

トライアスロン競技の成績を決定する上での 呼吸循環系能力からみた規定因子について

徳島大学 三浦 哉
(共同研究者) 中京大学 北川 薫
同 石河 利寛

Contribution of Cardiorespiratory Function to Triathlon Performance in Trained Triathletes

by

Hajime Miura

Faculty of Integrated Arts and Sciences, University of Tokushima

Kaoru Kitagawa, Toshihiro Ishiko

School of Physical Education, Chukyo University

ABSTRACT

This study examined how $\dot{V}_{O_{2max}}$, ventilatory threshold (VT), and cardiorespiratory responses during a simulated triathlon contributed to triathlon performance. Nine male trained triathletes conducted both maximal exercise tests and simulated triathlon test in a laboratory. $\dot{V}_{O_{2max}}$ and $\dot{V}_{O_2 @VT}$ during each exercise were determined by the former test. The latter tests consisted of flume-pool swimming (S), ergometer cycling (C) and treadmill running (R) as a continuous task. The exercise intensity and duration were 60% of $\dot{V}_{O_{2max}}$ during a swimming, cycling and running for 30, 75 and 45 min, respectively. The index of cardiorespiratory responses during simulated triathlon was determined by the change ratios (Δ) of \dot{V}_{O_2} , \dot{V}_E and HR between the 10 th min and last min at each stage.

Results indicated that there were no significant correlations between triathlon performance (total time) and $\dot{V}_{O_{2max}}$, between total time and $\dot{V}_{O_2} @VT$. However, it was found that total time was significantly correlated to $\Delta R - \dot{V}_{O_2}$ ($r=0.670$, $P<0.05$), $\Delta R - \dot{V}_E$ ($r=0.834$, $P<0.01$), $\Delta C - HR$ ($r=0.753$, $P<0.05$), and $\Delta R - HR$ ($r=0.704$, $P<0.05$). These results demonstrated that small increments of \dot{V}_{O_2} , \dot{V}_E and HR at latter stage during a simulated triathlon test were more important factors to determine the triathlon performance rather than $\dot{V}_{O_{2max}}$ and/or anaerobic threshold in trained triathletes.

要 旨

本研究では、トライアスロンの競技成績に $\dot{V}_{O_{2max}}$, ventilatory threshold (VT), およびトライアスロンをシミュレーションした際の呼吸循環応答がどのくらい貢献するかを調べた。9名の一流男性トライアスリートに実験室内で、 $\dot{V}_{O_{2max}}$ および $\dot{V}_{O_2} @VT$ を求めるために水泳、自転車こぎ運動、およびランニングによる最大運動テストを行った。次に、各運動時の60% $\dot{V}_{O_{2max}}$ で流水プールによる水泳を45分 (S), 自転車エルゴメータによる自転車こぎ運動を75分 (C), およびトレッドミルによるランニングを45分 (R) を連続に運動するシミュレーションテストを行った。シミュレーションテスト時の呼吸循環応答の指標は、各運動ステージの10分目の \dot{V}_{O_2} , \dot{V}_E , および HR の値を基準に最終分での値の変化率 (Δ) とした。

その結果、トライアスロンの競技成績 (合計時間) と各運動時の $\dot{V}_{O_{2max}}$ および $\dot{V}_{O_2} @VT$ との間には有意な相関関係が認められなかった。一方、合計時間と $\Delta C - HR$ ($r=0.753$), $\Delta R - \dot{V}_{O_2}$ ($r=0.670$), $\Delta R - \dot{V}_E$ ($r=0.834$), および $\Delta R - HR$ ($r=0.704$) との間には有意な相関関係が認められた。したがって、一流トライアスリートの競技成績には、 $\dot{V}_{O_{2max}}$ および VT といった因子よりも、シミュレーションテスト時後半における \dot{V}_{O_2} , \dot{V}_E , および HR の増加程度の小さいことの方が

大きく影響を及ぼすことが明らかになった。

緒 言

トライアスロンは、西暦2,000年のシドニーオリンピックでは正式種目となり、今後ますます競技力の向上に関心もたれることが予想される。したがって、一流選手の育成のためにも彼らの競技成績を決定する因子を明らかにすることは重要と考えられる。

一流選手から愛好者までを含むトライアスリートを対象にした研究では、 $\dot{V}_{O_{2max}}$, anaerobic threshold (以下, AT) あるいはトライアスロンを実験室内でシミュレーションした際のエコノミーが競技成績へ大きく貢献することが明らかにされている¹⁴⁻¹⁶。一方、トライアスロンと同じ持久的有酸素運動であるマラソンなどの長距離種目でも、 $\dot{V}_{O_{2max}}$ あるいは AT が競技成績を決定する主な規定因子といわれている^{1, 2, 10, 19, 21}。しかし、競技成績の優れたエリートランナーでは競技成績への $\dot{V}_{O_{2max}}$ の貢献よりも、むしろ長時間運動に対する運動の効率 (エコノミー) が重要な因子になることが明らかにされている^{4, 20, 21, 23}。したがって、一流トライアスリートにおいては、 $\dot{V}_{O_{2max}}$ あるいは AT よりも長時間運動時のエコノミーなどの因子が重要になることが推察されるが、この点に関しては十分に明らかにされていない。

そこで本研究では、実験室内でトライアスロン

をシミュレーションした際の呼吸循環応答から、一流トライアスリートの競技成績を決定する因子を明らかにしようとした。

1. 研究方法

1.1 被検者

被検者はプロトライアスリートを含む一流男性トライアスリート9名である。彼らには口頭および文書にて実験の主旨および内容を説明したうえで、彼らの自発的意思での承諾を得た後に測定を始めた。彼らの身体的特性、経験年数、競技成績については表1に示したとおりである。なお、競技成績は水泳1.5 km、自転車40.0 km、ランニング10.0 km から構成されるオリンピックディスタンスのレース結果である。

表1 Physical characteristics and performance times of the subjects

Variable		mean ± SD
Age	(yrs)	26.9 ± 6.1
Weight	(kg)	64.5 ± 5.7
Height	(cm)	172.3 ± 5.5
Experience	(yrs)	4.7 ± 2.4
Total Time	(min)	131.6 ± 7.8
Swim Time	(min)	26.0 ± 3.5
Cycle Time	(min)	67.8 ± 4.1
Run Time	(min)	37.8 ± 2.4

1.2 最大運動テスト

シミュレーションテスト時の強度を設定するために水泳、自転車こぎ運動、およびランニングによる最大運動テストを最低2日以上の間隔を開けてそれぞれ1回、合計3回行った。水泳は流水プール(AQUAGYM: 石川島播磨重工業社製)を用いて、 $0.75 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-1}$ から始め、1分ごとに $0.05 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-1}$ ずつ流速を増して疲労困憊に至らせた。自転車こぎ運動は自転車エルゴメータ(Monark社製)を用いて、 1.0 kp から始め、1分ごとに 0.25 kp ずつ負荷を増して疲労困憊に至らせた。なお、

ペダルの回転速度は 72 rpm とした。ランニングはトレッドミル(西川鉄工所製)を用いて、傾斜0%で $140 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ から始め、1分ごとに $10 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ ずつ速度を増し、 $240 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ 以降は速度を一定にし、1分ごとに傾斜を2%ずつ増して疲労困憊に至らせた。

1.3 シミュレーションテスト

流水プール、自転車エルゴメータおよびトレッドミルを用いて、水泳、自転車こぎ運動、およびランニングを連続して行った。各運動の強度は、それぞれの運動様式での最大運動テスト時の \dot{V}_{O_2} -仕事率の関係式から $60\% \dot{V}_{O_{2\max}}$ に相当する運動強度を求め、この運動強度で水泳ステージ(S)は30分間、時間ステージ(C)は75分間、およびランニングステージ(R)は45分間の運動を実施した。

1.4 測定項目

換気量(\dot{V}_E)および酸素摂取量(\dot{V}_{O_2})の測定は、30秒ごとに熱線式流量計(RM-300: ミナト医科学社製)およびジルコニア素子方式によるガス分析器(MG-360: ミナト医科学社製)を用いて行った。なお、ガス分析器の較正は各ステージの終了後に行った。心拍数は、胸部双極誘導による心電図をデータレコーダ(DS-502: フクダ電子社製)に記録し、そのR棘を数えることによって求めた。ventilatory threshold(以下、VT)については、Wassermanら²⁰⁾の判定法に従って求め、VT出現時の \dot{V}_{O_2} を $\dot{V}_{O_2} @ VT$ と表した。また、シミュレーションテスト時における各ステージの10分目の値を基準に最終分での変化率を、 $\Delta \dot{V}_{O_2}$ 、 $\Delta \dot{V}_E$ 、および ΔHR と表わした。

1.5 統計処理

運動様式の違いによる $\dot{V}_{O_{2\max}}$ および $\dot{V}_{O_2} @ VT$ の比較を、二元配置分散分析により分析し、競技成績と各測定項目との相関関係についてはピアソンの相関関係を用いて、どちらも危険率5%未満を有意水準として採用した。

2. 研究結果

2.1 最大運動時の呼吸循環応答

水泳, 自転車こぎ運動, およびランニング時の $\dot{V}_{O_{2max}}$ および $\dot{V}_{O_2 @VT}$ の結果は表 2 に示すとおりである. この結果から, 水泳時の $\dot{V}_{O_{2max}}$, $\dot{V}_{O_2 @VT}$ は, ランニング時の値よりも有意に小さいことが認められた.

2.2 シミュレーションテスト時の呼吸循環応答の変化

シミュレーションテスト時の \dot{V}_{O_2} , \dot{V}_E および HR の変化については図 1 に示したとおりである. また, シミュレーションテスト時における各ステージの10分目の値に対する最終分での $\Delta\dot{V}_{O_2}$,

表 2 $\dot{V}_{O_{2max}}$ and $\dot{V}_{O_2 @VT}$ during swimming cycling and running

Variable		mean±SD
Swim- $\dot{V}_{O_{2max}}$	($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	60.8±7.2*
Cycle- $\dot{V}_{O_{2max}}$	($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	66.8±7.6
Run- $\dot{V}_{O_{2max}}$	($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	68.8±5.7
Swim- $\dot{V}_{O_2 @VT}$	($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	45.8±6.6*
Cycle- $\dot{V}_{O_2 @VT}$	($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	47.9±4.3
Run- $\dot{V}_{O_2 @VT}$	($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	49.8±5.5

* (P<0.05); significant difference from run-value

表 3 Change ratio of \dot{V}_{O_2} , \dot{V}_E and HR between 10 th and last min during each stage

Variable		mean±SD
$\Delta S - \dot{V}_{O_2}$	(%)	6.3±2.0
$\Delta C - \dot{V}_{O_2}$	(%)	5.8±2.0
$\Delta R - \dot{V}_{O_2}$	(%)	5.7±1.3
$\Delta S - \dot{V}_E$	(%)	9.6±4.9
$\Delta C - \dot{V}_E$	(%)	8.1±2.7
$\Delta R - \dot{V}_E$	(%)	6.7±2.3
$\Delta S - HR$	(%)	5.0±2.7
$\Delta C - HR$	(%)	5.5±1.6
$\Delta R - HR$	(%)	7.3±1.2

S ; swimming stage
C ; cycling stage
R ; running stage

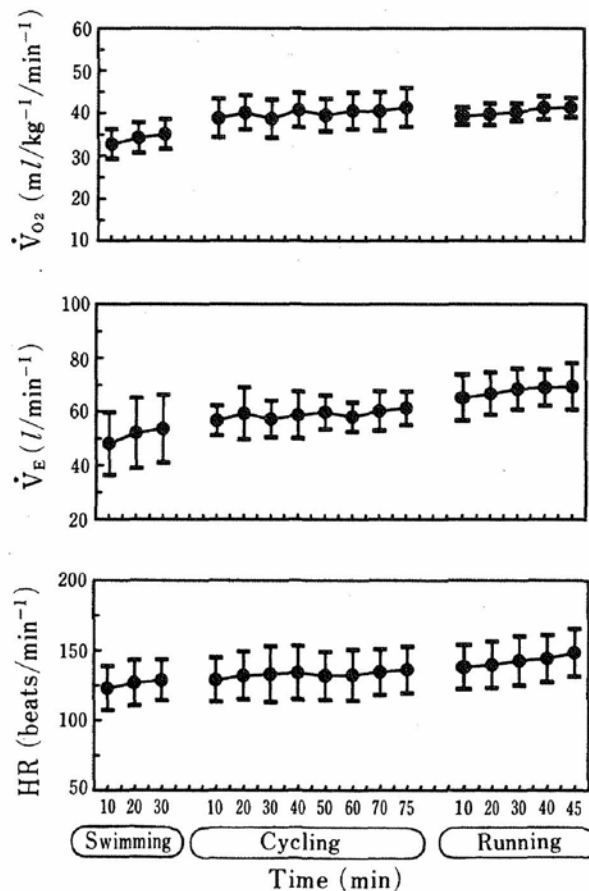


図 1 Responses of oxygen uptake, minute ventilation and heart rate during a simulated triathlon.

Values are mean±SD

$\Delta\dot{V}_E$, および ΔHR については表 3 に示すとおりである.

2.3 競技成績と各測定項目との関係

競技成績 (T-Time) と各運動時の $\dot{V}_{O_{2max}}$, $\dot{V}_{O_2 @VT}$, シミュレーションテスト時の $\Delta\dot{V}_{O_2}$, $\Delta\dot{V}_E$, および ΔHR との関係は表 4 に示すとおりである. この結果から, T-Time と各運動時の $\dot{V}_{O_{2max}}$, $\dot{V}_{O_2 @VT}$ との間には有意な相関関係が認められなかった. 一方, T-Time とシミュレーションテスト時の $\Delta C - HR$, $\Delta R - \dot{V}_{O_2}$, $\Delta R - \dot{V}_E$, および $\Delta R - HR$ との間には有意な相関関係が認められた. また, C-Time と自転車こぎ運動時の $\dot{V}_{O_2 @VT}$, C-Time と $\Delta C - HR$, R-Time と $\Delta R - \dot{V}_{O_2}$ との間にも有意な相関関係が認められた.

表4 Correlation matrix for selected variables

	S-Time	C-Time	R-Time	T-Time
Swim- $\dot{V}_{O_{2max}}$	-0.242			-0.402
Cycle- $\dot{V}_{O_{2max}}$		-0.586		-0.480
Run- $\dot{V}_{O_{2max}}$			-0.352	-0.474
Swim- $\dot{V}_{O_2}@VT$	-0.585			-0.544
Cycle- $\dot{V}_{O_2}@VT$		-0.726**		-0.592
Run- $\dot{V}_{O_2}@VT$			-0.531	-0.595
$\Delta S-\dot{V}_{O_2}$	0.115			0.084
$\Delta C-\dot{V}_{O_2}$		0.108		0.427
$\Delta R-\dot{V}_{O_2}$			0.783*	0.670*
$\Delta S-\dot{V}_E$	0.549			0.285
$\Delta C-\dot{V}_E$		0.257		0.564
$\Delta R-\dot{V}_E$			0.646	0.834**
$\Delta S-HR$	-0.425			0.088
$\Delta C-HR$		0.707*		0.753*
$\Delta R-HR$			0.652	0.704*

S; swimming stage C; cycling stage R; running stage
 *, **; P<0.05, P<0.01

3. 考 察

競技成績には $\dot{V}_{O_{2max}}$, $\dot{V}_{O_2}@VT$ の大きさ, 筋力・持久力, 心理的要因, レース時の気温などの環境条件といった様々な要因が影響する^{3, 4, 5, 7, 9, 11)}. 本研究ではとくに呼吸循環系能力の点から, 一流トライアスリートの競技成績に貢献する因子を明らかにしようとした. 従来の研究では, 自転車こぎ運動およびランニング時の $\dot{V}_{O_{2max}}$ および $\dot{V}_{O_2}@VT$ の大きさが競技成績へ大きく関与することが明らかにされている^{12, 14, 15, 16)}. 本研究の一流トライアスリートでは, 水泳, 自転車こぎ運動, およびランニング時の $\dot{V}_{O_{2max}}$ は, それぞれ60.8, 66.8, 68.8 ml・kg⁻¹・min⁻¹, $\dot{V}_{O_2}@VT$ はそれぞれ45.8, 47.9, 49.8 ml・kg⁻¹・min⁻¹であり, 一般のトライアスリート¹⁴⁾よりも大きい傾向がみられるが, $\dot{V}_{O_{2max}}$ および $\dot{V}_{O_2}@VT$ の競技成績への貢献は小さいことが明らかになった. この点に関して, Kohrtら¹²⁾は, トライアスロンの競技成績には $\dot{V}_{O_{2max}}$ よりも運動の効率, 技術的要因の方が影響することを示唆している. したがって, 一流トラ

イアスリートの条件として, $\dot{V}_{O_{2max}}$ あるいは $\dot{V}_{O_2}@VT$ の大きいことは重要であるが必要十分条件ではないと考えられる.

一流マラソン選手の成績については, $\dot{V}_{O_{2max}}$ よりも最大下運動レベルのランニング効率(running economy)が一層重要になるといわれている^{4, 20, 23)}. この“running economy”とは, 同一強度に対して \dot{V}_{O_2} が小さければ, それだけ効率がよいことを意味している¹⁷⁾. 従来の研究では, ランナーのランニング時, あるいはスイマーの水泳時のエコノミーと performanceとの関係が明らかにされている^{6, 17)}. そのために, トライアスリートについても, その重要性が指摘されているが十分に研究されていない^{13, 18, 20)}. その中で Laurensonら¹³⁾は, 女子のエリートトライアスリートでは同一強度に対するランニング時の \dot{V}_{O_2} が小さく, 効率のよいことを報告している. しかし, この研究ではランニングのみを行わせており, 複合種目であるトライアスロンの特徴を十分に考慮していないと考えられる. トライアスロンでは前の運動の影響(residual effect)により, 運動後半に \dot{V}_{O_2}

が増加することが明らかにされている¹⁵⁾。実際のレースでは、自転車ステージは水泳の直後に、また、ランニングステージでは水泳、自転車こぎ運動の後に行っている。したがって、トライアスロンの場合、レースの様式に応じたシミュレーションによって、そのエコノミーと performance との関係を検討する必要がある。

本研究ではこの点を考慮し、シミュレーションテストを行った結果、一流トライアスリートではランニングステージの \dot{V}_{O_2} の増加量が小さいこと、つまり、ランニングステージでのエコノミーの良いことが成績に大きく貢献することが明らかになった。様々な競技レベルのトライアスリートを対象にした場合、自転車およびランニングステージでのエコノミーが競技成績の規定因子と報告されているため¹⁶⁾ に、本研究の結果は一流トライアスリートの特徴の一つと考えられる。

次に、本研究の結果からランニングステージでのエコノミーと同様に重要な点は、ランニングステージでの \dot{V}_E の増加率、自転車およびランニングステージでの HR の増加率、つまり、 \dot{V}_E drift および cardiovascular drift の程度の小さいことも競技成績へ大きく貢献することである。トライアスロンに限らず、 \dot{V}_E drift および cardiovascular drift の程度が競技成績へのどのくらい貢献するかということは十分に研究されていない。その中で長距離ランナーではランニング時の \dot{V}_E drift および cardiovascular drift の程度が全身持久性能力の指標となる $\dot{V}_{O_{2max}}$ との間に有意な相関関係があると報告されている⁸⁾。

\dot{V}_E drift の原因の一つとしては、呼吸筋の疲労があげられる。トライアスロンを構成する水泳、自転車こぎ運動およびランニングではそれぞれの運動時の呼吸パターンが異なり、また、運動時間も数時間にも及ぶことから、単一運動に比べて呼吸筋への負担が増加することが推測される。したがって、トライアスロンの場合、この筋の疲労度

デサントスポーツ科学 Vol. 17

および呼吸効率の低下は performance の規定因子の一つになると考えられる。また、cardiovascular drift は thermal stress による体温の上昇、一回拍出量の低下などによって生じる現象のため、thermal stress への耐性に優れることも performance の向上につながると考えられる。

4. まとめ

一流トライアスリートの競技成績を決定する因子を明らかにするために、9名の一流男性トライアスリートの競技成績 (T-Time) と $\dot{V}_{O_{2max}}$ 、 $\dot{V}_{O_{2max}} @VT$ およびシミュレーション時の呼吸循環応答との関係を検討した。その結果、以下の点が明らかになった。

- 1) T-Time と各運動時の $\dot{V}_{O_{2max}}$ および $\dot{V}_{O_{2max}} @VT$ との間には有意な相関関係が認められなかった。
- 2) T-Time とシミュレーションテスト時の $\Delta R - \dot{V}_{O_2}$ 、 $\Delta R - \dot{V}_E$ 、 $\Delta C - HR$ 、および $\Delta R - HR$ との相関係数はそれぞれ $r=0.670$ ($P<0.05$)、 $r=0.834$ ($P<0.01$)、 $r=0.753$ ($P<0.05$)、 $r=0.704$ ($P<0.05$) であった。

これらのことから一流トライアスリートの競技成績を決定するうえでは、 $\dot{V}_{O_{2max}}$ あるいは $\dot{V}_{O_{2max}} @VT$ といった因子よりも、むしろシミュレーションテスト時の運動後半における \dot{V}_{O_2} 、 \dot{V}_E および HR の増加の程度の小さいことの方が重要になることが明らかになった。

謝 辞

稿を終えるに当たり、研究助成をいただきました財団法人 石本記念デサントスポーツ科学振興財団に深く感謝いたします。

文 献

- 1) Åstrand, P-O., Engstrom, L., Eriksson, B. O., Karlberg, P., Nylander, I., Saltin, B., Thoren, C.; Girl swimmers with special

- reference to respiratory and circulatory adaptation and gynaecological and psychiatric aspects, *Acta. Paedutrica. (suppl.)*, **147** (1963)
- 2) Burke, E.R. ; Physiological characteristics of competitive cyclists, *Physician Sportsmed.*, **8**, 79-84 (1980)
 - 3) Costill, D.L., Fox, E.L. ; Energetics of marathon running, *Med. Sci. Sports Exerc.*, **28**, 81-86 (1969)
 - 4) Costill, D.L., Thomason, H., Roberts, E. ; Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running, *Med. Sci. Sports Exerc.*, **5**, 248-252 (1973)
 - 5) Costill, D.L., Fink, W. J., Pollock, M. L. ; Muscle fiber composition and enzyme characteristics of elite distance runners, *Med. Sci. Sports Exerc.*, **8**, 96-100 (1976)
 - 6) Costill, D.L., Kovaleski, J., Porter, D., Kirwan, J., Fielding, R., King, D. ; Energy expenditure during front crawl swimming : predicting success in middle-distance events, *Int. J. Sports Med.*, **6**, 266-270 (1985)
 - 7) Cox, M.L., Bennett III, J.B., Dudley, G.A. ; Exercise training-induced alterations of cardiac morphology, *J. Appl. Physiol.*, **61**, 926-931 (1986)
 - 8) 平木場浩二, 浅野勝巳 ; 持久性走者の長時間運動時における呼吸循環応答特性, *体力科学*, **32**, 293-301 (1983)
 - 9) Holloszy, J.O., Coyle, E.F. ; Adaptations of skeletal muscle to endurance training and their metabolic consequences, *J. Appl. Physiol.*, **56**, 831-838 (1984)
 - 10) Holmér, I., Lundin, A., Eriksson, B.O. ; Maximum oxygen uptake during swimming and running by elite swimmers, *J. Appl. Physiol.*, **36**, 711-714 (1974)
 - 11) Ivy, J.L., Withers, R.T., VanHandel, P.J., Elger, D.H., Costill, D.L. ; Muscle respiratory capacity and fiber type as determinants of the lactate threshold, *J. Appl. Physiol.*, **48**, 523-527 (1980)
 - 12) Kohrt, W.M., Morgan, D.W., Bates, B., Skinner, J.S.S. ; Physiological responses of triathletes to running, cycling and swimming, *Med. Sci. Sports Exerc.*, **19**, 51-55 (1987)
 - 13) Laurenson, N.M., Fulcher, N.Y., Korkia, P. ; Physiological characteristics of elite and club level female triathletes during running, *Int. J. Sports Med.*, **14**, 455-459 (1993)
 - 14) 三浦 哉, 北川 薫, 石河利寛, 松井伸夫 ; トライアスリートの最大酸素摂取量および Ventilatory Threshold の特性, *日本運動生理学雑誌*, **1**, 99-106 (1994)
 - 15) 三浦 哉, 北川 薫, 石河利寛 ; トライアスロン競技をシミュレーションした際の運動後半にみられる呼吸循環応答の特性, *体力科学*, **43**, 381-388 (1994)
 - 16) Miura, H., Kitagawa, K., Ishiko, T. ; Economy during a simulated triathlon is highly related to triathlon performance. (submitted for publication)
 - 17) Morgan, D.W., Craib, M. ; Physiological aspects of running economy, *Med. Sci. Sports Exerc.*, **24**, 456-461 (1992)
 - 18) O'Toole, M.L., Douglas, P.S., Hiller, W.D.B. ; Applied physiology of a triathlon, *Sports Med.*, **8**, 201-225 (1989)
 - 19) Peronnet, F., Thibault, G., Rhodes, E.C., Mckenzie, D.C. ; Correlation between ventilatory threshold and endurance capacity in marathon runners, *Med. Sci. Sports Exerc.*, **19**, 610-615 (1987)
 - 20) Pollock, M.L. ; Submaximal and maximal working capacity of elite distance runners, Part I cardiorespiratory aspects, *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **301**, 310-322 (1977)
 - 21) Powers, S.K., Dodd, S., Deason, R., Byrd, R., Snead, D. ; Ventilatory threshold, running economy and distance running performance of trained athletes, *Res. Q. Exerc. Sport.*, **54**, 179-182 (1983)
 - 22) Roalstad, M.S. ; Physiologic testing of the ultraendurance triathletes, *Med. Sci. Sports Exerc.*, **21**, s200-s204 (1989)
 - 23) Sjodin, B., Svedenhag, J. ; Applied physiology of marathon running, *Sports Med.*, **2**, 83-99 (1985)
 - 24) Wasserman, K., Whipp, B.J., Koyal, S.N., Beaver, W.L. ; Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise, *J. Appl. Physiol.*, **35**, 236-243 (1973)