

国内における優秀なウィンドサーフィン選手の形態および体力特性：
オリンピック艇種の変更に着目して

鹿屋体育大学大学院
藤原 昌

名 桜 大 学
平野 貴也

鹿屋体育大学大学院
萩原 正大

鹿屋体育大学
中村 夏実

東京海洋大学
千足 耕一

日本ウィンドサーフィン連盟
宮野 幹弘

鹿屋体育大学
山本 正嘉

九州体育・スポーツ学研究 第26巻第1号 別刷

(平成23年12月)

国内における優秀なウィンドサーフィン選手の形態および 体力特性：オリンピック艇種の変更に着目して

藤 原 昌 (鹿屋体育大学大学院)
 平 野 貴 也 (名桜大学)
 萩 原 正 大 (鹿屋体育大学大学院)
 中 村 夏 実 (鹿屋体育大学)
 千 足 耕 一 (東京海洋大学)
 宮 野 幹 弘 (日本ウィンドサーフィン連盟)
 山 本 正 嘉 (鹿屋体育大学)

Comparison of physical characteristics between current (RS:X) and former (Mistral One Design) Olympic class windsurfers in Japan

Akira Fujiwara¹⁾, Takaya Hirano²⁾, Masahiro Hagiwara¹⁾, Natsumi Nakamura³⁾,
 Koichi Chiashi⁴⁾, Mikihiro Miyano⁵⁾ and Masayoshi Yamamoto³⁾

Abstract

The aim of this study was to assess the body size and physical fitness between Japanese windsurfers in current (RS:X) and former (Mistral) Olympic class, by comparing their body type, muscle strength and aerobic fitness. As results, the maximum oxygen uptake ($\dot{V}O_{2max}$) per body weight was significantly lower in the athletes of RS:X class than those of the Mistral class. This difference identified in this study might be resulted from the difference in time spent for pumping in each class (RS:X and Mistral) due to the difference in its board shape and sail size. There was, however, no significant difference in the other physical fitness parameters between RS:X and Mistral. It might be explained that physical adaptation to the different motion demands of RS:X and Mistral might be currently insufficient.

Key word: windsurfing, physical characteristics

I. 緒 言

ウィンドサーフィンは、ボードとセイルを操作して風による推進力を用いる競技である。この競技は、1984年の第23回ロサンゼルス大会よりセーリング競技の1種目

としてオリンピック種目に登録され、1996年の第26回アトランタ大会から2004年の第28回アテネ大会までは、Mistral One Design 艇（以下、ミストラル級）が採用されていた。しかし、2008年の第29回北京大会より、これまで採用されていた艇から Neil Pryde 社製の RS:X 艇

1) Graduate School of Education National Institute of Fitness and Sports in Kanoya, 1 Shiromizu, Kanoya, Kagoshima 891-2393
 2) Meio University, 1220-1 Biimata, Nago, Okinawa 905-0017
 3) National Institute of Fitness and Sports in Kanoya, 1 Shiromizu, Kanoya, Kagoshima 891-2393
 4) Tokyo University of Marine Science and Technology, 7-5-4 Minami, Minato, Tokyo 108-8477
 5) Federation of Windsurfing Japan, 3-310 Nagasaki, Hanamigawaku, Chiba, Chiba 262-0044

(以下、RS:X級)に変更された。ミストラル級とRS:X級の大きな変更点としては、セイル面積は男子の場合ではミストラル級から22%拡大(男女7.4m² vs. 女子8.5m²、男子9.5m²)、ボードの長さの30%縮小(長さ:3.70m vs. 2.86m)、および幅の32%拡大(幅:63cm vs. 93cm)が挙げられる。このような艇種変更によって、ボードやセイルの操作技術や、操作に必要なとされる体力的要素が、いずれも変化することが予想される。

ウィンドサーフィンの場合、どのような風域においてもセイルを扇ぎ、ボードに推進力を与えるパンピング動作が許可されている。これは他のセーリング種目に比べ特異な点といえる。パンピング動作の運動強度はかなり高い。例えば、Guevel et al. (1999) は、レース中の運動強度を心拍数によって評価しているが、パンピング動作が許可されたルール下では、風上への帆走において最高心拍数(HR_{max})の82.4±5.6%、また風下への帆走では88.0±3.1%であったと報告している。また Castagna et al. (2007, 2008) は、セイル面積の拡大によってレース中の運動強度が最大酸素摂取量($\dot{V}O_{2max}$)の80%以上に高まるとともに、それに応じたパンピング技術も必要とされると報告している。Chamari et al. (2003) も、軽風域及び中風域におけるウィンドサーフィン選手のパフォーマンスには、高い心拍数を維持できる能力が重要であると報告している。

このようにウィンドサーフンは、パフォーマンスの発揮にとって高い体力レベルが必要である。従って、ミストラル級やRS:X級の競技選手の身体組成および体力を測定することは、競技特性の把握や、その特性を考慮したトレーニングプログラムの構築にとって重要である。国内選手を対象とした先行研究として、千足ほか(2007)は、ミストラル級の一流競技者の体力特性について報告している。また國分ほか(2003)や中村ほか(2004)は、ミストラル級のナショナルチーム選手に対して、その競技特性をもとに考案した補強トレーニングの効果について報告している。このように国内におけるミストラル級のトップレベルの選手に関する研究は見られるが、RS:X級に関する研究はわずかしが行われていない(Castagna et al., 2007, 2008)。

そこで本研究では、現在の日本におけるRS:X級の優秀な選手を対象として、形態、身体組成、筋力を含めた基礎体力および有酸素性作業能力についての測定を行った。そして、千足ほか(2007)が以前に報告した一流ミストラル級選手のデータと比較することによって、その形態的特性および体力特性を明らかにすることを目的とした。

II. 方法

1. 対象

対象者は、2006-2008年度における日本人の優秀なウィンドサーフィンRS:X級競技者5名であった。選手の競技レベルは、日本セーリング連盟が指定した男子強化指定選手3名を含む国内におけるトップレベルの選手であった。対象者にはあらかじめ、本研究の目的、方法およびそれに伴う危険性を説明し、本研究に参加する同意を得た。なお本研究は、鹿屋体育大学の倫理審査小委員会の承諾を得て実施した。

また比較の対照として、千足ほか(2007)が以前報告した2002-2005年度におけるミストラル級男子強化指定選手6名を用いた。なお両群に共通して属していた選手は1名であった。この選手は北京オリンピック出場者であり、全被検者の中で最も高い競技レベルであった。

2. 測定項目と測定方法

1) 形態と身体組成

身長は、全自動身長体重計(Combi社製)を用いて計測した。また、空気置換式の体脂肪測定装置(Bod Pod MAB-1000、Measurement Instrument社製)を用いて、体重、体脂肪率、除脂肪体重を測定した。さらに被検者の身長および体重から体格指数(Body Mass Index: BMI)を算出した。

2) 筋力、筋持久力、肺活量

握力および背筋力を、それぞれ握力計と背筋力計(いずれも竹井機器工業社製)を用いて測定した。いずれも3回の測定後、その最高値をデータとして採用した。脚伸展パワーは、脚伸展パワー測定器(アネロプレス3500、Combi社製)を用いて計5回測定し、このうちの最高値を採用した。腹筋持久力は、30秒間上体起こし運動を2回行い、高い方の値を採用した。肺活量については、肺活量計(秦運動具工業社製)を用いて3回の測定を行い、そのうちの最高値を用いた。なお腹筋持久力については、文部科学省の新体力テストに基づいて測定を行なった。

3) 有酸素性作業能力

ローイングエルゴメーター(Concept II、Concept社製)を用いて多段階運動負荷試験を行い、最大換気量($\dot{V}E_{max}$)、 $\dot{V}O_{2max}$ 、HR_{max}を測定した。運動にローイングエルゴメーターを用いた理由は、ウィンドサーフィンにおいて最も有酸素性作業能力を要求される局面であるパンピング動作がローイング動作に類似しており、先行研究(國分ほか、2003;千足ほか、2007)でも用いられているためである。

運動負荷は先行研究と同様、100Wから順に50Wずつ

漸増させていき、250W を過ぎてからは25W ずつ漸増させた。各負荷における運動時間は2分間とし、その後1分間の休息の後、次の負荷に移行した。これを選手が疲労困憊に至るまで継続して行なった。

酸素摂取量の測定は、ダグラスバッグ法により、2分間の運動における後半1分間の採気を用いて、以下のように行なった。呼気ガスの組成は自動ガス分析器(Vmax29c, Sensor Medics 社製)により、また体積は乾式ガスメーター(DC-5C、品川社製)により計量し、酸素摂取量を算出した。心拍数は、携帯型心拍計(RS400、Polar 社製)を用いて運動中5秒間ごと連続的に測定し、疲労困憊に至るまでの値を1分間ごとに算出した。そして、疲労困憊時あるいはその直前に得られた酸素摂取量および心拍数の最高値を $\dot{V}O_{2max}$ 、 HR_{max} とした。

3. 統計処理

ミストラル級選手とRS:X級選手の各測定値を2群間で比較する際には、Wilcoxon 検定を用いた。これらの統計処理には統計解析ソフト SPSS version 12.0J を用い、統計的判定の有意水準は5%未満とした。

III. 結 果

表1は、本研究で対象としたRS:X級選手とミストラル級選手について、形態および体力の比較を示したものである。被検者の身長、体重、体脂肪率、除脂肪体重、BMIについては、いずれも両群間で有意差はみられなかった。筋力、筋持久力に関しても、全ての項目で両群

間に有意差はみられなかった。 $\dot{V}O_{2max}$ については、体重当たりの相対値のみ、RS:X級選手の方がミストラル級選手と比べて有意に低い値を示した($p<0.05$)。その他の有酸素性作業能力に関する項目については、両群間に有意差はみられなかった。

IV. 考 察

1. 身体特性について

本研究の結果、被検者の身長、体重、体脂肪率、BMIは、いずれも両群間で有意差はみられなかった(表1)。他のセーリング競技の先行研究をみると、ヨットにおいてはレーザー級(セイル面積:7.06 m^2)よりも、フィン級(セイル面積:10 m^2)やスター級(メインセイル面積:24.1 m^2)といった規格が大きな艇種の方が、体格が大きいと報告されている(Mackie et al.,1999; Bojsen-Moller et al., 2007)。同じ理由で、ウィンドサーフィンにおいてもRS:X級の方がミストラル級よりもセイル面積が拡大し、帆走中にセイルが受ける風量が増したことで体格が高値を示すことが推測されたが、本研究ではそのような傾向はみられなかった。

しかし、両方の群に属していた被検者の中で最も競技力が高い1名(北京オリンピック出場者)について縦断的に観察すると、ミストラル級の時は65.7kg、RS:X級の時は71.1kgとなっており、RS:X級への転向によって5.7kgの体重の増加がみられた(表2)。本被検者によると、セイルエリアの拡大に伴って、艇やセイルをコントロールする際に体重が重い方が効果的であることから、

表1. RS:X級選手とミストラル級の形態および体力の比較

	RS:X級(n=5) (本研究)	ミストラル級(n=6) (千足ほか, 2007)	
身長(cm)	176.0±6.1	175.7±4.8	n.s.
体重(kg)	67.2±4.1	68.8±3.7	n.s.
体脂肪率(%)	11.5±2.8	11.0±1.5	n.s.
除脂肪体重(kg)	58.8±3.6	61.7±3.1	n.s.
BMI(kg/m ²)	21.7±0.4	22.3±1.5	n.s.
腹筋持久力(回/30秒)	34.0±4.3	32.0±2.6	n.s.
背筋力(kg)	170.5±20.3	162.0±22.4	n.s.
同上体重当たり(kg/kg)	2.5±0.3	2.4±0.3	n.s.
脚伸展パワー(W)	1745.4±140.9	1959.2±336.3	n.s.
同上体重当たり(W/kg)	26.0±2.1	28.4±3.9	n.s.
握力(kg)	51.9±6.2	51.5±8.2	n.s.
同上体重当たり(kg/kg)	0.8±0.1	0.8±0.1	n.s.
最大酸素摂取量(l/min)	3.5±0.3	4.1±0.3	n.s.
同上体重当たり(ml/kg/min)	51.6±4.2	59.6±3.8	*
最高心拍数(拍/分)	188.2±4.0	185.7±7.2	n.s.
肺活量(ml)	5107±788	5180±380	n.s.

平均値±標準偏差

*:p<0.05

表2. 両群に属する被験者（北京オリンピック出場者）の縦断的比較：
ミストラル級時のデータは千足ほか（2007）の資料に基づく

	RS:X級(2008年)	ミストラル級(2006年)	変化率(%)
身長(cm)	182.0	181.1	0%
体重(kg)	71.1	65.7	8%
体脂肪率(%)	11.7	10.1	16%
除脂肪体重(kg)	62.8	59.6	5%
BMI(kg/m ²)	21.5	20.0	7%
腹筋持久力(回/30秒)	36	30	20%
背筋力(kg)	187	181	3%
同上体重当たり(kg/kg)	2.63	2.75	-5%
脚伸展パワー(W)	1967	1728	14%
同上体重当たり(W/kg)	27.7	26.6	4%
握力(kg)	60.2	64.4	-7%
同上体重当たり(kg/kg)	0.84	0.98	-14%
最大酸素摂取量(l/min)	3.85	4.08	-6%
同上体重当たり(ml/kg/min)	54.2	61.9	-12%
最高心拍数(拍/分)	191	196	-3%
肺活量(ml)	5900	5620	5%

$$\text{変化率} = \left(\frac{\text{RS:X級 (2008)}}{\text{ミストラル級 (2006)}} - 1 \right) \times 100$$

意識的に体重を増加させたとのことであった。従って、他の被検者においては、現在のところではRS:X級に必要な形態特性が十分に獲得されていない可能性も考えられる。

2. 体力特性について

1) 筋力、筋持久力

本研究の結果、RS:X級選手およびミストラル級の筋力、筋持久力に関する全ての項目で、両群間に有意差はみられなかった（表1）。

Dyson et al. (1996) は、ウィンドサーフィン種目におけるセーリング活動中の筋電活動を測定し、風上・風下への帆走のどちらにおいても上半身の筋群（僧帽筋、尺側手根屈筋、橈骨手根伸筋、上腕二頭筋）の活動が大きかったことを報告している。セイルのサイズは、ミストラル級の7.4m²から、RS:X級では9.5m²へと大幅に増大した。これに伴い、リグ部（水面に浮かべた状態においての上部分のことで、セイル、ブーム、マスト、マストエクステンション、ハーネスラインの総称）の重さや、帆走中にセイルが受ける風量が増すことになる。このため、選手が発揮しなくてはならない筋力的な負担が増大することが推測され、RS:X級の選手の方がミストラル級の選手よりも筋力が高値を示すと予想されたが、本研

究ではそのような傾向はみられなかった。

但し被検者ごとに見ると、北京オリンピック出場者については、腹筋持久力および脚伸展パワーが増大していた（表2）。以前の艇種におけるパンピング動作は、主に上半身の運動によるもので、下肢はほとんど動かさなかった。一方、新たなパンピング動作は激しい全身運動であり、下肢の屈曲伸展運動を伴う（Castagna et al., 2008）。従って、パンピング技術の変化により、以前よりも大きな筋力や筋持久力が必要となり、この選手においてはこのような運動特性に適応して、このような結果が得られた可能性もある。一方、他の被検者においては、現状ではRS:X級に必要な筋力および筋持久力の特性が、十分に獲得されていない可能性も考えられる。

2) 有酸素性作業能力について

本研究の結果、 $\dot{V}O_{2max}$ については、体重当たりの相対値のみ、RS:X級選手の方が有意に低い値を示した（ $p < 0.05$ 、表1）。

RS:X級という艇種が新たに開発された大きな理由として、プレーニング（滑走状態による走法）可能な風域を広げるといった目的がある。従って軽中風域においても、RS:X級ではミストラル級よりも低い風域からプレーニングが可能となり、ミストラル級に比べてレース中にバ

ンピング動作を行う時間が減少している可能性が考えられる。先行研究でも示されているように、パンピング動作はレース中に最も有酸素性作業能力を要求される動作である (De Vito et al., 1997; Guevel, 1999; Vogiatzis et al., 2002, 2005)。また、RS:X 級への艇種変更によって、ミストラル級選手よりもエネルギー需要量が大きくなり、有酸素性および無酸素性のエネルギー代謝の貢献がともに高く要求されることが、酸素摂取量や心拍数の測定結果から指摘されている (Castagna et al., 2007)。

しかしその一方で、RS:X 級ではプレーニング場面が増えたことで、全体としてみるとパンピングを行う時間が減った可能性がある。図 1 は、以上のことを概念図で示したものである。すなわち、艇種変更によりレース中におけるパンピング動作中の負担は大きくなったが、その反面でパンピングを行う時間は短縮され、総合的には有酸素性作業能力の必要度が小さくなった可能性が考えられる。

このことに関して、両方の測定に参加した、競技力の最も高い北京オリンピック出場者についてみると (表 2)、ミストラル級から RS:X 級に艇種が変更され、 $\dot{V}O_{2max}$ が低下していた。このことについてこの選手に尋ねてみると、艇種変更後に体重の増加および筋肥大を目的としたウェイトトレーニングを積極的に取り入れ、さらに北京オリンピック大会の 1 ヶ月半ほど前からはローイングエルゴメーターを用いたトレーニングを取り入れ、有酸素性作業能力の向上を図ったと述べていた。しかし、後者のトレーニングの強度や時間については選手の主観に頼っていたために、体重および脚伸展パワーは増加したものの、 $\dot{V}O_{2max}$ については低値となってしまった可能性も考

えられる。

以上のように、ミストラル級から RS:X 級への艇種変更による有酸素性作業能力については、海外一流選手を対象とした先行研究と国内の一流選手を対象とした本研究とでは一致しない結果であった。このため、この問題については今後さらに検討が必要である。

3. 諸外国選手との比較から見た日本人選手の課題

各先行研究をみると、RS:X 級における諸外国の国際レベル選手の身長および体重は、Castagna et al. (2007) では $180.3 \pm 4.8\text{cm}$ と $72.5 \pm 3.8\text{kg}$ ($n=10$)、Castagna et al. (2008) では $178 \pm 5\text{cm}$ と $75.4 \pm 3.7\text{kg}$ ($n=19$) であったと報告している。この報告の選手らと比べて、本研究で対象とした国内選手の体格は、同等もしくは小さい。また、体重あたりの $\dot{V}O_{2max}$ は、トレッドミルを用いた走運動によるプレスバイプレス方式による呼気ガス測定において、海外優秀選手の場合、Castagna et al. (2007) は $63.7 \pm 4.2\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ ($n=10$)、Castagna et al. (2008) では $65.1 \pm 5.9\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ ($n=19$) であったと報告している。

本研究と先行研究の運動様式および測定方法が異なるため単純に比較することはできないが、トレッドミル走と比べて、ローイング動作で測定された体重当たりの $\dot{V}O_{2max}$ は約 5% 高いこと (Strømme et al. 1977) を考慮すると、本研究の国内選手の体重当たりの $\dot{V}O_{2max}$ は先行研究と比べて低値を示している。Castagna et al. (2007, 2008) の研究の対象者と本研究の対象者とを比べると、競技レベルは平均的にみて前者の方が高い。従って、日本人選手の $\dot{V}O_{2max}$ のレベルは、RS:X 級における

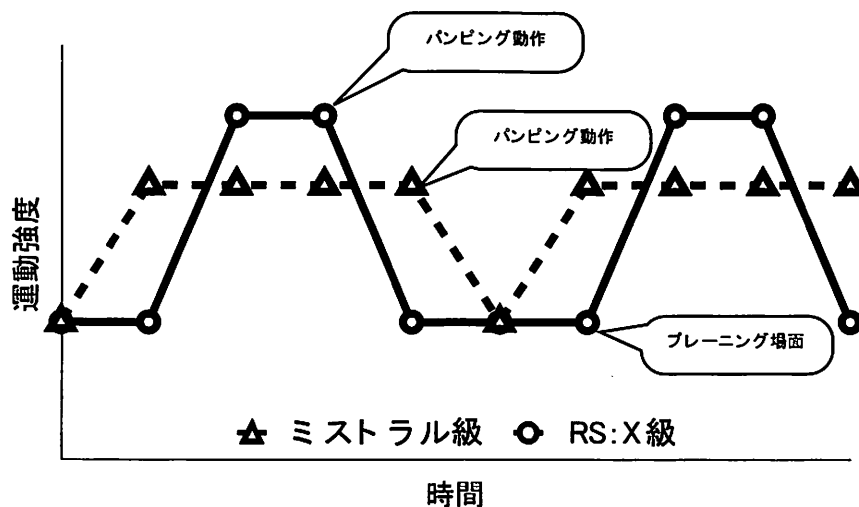


図 1. 各艇種におけるレース中の運動強度の概念図

国際大会で優れた成績を発揮することを考えた場合には不足している可能性がある。

上述したように、RS:X級ではミストラル級よりもエネルギー需要量が大きくなったこと (Castagna et al., 2007)、さらに艇種変更によりパンピング時間が短くなったことから、ミストラル級よりも運動強度が高いレベティション形式の運動になったことが考えられる (図1)。従って、日本人選手は、今後世界レベルの $\dot{V}O_{2max}$ を獲得できるようなトレーニングが必要と考えられる。このためには、國分ほか (2003) の報告のように、高強度領域での最大下作業能力の向上を目的とした Maximal Interval Training (楠本ほか, 2003) などの導入が有効かもしれない。また有酸素性作業能力だけでなく、形態面や無酸素性作業能力についても、国内選手においては海外優秀選手と比べて劣っている可能性も考えられた。これについては、より体格の大きな選手の発掘や、有酸素性および無酸素性の能力向上を目指したトレーニングを実施することも考える必要があるかもしれない。

V. ま と め

本研究では、日本における優秀なウインドサーフィン (RS:X級) 選手5名について、身体特性、体力特性、および有酸素性能力について測定し、千足ほか (2007) が以前報告した国内における一流ミストラル級選手6名と比較検討した。

ミストラル級からRS:X級に変わったことにより、選手の形態および体力特性が変化するという仮説を立てて検討したが、その結果をみると、体重当たりの $\dot{V}O_{2max}$ がRS:X級では有意な低値を示したほかには、両群間で有意差はみられなかった。体重当たりの $\dot{V}O_{2max}$ が低値を示した理由については、ミストラル級とRS:X級の運動特性の違いが関連している可能性が考えられた。また、その他の項目で変化がみられなかった理由として、ミストラル級とRS:X級の運動特性の違いに対応した身体的な適応が、現状では不十分である可能性も考えられた。従って、今後も継続的にトップレベル選手の体格および体力測定を実施し、これらの身体的特性とレース成績との関係について、さらに研究していく必要性が考えられた。

付 記

本研究は平成20年度の九州体育・スポーツ学会の研究補助費と平成20年度の鹿屋体育大学スポーツトレーニング教育研究センター共同研究「一流ウインドサーフィン競技者の体力測定および競技中のパフォーマンス評価」の研究費を受けて行われた。

参考文献

- Bojsen-Møller, J., B. Larsson, S.P. Magusson, P. Aagaard (2007) Yacht type and crew-specific differences in anthropometric, aerobic capacity, and muscle strength parameters among international Olympic class sailors. *J. Sports Sci.*, 25 : 1117-1128.
- Castagna, O., C. Vaz Pardal, J. Brisswalter (2007) The assessment of energy demand in the new Olympic windsurf board: Neilpryde RS:X®. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 100 : 247-252.
- Castagna, O., J. Brisswalter, J. R. Lacour, I. Vogiatzis (2008) Physiological demands of different sailing techniques of the new Olympic windsurfing class. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 104 : 1061-1067.
- Chamari, K., I. Moussa-Chamari, O. Galy, M. Chaouachi, D. Koubaa, C. B. Hassen, O. Hue (2003) Correlation between heart rate and performance during Olympic windsurfing competition. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 89 : 387-392.
- 千足耕一・長嶺彰房・中村夏実・山本正嘉 (2007) 一流ウインドサーフィン (ミストラル級) 競技者の体力特性. *スポーツトレーニング科学*, 8 : 18-23.
- De Vito, G., L. Di Filippo, A. Rodio, F. Felici, A. Madaffari (1997) Is the Olympic Boardsailor an Endurance Athlete?. *Int. J. Sports Med.*, 18 : 281-284.
- Dyson, R. J., M. Buchanan, T. A. Farrington, P. D. Hurrion (1996) Electromyographic activity during windsurfing on water. *J. Sports Sci.*, 14 : 125-130.
- Guével, A., O. Maïesetti, E. Prou, J. J. Dubois, J. F. Marini (1999) Heart rate and blood lactate responses during competitive Olympic boardsailing. *J. Sports Sci.*, 17 : 135-141.
- 國分俊輔・楠本恭介・三森絵理・千足耕一・山本正嘉 (2003) ウインドサーフィン (ミストラル級) の競技特性をもとに考案した陸上での補強トレーニングの効果; ナショナルチーム入りを果たした E. M. 選手の事例. *スポーツトレーニング科学*, 4 : 57-61.
- 楠本恭介・國分俊輔・前川剛輝・山本正嘉 (2003) ローイング・エルゴメーターを用いた “Maximal Interval Training” が漕艇競技選手の身体作業能力に及ぼす影響. *スポーツトレーニング科学*, 4 : 8-15.
- Legg, S. J., W. H. Mackie, A. S. David (1999) Changes in physical characteristics and performance of elite sailors following introduction of a sport science programme prior to the 1996 Olympic Games. *Appl. Hum. Sci.*, 18 :

- 211-217.
- Mackie, H., R.Sanders, S. Legg (1999) The physical demands of Olympic yacht racing. *J. Sci. Med. Sport*, 2 : 375-388.
- 中村夏実・太田暁美・千足耕一 (2004) 一流ボードセーリング選手のレース期における身体組成の維持・向上に関する事例報告. *体力科学*, 53 : 808.
- Strømme, S. B., F. Ingjer, H. D. Meen (1977) Assessment of maximal aerobic power in specifically trained athletes. *J. Appl. Physiol.*, 42 : 833-837.
- Vogiatzis, I., G. De Vito, A. Rodio, A. Madaffari, M. Marchetti (2002) The physiological demands of sail pumping in Olympic level windsurfers. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 86 : 450-454.
- Vogiatzis, I., G. De Vito, A. Rodio, M. Marhcetti (2005) Comparison of the physiological responses to upwind and downwind sail-pumping in windsurfers. *New Zeal. J. Sports Med.*, 33 : 66-69.

(平成22年10月18日受付)
(平成23年7月14日受理)