kmのトライアスロンにおいて、測定できた2名は約3時間半を要した。運動強度と心拍数の平均値は、65% $\dot{V}O_2\max$, 153拍/分、および89% $\dot{V}O_2\max$, 170拍/分を示した。

2) 水泳、自転車のペースは、ほぼ一定であったが、ランニングに入ってからペースが上がるものと下がるものがいた。

以上の結果から、トライアスロンの運動強度は、時間や距離によってオーバーペースにならない最適な強度があり、これは従来走運動で報告されてきた値に近いことが示唆された。

本研究の一部は東海体育学会第34回大会¹⁸⁾において発表した。

文献

- 1) 有江醇子, 井本岳秋, 沢田芳男「ホワイトトライアスロン競技の体力医学的考察」熊本大学体質医学研究所紀要, 33(1): 7-8, 1982
- 2) Åstrand, P. -O. and I. Ryhming, "A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during submaximal work", J. Appl. Physiol., 7: 218-221, 1954
- 3) Brožek, J., F. Grande and J. T. Anderson, "Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumption", Ann. N. Y. Acad. Sci., 110: 113-140, 1963
- 4) Burke, E. R., "Physiological characteristics of competitive cyclist", Phys. Sportsmed., 8: 78-84, 1980
- 5) Costill, D. L., "Metabolic responses during distance running", J. Appl. Physiol., 28: 251-255, 1970
- 6) Costill, D. L. and E. L. Fox, "Energetics of marathon running", Med. Sci.

- Sports., 1 : 81-86, 1969
- 7) Davies, C. T. M. and M. W. Thompson, "Aerobic performance of female marathon and male ultramarathon athletes" Eur. J. Appl. Physiol., 41 : 233-245, 1979
- 8) Gollnick, P. D., K. Piehl and B. Saltin, "Selective glycogen depletion pattern in human muscle fibers after exercise of varying intensity and at varying pedaling rates", J. Physiol., 241 : 45-57, 1974
- 9) Holmér, I., "Oxygen uptake during swimming in man", J. Appl. Physiol., 33 : 502-509, 1972
- 10) 岩根久夫, 石井ユリ子「ランニングとエンドルフィン」臨床スポーツ医学, 1 : 391-394, 1984
- 11) 岩根久夫, 野原義次「長時間の過激な運動における人体の反応について」体力科学, 32 : 224-225, 1983
- 12) Magel, J. R., "Comparison of the physiologic response to varying intensities of submaximal work in tethered swimming and treadmill running", J. Sports Med., 11 : 203-212, 1971
- 13) 松井秀治, 浅見俊雄, 宮下充正, 渡辺俊彦, 竹内伸也, 星川保, 亀井貞次, 木村順子, 長谷川賢式「長時間トレーニングの生理学的研究」体育学研究, 12 : 47-54, 1967
- 14) Michael, B. M., M. H. Steven, E. W. James and J. A. Gliner, "Oxygen uptake measurements during competitive running", J. Appl. Physiol., 40 : 836-838, 1976
- 15) Nagamine, S. and S. Suzuki, "Anthropometry and body composition of Japanese young men and women", Human Biol., 36 : 8-15, 1964
- 16) 大迫正文, 青木純一郎「水中負荷牽引 (tethered swimming) 法による心拍数一酸素摂取量関係」東京体育学研究, 8 : 141-148, 1981
- 17) Thomas, B. D. Jr. and C. P. Motley, "Myoglobinemia and endurance exercise : A study of twenty-five participants in a triathlon competition", Amer. J. Sports Med., 12 : 113-119, 1984
- 18) 横井信之, 樋口憲生, 山本高司, 安田矩明「トライアスロン競技の生理的特性について」東海体育学会第34回大会研究発表抄録集, p. 40, 1986