事例・症例報告

セーリング競技オリンピックチームの「東京 2020 大会」に向けた体力向上の取り組み

The intervention project to improve physical fitness for Tokyo 2020 Olympic Game of Japanese sailing team

萩原正大[1)], 中村真理子[2)], 齋藤隆行[2)], 中村健次[1)]
Masahiro Hagiwara[1)], Mariko Nakamura[2)], Takayuki Saito[2)], Kenji Nakamura[1)]

Abstract : The purpose of this case study was to demonstrate whether the intervention project implemented by the support team for the 2020 Tokyo Olympic Games led to an improvement in the physical fitness of the Japanese national sailing team. Support team was established in collaboration between the Japan Sailing Federation and the Japan Institute of Sport Sciences. The support team conducted the intervention project by creating fitness assessment indicators and targets, conducting fitness checks and workshops, and providing training instruction. As a result of physical fitness check, the increase in lean body mass and improvement in anaerobic and aerobic fitness performance were observed after the intervention project. On the other hand, the improvement in physiological indicators of maximal and supramaximal exercise level was not observed and individual issues of athletes were found. These results suggested that the intervention project and the results of the physical fitness check presented in this case study can be useful indicators for the future development and strengthening of sailing athletes in Japan.

Key words：physical fitness, lean body mass, anaerobic power, aerobic capacity, high performance
キーワード：体力測定，除脂肪体重，無酸素性パワー，有酸素性能力，ハイパフォーマンス

[1)]日本セーリング連盟，[2)]国立スポーツ科学センター
[1)] Japan Sailing Federation, [2)] Japan Institute of Sport Sciences
E-mail : masahiro.hagiwara@jpnsport.go.jp

受付日：2020 年 12 月 4 日
受理日：2021 年 4 月 9 日

Ⅰ．はじめに

セーリング競技は、艇とセール（帆）を主とした専用の用具を用いて、風がセールの表面に沿って流れることにより生じる揚力を主な動力として、水面を滑走するウォータースポーツである。国内では、セーリング競技470級種目において過去2大会のオリンピック（アトランタ1996大会、アテネ2004大会）でメダルを獲得したものの、その後3大会（北京2008大会、ロンドン2012大会、リオ2016大会）では獲得に至っていない。このような状況の中、公益財団法人日本セーリング連盟（以下「NF」）では、第32回オリンピック競技大会（以下「東京2020大会」）に向けた強化戦略として、「選手の体力向上」を重要な要因の1つと捉えて対策を講じるために、国立スポーツ科学センター（以下「JISS」）と協力して、選手の体力を向上するための介入プロジェクト（Fig 1）を立ち上げた。

介入プロジェクトの推進にあたり、競技現場を十分に理解したNFスタッフ（コーチ兼医・科学担当）と、JISSで様々な競技サポートの経験を有する科学スタッフおよびトレーニング指導スタッフによる医・科学サポートチーム（以下「サポートチーム」）を結成した。サポートチームでは、はじめにセーリング競技の特性やこれまでのNFの取り組みを考慮した上で、「体力評価指標と体力目標値の作成」に取り組み、「JISSフィットネスチェック（以下「FC」）と講習会の実施」、「トレーニング指導」による評価および啓蒙を推進した（Fig 1）。

本報告では、東京2020大会代表内定選手含むNFの強化指定選手に対して、リオ2016大会以降から東京2020大会に向けて実施してきた体力向上のための介入プロジェクトの内容と、その評価および検証の結果について報告する。

Ⅱ．セーリング競技の特性とNFでの過去の取り組み

セーリング競技のパフォーマンスは、時々刻々と変化する水上環境（風向・風速、波、水流、他

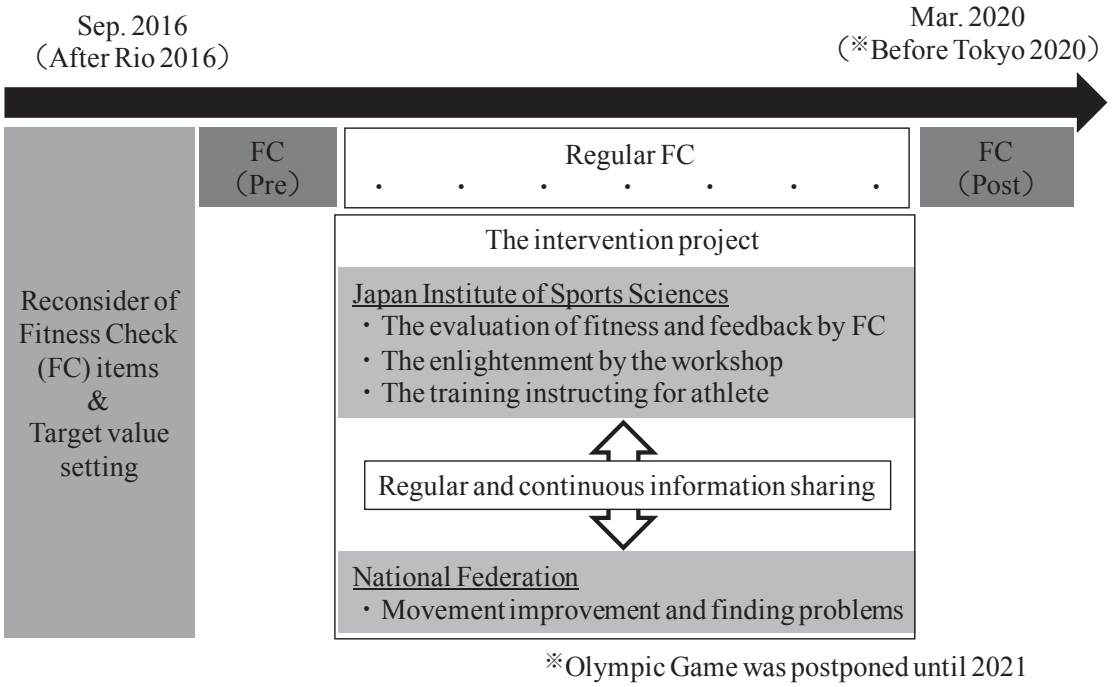

Fig 1. Overview of the intervention project for improving fitness

艇との位置関係）など様々な環境を見極めた上で考える戦略･戦術と、用具（艇、セール、マスト、ブームなど）操作のためのスキルおよび体力により決まるボートスピードが重要な要因として考えられている[6), 8)]。

セーリング競技では、各種目の艇種と使用する用具によって体格が異なる。国際セーリング連盟（World Sailing）[15)]は､各艇種の適正体重について、一定の幅（20-35kg 程度）を持たせた形で公表している。Fletcher[7)]は、強豪国であるイギリスにおけるエリート選手の体格（身長､体重､体脂肪率）を種目別に報告しており、セーリング競技選手の体重調整は種目ごとに異なるものの「正しい体重と体脂肪率を確認すること」､「体脂肪がパフォーマンスにネガティブに働く傾向があること」などの特徴があるとも述べている[7)]。つまり、セーリング競技では、各選手が適正だと考える体重に調整していく上で、単に体重の変化だけでなく、体脂肪率が考慮された除脂肪体重の変化に着目すべきであるといえる。

セーリング競技に必要とされる体力要素として､艇を走らせるためにセールを引き込む動作や、艇のバランスを保つために用具にぶら下がったり戻ったりする動作などの、手で物を引く動作（プル動作）などが挙げられ、ウェイトトレーニングにおけるプル動作の筋力向上[9)]、ローイングエルゴメーターによる体力評価[7), 13)]、トレーニングの有効性[8), 9), 10)]について報告されている。さらに、筋力・パワー[9), 10), 14)]、無酸素性パワー[2), 4), 7), 8), 14)]、有酸素性能力[1), 2), 3), 4), 7), 8), 13)]の重要性が指摘されており、海外強豪国（イギリス）においても選手の身体特性、無酸素性パワーおよび有酸素性能力を種目横断的に報告している[7)]。

体力評価に関するこれまでの NF の取り組みとしては、リオ 2016 大会前まで競技に特化したオリジナルの項目から文部科学省による「新体力テスト」[12)]といった一般的な項目まで、様々な体力評価指標を用いて選手の体力を評価しようと試みてきた。しかしながら、強化関係者により「競技動作に近づけるべき」､「日常のトレーニング環境で実施できる項目にすべき」､「他競技の選手と比較できる項目にすべき」､「海外トップレベルの選手の体力レベルと比較すべき」など、多様な問題点が議論され特定の体力評価指標が定着するまでには至らなかった。そのため、競技現場（選手やコーチ）としては、FC のデータをどのように活用すべきか不明瞭で、さらに体力を向上する上での明確な目標値も設けられていなかった。

Ⅲ．リオ 2016 大会後の体力向上のための介入プロジェクトについて

1．体力評価指標の作成（再考）と体力目標値の設定について

サポートチームは、セーリング競技の特性と国内における体力評価の課題を整理した上で「競技動作（プル動作）の特異性」､「日常のトレーニング環境で評価可能な項目」､「海外選手の体力を基準とした目標設定」を考慮し、海外強豪国（イギリス）の体力に関連する報告[7)]を軸とした体力評価指標と体力目標値を作成した（Table 1）。体力評価指標には､体脂肪率から算出する除脂肪体重、ローイングエルゴメーターによる 30 秒間全力漕（30sec Rowing Test、以下「30RT」）時のピークパワー（無酸素性パワー）と 2,000 m漕タイムトライアル（以下「2,000TT」）時の漕タイム（有酸素性能力）を選択した。

体力目標値（Table 1）は、強豪国（イギリス）の体力評価指標の結果[7)]を踏まえ、トレーニング指導の現場でより簡易に活用するため全ての項目を 3 段階評価（Excellent：非常によい、Good：よい、Poor：不十分）に簡素化して作成した。身長および体重は、各種目により適正値が異なるものの、体脂肪率の目標値は全クラス共通の範囲を設定した。無酸素性パワーの目標値は、各種目の適正体重が異なることから、体重当たりの相対値を男女別に設定した。また、有酸素性能力の目標値は、先行研究[7)]を参考に体重を 2 種類（Light：男子 75kg 未満 / 女子 61.5kg 未満、Heavy：男子 75kg 以上 / 女子 61.5kg 以上）に区分したカテゴリー別に設定した。

Table 1. Fitness target value for high performance sailing athletes

Classification	Gender	Men		Women	
	Weight Category	Light weight (Less than 75 kg)	Heavy weight (Greater than 75kg)	Light weight (Less than 61.5kg)	Heavy weight (Greater than 61.5kg)
	Typical Aplicable Classes (Rio2016 & Tokyo2020)	RS:X 470 (Helmsman) Nacra 17 (Helmsman or Crew)	Laser Finn 49er (Helmsman & Crew) 470 Crew	RS:X 470 (Helmsman) Nacra 17 (Helmsman or Crew)	Laser Radial 49er FX (Helmsman & Crew) 470 Crew
Anthropometric	Height (cm)	Appropriate value for each class			
	Body Weight (kg)				
	Body Fat Rate (%)	Excellent: % < 10 Good: 10 ≤ % ≤ 16 Poor: 16 < %		Excellent: % < 20 Good: 20 ≤ % ≤ 23 Poor: 23 < %	
Anaerobic Fitness (30sec Rowing Test)	Peak of Power Output per body weight (W/kg)	Excellent:10 ≤ W/kg Good: 9 ≤ W/kg < 10 Poor: W/kg < 9		Excellent: 9 ≤ W/kg Good: 8 ≤ W/kg < 9 Poor: W/kg < 8	
Aerobic Fitness (2,000m Rowing Time Trial)	Time (min:sec)	Excellent: Time ≤ 6:37 Good: 6:37 < Time ≤ 7:11 Poor: 7:11 < Time	Excellent: Time ≤ 6:20 Good: 6:20 < Time ≤ 6:59 Poor: 6:59 < Time	Excellent: Time ≤ 7:23 Good: 7:23 < Time ≤ 7:48 Poor: 7:48 < Time	Excellent: Time ≤ 7:01 Good: 7:01 < Time ≤ 7:34 Poor: 7:34 < Time

2．定期的な FC と講習会の概要について

体力評価指標と体力目標値（Table 1）を用いて、FC による体力評価と講習会を、2017 年 2 月から 2020 年 3 月までに計 12 回実施した。FC の測定方法の詳細は後述する。FC 実施中は、選手の体力向上に関する疑問点などに、医・科学の知識を有する専門のスタッフが回答することにより、選手の理解度を高めるよう努めた。また、FC の結果のフィードバックを含めた講習会では、体力向上と競技パフォーマンスとの関連や、今回作成した体力評価指標および体力目標値の設定や定期的な FC 実施の意義、トレーニングに対する基礎知識といった、体力向上に必要となる基礎的な内容を継続的に啓蒙することに留意した。さらに、トレーニング指導スタッフは、FC での測定を観察して、選手の動作や即時データを確認しながら選手と対話することにより、トレーニングの成果確認および今後の課題点などを提示するよう努めた。

3．トレーニングプログラムおよびトレーニング指導の概要について

トレーニング指導スタッフによる選手へのトレーニング指導は、NF の 2016 年 9 月から 2020 年 5 月までの強化指定選手計 27 名に対して、総計でのべ 695 回（後述する介入プロジェクトの評価対象選手 10 名のみカウントすると指導回数のべ 296 回）の実施状況であった。トレーニング指導の手順は、まず選手とコーチ、NF スタッフ（医・科学担当）、トレーニング指導スタッフで、FC の結果や競技動作の特異性などについて協議してトレーニング戦略を考えた。サポートチームの戦略としては、本事例で作成した体力目標値（Table 1）に対して、「除脂肪体重の増量」と「筋力の向上」を軸にしたトレーニングプログラム（Table 2）と、選手個別の課題に対するコンディショニングプログラム（持久力、アジリティ、バランス、モビリティなど）に並行して取り組むことで、選手の基礎的な体力を向上させることであった。

Table 2 は、トレーニングプログラムの概念と内容を示したものである。導入期、筋肥大・筋持久力期、基礎筋力期、筋力・パワー期、ピーキング期、維持期と大きく 6 つに期分けしおり、それぞれにトレーニングの強度と量（セット数、反復回数）および基本となるエクササイズの種類が示されている。各選手の競技状況（国内練習、海外遠征、大会などの日程）とウェイトトレーニングの経験値（初級者、中級者、上級者）および実施状況から、どの期分けの概念およびエクササイズ種目を用いるか選択してトレーニングプログラム

Table 2. The strength training programs for sailing athletes

Period division	Introduction	Hypertrophy & Endurance	Basic strenghth	Strenghth & Power	Peaking	Maintenance
Intensity	Low	Low - Middle	Middle - High	High	High	Middle
Load	BW-50% of 1RM	50-75% of 1RM	80-90% of 1RM	For power [Hang snatch]: 87-95% of 1RM (Single) 75-90% of 1RM (Frequent) For strength [Others]: 87-97% of 1RM	For power [Hang snatch]: 87-95% of 1RM (Single) 75-90% of 1RM (Frequent) For strength [Others]: 87-97% of 1RM	For power [Hang snatch]: 87-95% of 1RM (Single) 75-90% of 1RM (Frequent) For strength [Others]: 87-97% of 1RM
Volume	Depends on fitness level	Medium-High	Low	Low	Very low	Low-Medium
Set	3-6	3-6	3-5	3-5	1-3	2-3
Repetition (time)	10-20	10-20	4-8	Power: 1-3 Strength: 2-5	Power: 1-3 Strength: 1-3	Power: 3-6 Strength: 6-8
Programs	Squat	Squat	Squat	Hang snatch	Hang snatch	Hang snatch
	4sets × 15RM	4sets × 12RM	4sets × 8RM	4sets × 3RM	3sets × 1-3RM	2sets × 6RM
	Romanian dead lift	Romanian dead lift	Romanian dead lift	Squat	Squat	Squat
	4sets × 10RM	4sets × 12RM	4sets × 8RM	3sets × 5RM	3sets × 1-3RM	3sets × 6-8RM
	Bulgarian squat	Barbell reverse lunge	Barbell reverse lunge	Romanian dead lift	Romanian dead lift	Romanian dead lift
	4sets × 10RM, L/R each	4sets × 12RM, L/R each	4sets × 8RM, L/R each	3sets × 5RM	2sets × 3RM	3sets × 6−8RM
	Push up	Bench press	Bench press	Barbell reverse lunge	Barbell reverse lunge	Barbell reverse lunge
	4sets × 10RM	4sets × 12RM	4sets × 8RM	3sets × 5RM, L/R each	2sets × 3RM, L/R each	3sets × 6−8RM, L/R each
	Inverted row	Bent over rowing	Bent over rowing	Bench press	Bench press	Bench press
	4sets × 10RM	4sets × 12RM	4sets × 8RM	3sets × 5RM	2sets × 1-3RM	3sets × 6−8RM
		Shoulder press	Shoulder press	Bent over rowing	Bent over rowing	Bent over rowing
		3sets × 10RM	3sets × 8RM	4sets × 5RM	2sets × 3RM	3sets × 6−8RM
		Dumbbell one hand rowing	Dumbbell one hand rowing	Shoulder press		Shoulder press
		3sets × 10RM	3sets × 8RM	3sets × 5RM		3sets × 6−8RM
				Dumbbell one hand rowing		Dumbbell one hand rowing
				3sets × 5RM		3sets × 6−8RM

Note; RM: Repetition Maximum, BW: Body Weight

を提供した。

Ⅳ．介入プロジェクトの評価方法

1．対象および評価方法

本事例では、介入プロジェクトの期間中（2016年9月～2020年5月）に、NFによる強化指定選手の入れ替わりが発生していた。そのため、2020年5月までにFCを実施可能であった東京2020大会の代表内定選手（以下「日本代表選手」）10名（男子5名：RSX級1名・レーザー級1名・470級Helmsman 1名 / Crew 1名・49er級Crew 1名、女子5名：レーザーラジアル級1名・470級Helmsman 1名 /Crew 1名・49er級Helmsman 1名 /Crew 1名）を対象に、2017年（サポートチームによる介入前:Pre）と、2020年（サポートチームによる介入後：Post）におけるFCの結果から介入プロジェクトを総合的に評価することとした。対象者の身体特性をTable 3に示した。FCは、体調不良や怪我などを理由にローイングエルゴメーターを用いた体力測定が実施できなかった選手もいたため、各指標（体組成、無酸素性パワーおよび有酸素性能力）でサンプル数が異なる。

FC実施に先立ち、本人および未成年の場合は保護者より書面にて同意を得た。なお、FCはJISS倫理審査委員会の承認を得て実施された（2019年第037号）。

2．競技成績について

日本代表選手の競技成績は、国際セーリング連盟（World Sailing）[16]が算出しているランキングにより評価した。このランキングは、最大6大会の成績により算出されるもので、大会数が不足する状況でもランキングは計上されるものの、選手を過小評価してしまうことが考えられたため（単に大会に出ていないからランキングが低いという状況を排除するため）、本事例における評価においては、6大会が揃い、かつPreおよびPostのFC実施日に最も近い日のランキングを用いた。

3．身体組成の測定について

身長は、身長計（AD-6228A: A&D社）を、体重および体脂肪率は空気置換による体肪測定装置（BODPOD: COSMED SRL社）を用いてそれぞれ測定した。いずれの測定も午前中の同時間帯に実施して、測定する時間帯による差を最小限にするよう配慮した。

4．ローイングエルゴメーターを用いた体力測定について

選手はウォーミングアップを行った後に、ローイングエルゴメーター（CONCEPT2: CONCEPT社製）を用いて、無酸素性パワーおよび有酸素性能力を評価するための2種類のパフォーマンステストを実施した。両テスト間の間隔は、少なくとも1.5時間以上の休憩を挟んだ。対象者には、測定前日の高強度トレーニングを避けるよう指示した。

1）無酸素性パワーの評価テストについて

ローイングエルゴメーターを用いた30RTを実施して、運動開始から終了までの平均パワー

Table 3. Anthropometrics of the participant in this study

Gender	Age (yrs)	Height (cm)	Body Weight (kg)	Body Fat Rate (%)	Lean Body Mass (kg)
Men (n=5)	28.3 ± 6.5	176.8 ± 8.0	71.1 ± 6.7	14.0 ± 2.0	61.2 ± 6.0
Women (n=5)	27.0 ± 6.3	166.8 ± 5.9	62.6 ± 4.4	20.4 ± 2.7	49.8 ± 2.7
Average (n=10)	27.1 ± 5.7	171.8 ± 9.1	66.8 ± 7.5	17.2 ± 4.2	55.5 ± 7.8

（Average of Power Output: 30RT PO_{ave}）と運動中のピークパワー（Peak of Power Output: 30RT PO_{peak}）を測定した。

運動の 1、3、5 分後に、簡易血中乳酸濃度測定器（Lactate Pro 2 LT-1730: Arkray 社製）を用いて血中乳酸濃度を測定し、測定値の最高値を最高血中乳酸濃度とした。

2）有酸素性能力の評価テストについて

ローイングエルゴメーターを用いた 2,000TT を実施して、漕タイムと運動開始から終了までの平均パワー（Average of Power Output: 2,000TT PO_{ave}）を測定した。

心拍数は、携帯型心拍計（RS800cx; Polar Electro 社）を用いて運動開始から終了まで 5 秒ごとに心拍数を測定した。運動中の最高値を最高心拍数とした。

酸素摂取量は、自動呼気ガス分析装置（AE-310s: Minato Medical Science 社製）を用いて、Breath-by-breath 法にて連続的に測定し、運動中の最高値を最高酸素摂取量とした。

運動の 1、3、5 分後に、簡易血中乳酸濃度測定器（Lactate Pro 2 LT-1730: Arkray 社製）を用いて血中乳酸濃度を測定し、測定値の最高値を最高血中乳酸濃度とした。

5．分析方法

各測定値は、平均値 ± 標準偏差で表した。Pre および Post の測定について、対応のある t 検定を用いて分析した。有意水準はいずれの場合も 5% 未満とした。また、得られた各測定値と体力目標値（Table 1）を比較して、各選手の体力を個別に評価した。

V．介入プロジェクト前後での競技成績及び FC の結果

1．競技成績の変化について

競技成績（世界ランキング）は、Pre（Rank: 37 ± 34 位 , Range: 6-102 位）よりも Post（Rank: 22 ± 22 位 , Range: 3-36 位）の方が有意に高かった（$t = 300.2$, $p < 0.001$）。

2．身体組成の変化について

介入プロジェクト前後における体重、体脂肪率および除脂肪体重の変化を Table 4 に示す。Post の体重および除脂肪体重は、Pre よりも有意に高い値を示したが、体脂肪率に変化は認められな

Table 4. The changing of anthropometrics, anaerobic fitness and aerobic fitness by rowing ergometer

Measurements		Pre	Post	*t* value	*p* value
Anthropometric (n=10)	Body Weight (kg)	66.8 ± 7.5	68.5 ± 7.6	-4.0	< 0.01
	Body Fat Rate (%)	17.2 ± 4.2	16.7 ± 5.6	0.9	0.39
	Lean Body Mass (kg)	55.5 ± 7.8	57.2 ± 8.5	-3.8	< 0.01
Anaerobic fitness (n=7)	30RT PO_{peak} (w)	581 ± 117	629 ± 142	-2.5	< 0.05
	30RT PO_{ave} (w)	485 ± 85	522 ± 115	-1.9	0.11
	30RT PO_{peak} / Body weight (w/kg)	8.3 ± 1.1	8.8 ± 1.5	-1.9	0.11
	30RT PO_{ave} / Body weight (w/kg)	7.0 ± 1.0	7.3 ± 1.2	-1.4	0.21
	BLa_{peak} (mmol/L)	9.7 ± 2.7	9.1 ± 1.6	0.7	0.49
Aerobic fitness (n=9)	2,000TT Time (sec)	456 ± 29	450 ± 31	4.8	< 0.01
	2,000TT PO_{ave} (w)	242 ± 50	251 ± 55	-4.1	< 0.05
	VO_{2peak} (L/min)	3.38 ± 0.66	3.38 ± 0.64	-0.1	0.89
	VO_{2peak} (mL/kg/min)	49.3 ± 6.3	48.0 ± 6.0	2.2	0.06
	HR_{peak} (bpm)	190 ± 8	187 ± 5	1.8	0.10
	BLa_{peak} (mmol/L)	17.1 ± 2.0	15.6 ± 1.8	1.7	0.12

かった。

3．無酸素性パワーの変化について

介入プロジェクト前後における 30RT 時のピークパワー（30RT PO_{peak}）と平均パワー（30RT PO_{ave}）の変化を Table 4 に示す。Post の 30RT PO_{peak} は、Pre よりも有意に高い値を示したものの、30RT PO_{ave} では Pre と Post の間に有意な差は認められなかった。また、30RT PO_{peak} と 30RT PO_{ave} をそれぞれ体重当たりの相対値で表し比較すると、いずれも Pre と Post の間に有意な差は認められなかった。運動後の最高血中乳酸濃度（BLa_{peak}）は Pre と Post の間に有意な差は認められなかった。

4．有酸素性能力の変化について

介入プロジェクト前後における 2,000TT の漕タイム（2,000TT Time）と平均パワー（2,000TT PO_{ave}）の変化を Table4 に示す。Post の 2,000TT Time および 2,000TT PO_{ave} は、Pre よりも短縮および増加して、いずれも有意な改善が認められた。また、介入プロジェクト前後における最高心拍数（HR_{peak}）、最高酸素摂取量（$\dot{V}O_{2peak}$）および最高血中乳酸濃度（BLa_{peak}）は、いずれの項目とも Pre と Post の間に有意な差は認められなかった。

5．各種体力評価指標における選手個別の評価について

Table 5 は、体力目標値（Table 1）と FC（Post）の結果を用いて、日本代表選手の体力水準を 3 段階で評価した結果である。その結果、3 つの体力評価指標のすべてが「Good」以上だったのは男子 2 名のみであった。また、体脂肪率の評価では 10 名中 4 名（男子 1 名、女子 3 名）が、無酸素性パワーの評価では 7 名中 3 名（男子 1 名、女子 2 名）が、有酸素性能力の評価では 7 名中 4 名（全女子 4 名）が「Poor」であった。

Ⅵ．日本代表選手における体力向上の評価と課題について

本事例における日本代表選手の FC の結果より、介入プロジェクトの前後で除脂肪体重が増量して、ローイングエルゴメーターによる 30RT 時のピークパワーと 2,000TT 時のタイムおよび平均パワーが改善した（Table 4）。除脂肪体重の変化は、筋量の変化を間接的に反映している指標[11]であることから除脂肪体重の増量、すなわち筋量の増量によりローイング動作に関連する筋力が向上し

Table 5. Evaluation of fitness level in Japanese sailing athletes using fitness target value (Table 1)

Parameter	Category	Gender and Classes									
		Men					Women				
		RS:X	Laser	470 (Helmsman)	470 (Crew)	49er (Crew)	Laser Radial	470 (Helmsman)	470 (Crew)	49erFX (Helmsman)	49erFX (Crew)
Anthropometric	Body Fat Rate (%)	8.0	12.8	10.5	14.3	17.4	24.3	17.3	23.2	19.4	23.8
	3-steps evaluation	Excellent	Good	Good	Good	Poor	Poor	Excellent	Poor	Excellent	Poor
Anaerobic Fiteness (30sec Rowing Test)	Peak of Power Output per body weight (W/kg)	12.0	9.1	No data	8.5	No data	7.6	No data	8.4	9.0	7.3
	3-steps evaluation	Excellent	Good		Poor		Poor		Good	Excellent	Poor
Aerobic Fitness (2,000m Rowing Time Trial)	Time (min:sec)	6:39.7	6:54.4		6:58.4		7:58.8		7:51.8	7:53.7	7:40.0
	3-steps evaluation	Good	Good		Good		Poor		Poor	Poor	Poor

て、無酸素性パワーおよび有酸素性能力が改善した可能性がある。一方で、30RT 時のピークパワー（30RT PO_{peak}）を体重当たりの相対値に換算して比較すると統計的な差が認められなかった。これは、介入プロジェクト前後での体重増加量に対して、30RT PO_{peak} の増加量の割合が小さかったことを意味している。本事例では、介入プロジェクト前後で体脂肪率に差が認められなかったことから、介入後の体重増量は、除脂肪体重だけでなく、体脂肪も同様に増量していると考えられる（Table 4）。したがって、30RT PO_{peak} のようなパワー系の体力指標を体重当たりの相対値で評価する際には、体脂肪量の増量がネガティブに働く可能性がある。セーリング競技では、体重の大きさによって艇が沈む度合い（水から受ける抵抗）が異なるため、体脂肪が競技パフォーマンスにネガティブに働く可能性が指摘されている[7]。これらのことから、体重を調整する上で「除脂肪体重の増量」だけでなく、「体脂肪量の減量・維持」などにも留意した取り組みが必要といえる。

選手個別に評価すると、男子 2 名以外は、3 種類の体力評価指標（体脂肪率、30RT 時のピークパワー、2,000TT 時の漕タイム）のいずれか、または全てにおいて「Poor」の評価であった。この Table 5 のように体力を選手個別に評価することで、各選手の体力要因（体脂肪率、無酸素性パワー、有酸素性能力）のうち、どの部分に課題があるか読み取れるため、どのようなトレーニング戦略を講じるべきか考える一助になると考えられる。

以上より、日本代表選手全体でみると、本事例で講じた介入プロジェクトにより除脂肪体重の増量、無酸素性パワーおよび有酸素性能力の向上（Table 4）といった体力の改善が認められたものの、選手個別にみると海外トップレベルの選手を基準とした目標値（Table 1）に対して、未だに改善の余地がある部分も多く、選手ごとに取り組むべき課題が異なることが示唆された（Table 5）。したがって、体力向上を図る上では、FC による体力評価結果を基に、体力目標値（Table 1）に対する差を明確にした上で、選手個別の課題に対するトレーニング内容を講じる必要があることが示唆された。

Ⅶ. 介入プロジェクトの総合的な評価について

本事例では、セーリング競技、医・科学、トレーニングの各分野の専門スタッフから構成されたサポートチームが、セーリング競技における競技動作、強豪国の体力および日常のトレーニング環境を考慮した体力評価指標（体組成、無酸素性パワー、有酸素性能力）とその目標値を作成した。セーリング競技の専門家だけでなく、ほかの専門分野の視点や意見を取り入れたことで、競技特性に特化し過ぎることなく汎用性の高い体力評価指標を作成できたと考えられる。また、実際に選手のトレーニング指導にあたる専門スタッフの考えを十分に反映させて日常のトレーニング環境の中でも定期的かつ継続的な体力評価に活用できる指標を作成した点が特徴といえる。

定期的な FC と講習会について、リオ 2016 大会以前では、年間 1 回程度の実施状況から年間で 3-4 回と実施回数が増加した。これは、NF 内に専任の医･科学スタッフが配置されたことにより、体力向上の重要性を NF 内に定着できたことが関係していると考えられる。FC を担当した医・科学スタッフは、「FC を重ねるごとに、測定結果に関して選手が積極的に質問するようになり、また FC 前のトレーニング状況やコンディションから有酸素性能力の指標よりも無酸素性パワーの指標の方が改善していると思うなど、選手自身が仮説を持って測定に臨む姿が見られるようになった。さらに測定結果から、選手自身が今後どういったトレーニングが必要であるか考察するなど行動変容がみられた」との所感を述べた。

トレーニング指導では、体力評価指標およびその目標値と FC の結果を活用して、トレーニング戦略に基づくトレーニングプログラム（Table 2）と、選手個別の課題に対するコンディショニングプログラム（持久力、アジリティ、バランス、モビリティなど）を講じた。トレーニング指導スタッフからは、「筋量の増量と筋力の向上を優先的に

考え、アスリートとしての基礎的な体力（全身の筋力、身体の適切な使い方など）を獲得したことで、下肢3関節の伸展と上体の伸展（全身を使った煽り動作）を組み合わせたローイング動作で高いパワーを発揮できるようになった」との所感を述べた。

サポートチームによる介入プロジェクトの前後で、日本代表選手における体力評価指標の改善と競技成績（世界ランキング）の向上が見られたことから、本介入プロジェクトは、NFが東京2020大会に向けて掲げた課題に対して、一定の成果があったと考えられる。

Ⅷ. 本事例の限界と競技現場への提言

セーリング競技は、種目によって強化スケジュールが異なり、定期的なFCを設定する上で日程が制限されるため、必ずしも選手の体調が万全の状態で測定が実施できなかった点が課題であった。そのため、体調不良や怪我などにより測定が出来なかった選手は、介入プロジェクトの評価に用いたFC（Pre vs Post）の対象から除外しており、各指標でサンプル数が異なる点が、本事例における評価の限界であった。今後は選手の体調を優先して、柔軟に対応できるようなNF独自の体力評価体制を構築することも重要な課題であると考えられる。

トレーニング指導では「筋力の向上」を目的に掲げているものの、介入プロジェクトの前後で最大筋力を評価するための測定が十分に実施できなかった。選手の競技拠点（神奈川県湘南エリア）からトレーニング実施機関であるJISS（東京都北区）まで利便性が低く、指導回数や時間が限られていたこと、また、海外遠征が長期間でかつ渡航回数が多いため、年間を通したトレーニング計画を立てることが難しく、適切なタイミングでの最大筋力の測定が困難であった。今後は、長期的なトレーニング計画の中で、あらかじめ最大筋力を測定する時期を決めておくことや、限られたトレーニング指導の中で最大筋力を評価できるような仕組みを考えることも重要であろう。加えて、セーリング競技のように競技拠点がJISSから離れている競技に対して、十分な支援体制を構築するための方策についても検討する必要があると思われる。

一方で、高強度領域におけるトレーニングの実施頻度が全体的に少なかった点が、本事例におけるトレーニングプログラムの限界でもあった。これらの理由から、介入プログラム前後のFCでは、最大運動強度や超最大運動強度での運動に関連する指標（30RT：30RT PO_{ave}、最高血中乳酸濃度、2,000TT：最高心拍数、最高酸素摂取量、最高血中乳酸濃度）に変化が見られなかったと考えられる（Table 4）。

トレーニング専門スタッフからは、「限られたトレーニング環境（時間、施設）で、筋量の低下抑制と、筋力の向上および維持を優先するプログラムを講じる必要があったため、最大および超最大運動強度時の運動に対して、生理指標を改善させるために必要な頻度で実施ができなかった」との内省報告を得た。このような点についても、今後競技現場とトレーニング専門スタッフとが連携して、課題解決のための対策を講じていく必要があるだろう。

Ⅸ. まとめ

本事例では、セーリング競技の東京2020大会に向けた体力向上を目的として、中央競技団体と国立スポーツ科学センターが協働で医・科学サポートチームを立ち上げ、日本のオリンピックチームを対象に、体力評価指標と目標値の作成、フィットネスチェックと講習会の実施、トレーニング指導による介入プロジェクトを実施した。その結果、除脂肪体重の増加、ローイングエルゴメーターを用いた無酸素性パワー（30秒間全力漕）と有酸素性能力（2,000m漕タイムトライアル）に改善がみられ、競技成績も向上した。一方で、最大および超最大運動領域の生理指標（最高心拍数、最高酸素摂取量、最高血中乳酸濃度）の改善には至らず、選手個別の課題もみつかった。

本事例で示した介入プロジェクトおよび体力測

定結果は、今後のセーリング競技選手の育成・強化において有用な指標になると考えられる。

文献

1）Blackburn M. Physiological responses to 90 min of simulated dinghy sailing. J Sports Sci, 12(4): 383-390, 1994.

2）Bojsen-Møller J, Larsson B, Aagaaed P. Physical requirements in Olympic sailing. Eur J Sport Sci, 15(3): 220-227, 2015.

3）Castagna O, Brisswalter J, Lacour J R, Vogiatzis I. Physiological demands of difference sailing techniques of the new Olympic windsurfing class. Eur J Appl Physiol, 104(6): 1061-1067, 2008.

4）Castagna O, Vaz Pardal C, Brisswalter J. The assessment of energy demand in the new Olympic windsurf board; Neilpryde RS: X. Eur J Appl Physiol, 100(2): 247-252, 2007.

5）Cunningham P, Hale T. Physiological responses of elite Laser sailors to 30 minutes of simulated up wind sailing. J Sports Sci, 25(10): 1109-1116, 2007.

6）榮樂洋光 , 佐々木共之 , 布野泰志 , 東恩納玲代 , 中本浩揮 , 金高宏文 . セーリング競技におけるオリンピック・セーラー育成のヒントを探る ; ボートスピードに定評のあった元オリンピック選手のインタビューから . スポーツパフォーマンス研究 , 4: 26-43, 2012.

7）Fletcher E. Indoor rowing; Sailing Guide. https://www.rya.org.uk/SiteCollectionDocuments/Racing/Web%20Documents/Concept2_sailing_guide.pdf（2021 年 3 月 9 日）

8）Hagiwara M, Ohya T, Yamanaka R, Onuma H, Suzuki Y. The effects of sprint interval training on sail pumping performance in a male windsurfing Olympian. Sports Science in Elite Athlete Support, 2: 31-41, 2017.

9）萩原正大 , 富沢慎 , 山本正嘉 . ウィンド サーフィン競技（RS:X 級）選手のための補強トレーニング ; 2 回のオリンピック出場経験に基づいた提案 . スポーツパフォーマンス研究 , 5: 252-260, 2013.

10）萩原正大 , 山本正嘉 . 北京オリンピックに出場したウィンドサーフィン選手のトレー ニング事例 . スポーツパフォーマンス研究 , 2: 12-22, 2010.

11）Heyward V H, Wagner D R. Applied Body Composition Assessment. Second edition. Human Kinetics , pp.3-14, 2004.

12）文部科学省 . 新体力テスト . https://www.mext.go.jp/a_menu/sports/stamina/03040901.htm（2021 年 3 月 9 日）

13）谷所慶 , 前川剛輝 , 平野貴也 , 広瀬秀一 , 高松潤二 . 日本人一流ウィンドサーフィン選手の有酸素性作業能力 . トレーニング科学 ,21(1): 81-86, 2009.

14）Vangelakoudi A, Vogiatzis I, Geladas N. Anaerobic capacity, isometric endurance, and Laser sailing performance. J sports Sci., 25(10): 1095-1100, 2007.

15）World Sailing. Classes & Equipment. https://www.sailing.org/classesandequipment/index.php（2021 年 3 月 9 日）

16）World Sailing. World Sailing Rankings – Fleet Racing. https://www.sailing.org/rankings/fleet/index.php（2021 年 3 月 9 日）