

高校生ボート選手に対する短期的なトレーニング介入が身体組成, 筋力, 有酸素性作業能力, および 2000m エルゴメータ漕成績に及ぼす効果

一箭フェルナンドヒロシ¹⁾, 奥島大¹⁾, 又木一弘²⁾, 山本正嘉³⁾

¹⁾鹿屋体育大学大学院

²⁾鹿児島県立鹿屋工業高等学校

³⁾鹿屋体育大学スポーツトレーニング教育研究センター

キーワード: ボート競技, 高校生, トレーニング, 身体組成, 筋力, 有酸素性作業能力

<論文概要>

高校生のボート競技選手 10 名を対象として, 通常練習と競技会の観察結果, 及び体力測定の結果に基づいて, チーム全体, 及び各選手の弱点と考えられた体力要素を改善するため, 2 ヶ月間で 2 回のトレーニング介入を行った. その主なポイントは, 1) 筋力を向上させるために, ストレングストレーニングの頻度を増やしたこと, 2) 有酸素性作業能力をより効果的に向上させるために, 最大下強度でのトレーニングにおいて, 個別にトレーニング強度を指定したこと, 3) 1 ストロークあたりの発揮パワーをより増大させるために, 1 ストロークあたりの発揮パワーを指定したこと, 4) ローイングにおけるトレーニング負荷をより効果的にかけるために, 選手によってはローイング技術の指導を行ったこと, 5) 2 回の体力測定の結果を直ちに各選手にフィードバックし, 個々の弱点を明確に意識させるとともに, トレーニングへの意欲を向上させるよう配慮したこと, であった. その結果, ボート競技にとって重要とされる 3 種類の体力要素 (形態及び身体組成, 筋力, 有酸素性作業能力), 及びそれらの能力の総和として発揮される 2000m エルゴメータ漕のパフォーマンスを, 2 ヶ月間という短期間で大きく改善させることができた.

スポーツパフォーマンス研究, 3, 153-169, 2011 年, 受付日: 2011 年 3 月 24 日, 受理日: 2011 年 12 月 14 日

責任著者: 一箭フェルナンドヒロシ 〒891-2393 鹿児島県鹿屋市白水町1 鹿屋体育大学

m096002@sky.nifs-k.ac.jp

A short-term training intervention with high school competitive rowing athletes: Body composition, muscle strength, aerobic work capacity, and 2000-meter ergometer rowing performance

Fernando Hiroshi Ichiya¹⁾, Masaru Okushima¹⁾, Kazuhiro Mataka²⁾,

Masayoshi Yamamoto³⁾

¹⁾ Graduate School, National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

²⁾ Kagoshima Prefectural Kanoya Technical High School

3) The Center for Sports Training Research and Education, National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

Key Words: boat racing, training, body composition, muscle strength, aerobic work performance, high school students

[Abstract]

Based on observations of the training and competition results and the measured results of physical strength of 10 high school competitive rowing athletes, the team and individual physical strength were considered weak points. In order to improve the athletes' strength, 2 training interventions were performed during a 2-month period. The major points were (a) increasing the frequency of strength training, in order to improve muscle strength, (b) specifying the individual training strength at the maximum training strength, in order to improve aerobic work capacity efficiently, (c) specifying the power to be exerted per stroke, in order to increase the power per stroke, (d) providing specific training in rowing technique to some of the athletes, in order to load their training strength more efficiently, and (e) giving feedback on the results immediately to individual athletes, in order to clarify their weaknesses and increase their willingness to train. The results were as follows: 3 physical factors thought to be important for rowing (morphology and body composition, muscle strength, and aerobic work capacity), and the athletes' 2000-m ergometer performance improved significantly in the short time of the present study.

I. 緒言

ボート競技には、1人漕ぎのシングルスカルから8人漕ぎのエイトまでの種目がある。それらの競技時間は3～8分程度であり、主として有酸素系のエネルギーが用いられる(Hagerman, 1984)。実際、ボート競技の成績と最大酸素摂取量との間には有意な相関関係があることが報告され(Secher, 1983)、トレーニングの主目的を有酸素性作業能力の向上に据える指導者は多い。

一方でボート競技においては、全身の70%の筋が動員されると指摘されている(Secher, 1983)。また、スタート時における瞬間的な発揮パワーは、最大で800～1200Wにも達すると報告されている(Steinacker, 1993)。このため、トレーニングの課題として、筋力や筋パワーといった無酸素性作業能力の向上も重要である。

さらに、有酸素性、及び無酸素性作業能力とも、体重あたりの相対値よりも、絶対値の大きさがパフォーマンスにより深い関連を持つ(Secher, 1983)。つまりボート選手にとっては、形態面では大きな体格、身体組成面では除脂肪体重が大きいことが必要である。

先行研究を見ると、これまでに有酸素性作業能力(Driller et al, 2009)や無酸素性作業能力(山本ほか, 2000)を増大させるトレーニング実験や、形態・身体組成(Mikulic, 2009)とパフォーマンスとの関係に着目した研究が多く行われてきた。しかしその大半は、大学生や社会人といった、身体の発育発達がほぼ完了し、ボート競技の経験もある程度積んだ選手を対象としたものであり、高校生のボート選手を対象とした研究はわずかしかない(Brzenec et al, 2007)。

日本の高校生ボート競技選手の特徴として、身体が発育発達期にある者が多いこと、またボート競技を開始してから間もない選手がほとんどを占めること、の2点があげられる。したがって高校生選手の場合、同じチームの選手間で体格面、体力面、技術面のいずれにおいても個人差が大きい。このような高校生チームの選手を対象に効果的なトレーニングを行うためには、大学生や社会人よりもさらに個別性に配慮したプログラムを処方する必要がある。

そこで本研究では、ある高校のボート部の1～2年生部員を対象として、通常練習及び競技会の観察を行うとともに、体格や体力の測定を行った。そしてそれらの結果を基に、チーム全体及び個々の選手にとって改善すべき課題を把握した上で、2ヶ月間で2回、それらの課題を克服するためにトレーニングの修正を行った。そして、このような短期間の介入によって、形態・身体組成、無酸素性作業能力、有酸素性作業能力、及びそれらの能力の総和として発揮される2000mエルゴメータ漕(以下;「2000mエルゴ漕」と略す)のパフォーマンスがどのように改善するか検討した。

II. 研究方法

1. 被験者

被験者は、同じ高校のボート競技部に所属している1～2年生の選手10名とした。この部は、全国高校総体などの全国レベルの競技会において好成績を収めている、競技レベルの高いチームであった。ただし本研究を実施した時期は新チームとなって間もないため、全国高校総体に出場した選手から、ローイング技術を習得中の選手まで、様々なレベルの選手が含まれていた。

なお、全ての被験者に対し、研究の目的、測定内容及び実験の安全性を十分に説明し、いつでも実験を中止できることを明示し、実験に参加する同意を書面で得た。なお、本研究は鹿屋体育

大学倫理委員会の承諾を得たうえで、鹿屋体育大学研究倫理指針(人に関する研究)を遵守して実施した。

2. 研究の概要

図1は、研究の概要を示したものである。体力やパフォーマンスの測定は合計で3回実施した。1回目の測定(Pre)は、10月に行われた県新人戦大会(1000m)の1週間前に行った。そして、その測定や競技会の結果に基づいて、1回目のトレーニング介入を行った。2回目の測定(Post1)は、11月に行われた地区ブロック新人選抜大会(1500m)の終了直後に行った。そして、その測定や競技会の結果を基に、2回目のトレーニング介入を行った。3回目の測定(Post2)は、12月に行われた全国マシンローイングエルゴメータ大会の終了直後に行った。PreからPost1のトレーニング期間をTr1とし、Post1からPost2までのトレーニング期間をTr2とした。

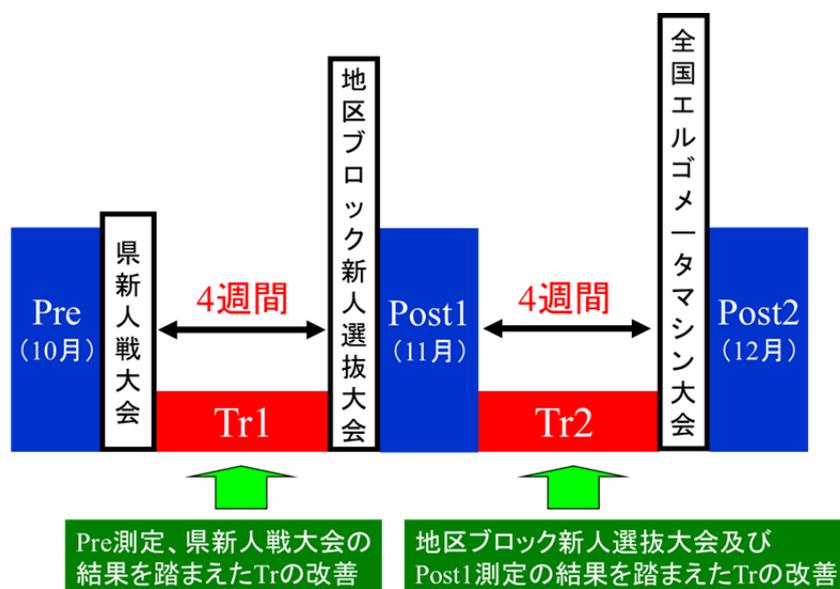


図1. 研究の概要

3. 測定項目

(1) 形態

身長は、全自動身長体重計(AD-6225A, Combi 社製)を用いて計測した。体重、体脂肪率、除脂肪体重はバイオ・エレクトリックインピーダンス法による体組成計(BC-118E, Tanita 社製)を用いて計測した。

周径は、布製メジャーを用いて、肩帯囲、胸囲、腹囲、殿囲、上腕囲、大腿囲、下腿囲の各部位を計測した。肩帯囲は左右の肩峰の直線距離の位置、胸囲は胸骨中点(胸骨上点と剣状点の間中点)の位置、腹囲は臍の位置、殿囲は、体側面から見たときに臀部のもっとも高い位置、上腕囲は上肢を水平外転させ、上腕二頭筋の筋腹最大囲(伸展及び屈曲)、大腿囲は両足踵を10cm程度開き、左右の脚に等しく体重をかけ、大腿上部の筋腹最大囲、下腿は腓腹筋の筋腹最大囲を、いずれも立位姿勢で計測した。

(2) 筋力

筋力の指標として、握力、背筋力、脚伸展力、上体起こしの測定を行った。握力及び背筋力はデジタル握力計と背筋力計(T.K.K.5101, T.K.K.5102, いずれも竹井機器工業社製)を用いて、2回計測し、そのうちの最高値を採用した。

下肢筋における基礎的な筋力・筋パワーを評価するために、等速性の脚伸展力測定装置(キックフォース, 竹井機器工業社製)を用いて、脚伸展パワーを計測した。運動速度は 0.8m/s に設定した。試行回数を 5~10 回ずつとし、最高値を採用した。

上体起こしについては、文部科学省の新体力テスト実施要項に記載されている 30 秒間上体起こしを用いて行い、2 回実施したうちの最高値を採用した。

(3) 有酸素性作業能力

ローイングエルゴメータ(TypeD , Concept II 社製)を用いて多段階運動負荷試験を行い、有酸素性作業能力を測定した。ストローク頻度(以下、「SR」と略す)は自由とした。なお、このローイングエルゴメータは空気抵抗式であり、フライホイールに流入する気体の性質(気温及び湿度)によって牽引の重さが変化する。したがって、エルゴメータの牽引の重さを揃えるために、Drag resistance coefficient は 130 に設定した。

多段階運動負荷試験のプロトコルは、オーストラリア代表チームが用いている測定方法で行った(Bourdon et al, 2009)。被験者は、任意の運動強度でウォーミングアップを 15 分間行い、ローイングエルゴメータ上で 5 分間の座位安静を挟んだ後に運動を開始した。各ステージにおける運動時間は 4 分間とし、1 分間の休息を挟んで負荷を漸増させた。

負荷は、まず、Pre 測定での 2000m エルゴ漕の記録から 500m の平均ラップタイムを求めた。そして、その 500m 平均ラップタイムに各ステージ毎に 36, 30, 24, 18, 12, 6 秒間ずつ加算していき、その値を目標タイムとし各ステージの負荷として設定した。

そして、6 セット目終了直後、被験者の状態を確認し、運動が続行可能な場合には、7 セットまで試験を行った。7 セット目については、各被験者が 4 分間維持できる最大努力のペースで漕ぐように指示した。

なお、本測定では、平均パワー出力が前ステージを下回った場合には、データ解析の対象から除外した。運動中の換気量($\dot{V}E$)、酸素摂取量($\dot{V}O_2$)は自動呼気ガス分析装置(Vmax29c または VmaxS-229, Sensor Medics 社製)を用いて breath-by-breath 法で測定し、1 分間の平均値として算出した。

最大運動時に得られた運動強度、 $\dot{V}E$ 及び $\dot{V}O_2$ の最高値(1 分間)をそれぞれ、 PO_{peak} 、 $\dot{V}E_{peak}$ 、 $\dot{V}O_{2peak}$ 、として評価に用いた。また、最大下運動時における換気量の動態から換気性作業閾値(以下;「VT」と略す)を Modified D-max method(Cheng et al, 1992)により求めた。また、それに相当する運動強度、 $\dot{V}E$ 、及び $\dot{V}O_2$ (1 分間)をそれぞれ、 PO_{VT} 、 $\dot{V}E_{VT}$ 、 $\dot{V}O_{2VT}$ 、として評価に用いた。

(4) 2000m エルゴ漕測定

前述のローイングエルゴメータを用いて, (3)と同じ設定をした上で, 2000m エルゴ漕のタイムトライアルを実施した. SR は自由とした. 被験者は, 任意の負荷でローイングエルゴメータを用いて 10 分間のウォーミングアップを行い, エルゴメータ上で 5 分間の座位安静を挟んだ後にテストを開始した. テストは, 実際のレースと同様なペース配分で, 全力を出し切るように指示した. そして, ゴールした際の運動時間, 平均発揮パワー(PO_{ave}), 及び平均ストローク頻度(SR_{ave})を記録した. また, 1ストロークあたりの発揮パワーを評価するために PO_{ave} を SR_{ave} で除した値(以下, 「WPS」と略す)を算出した.

4. トレーニング内容

(1) Tr1 における介入

図 2 は, 10 月に行われた競技会, 例年の同時期におけるトレーニング内容, 及び 10 月に実施した体力測定の評価の結果を踏まえた, Tr1 での介入ポイントを示したものである. また図 3 は, トレーニング介入前と介入後 (Tr1) における具体的なトレーニング内容を示したものである.

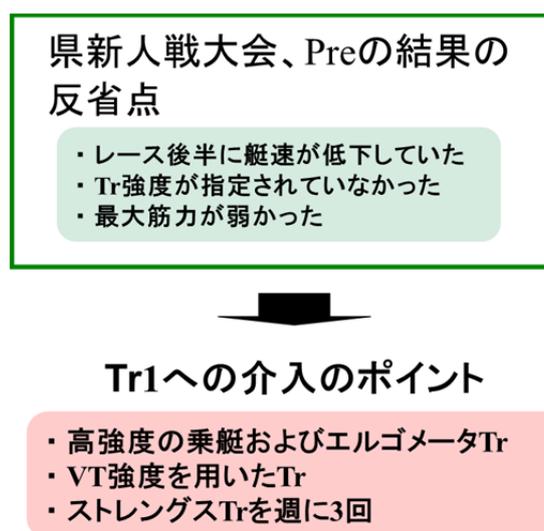


図 2. Tr1 の介入ポイント

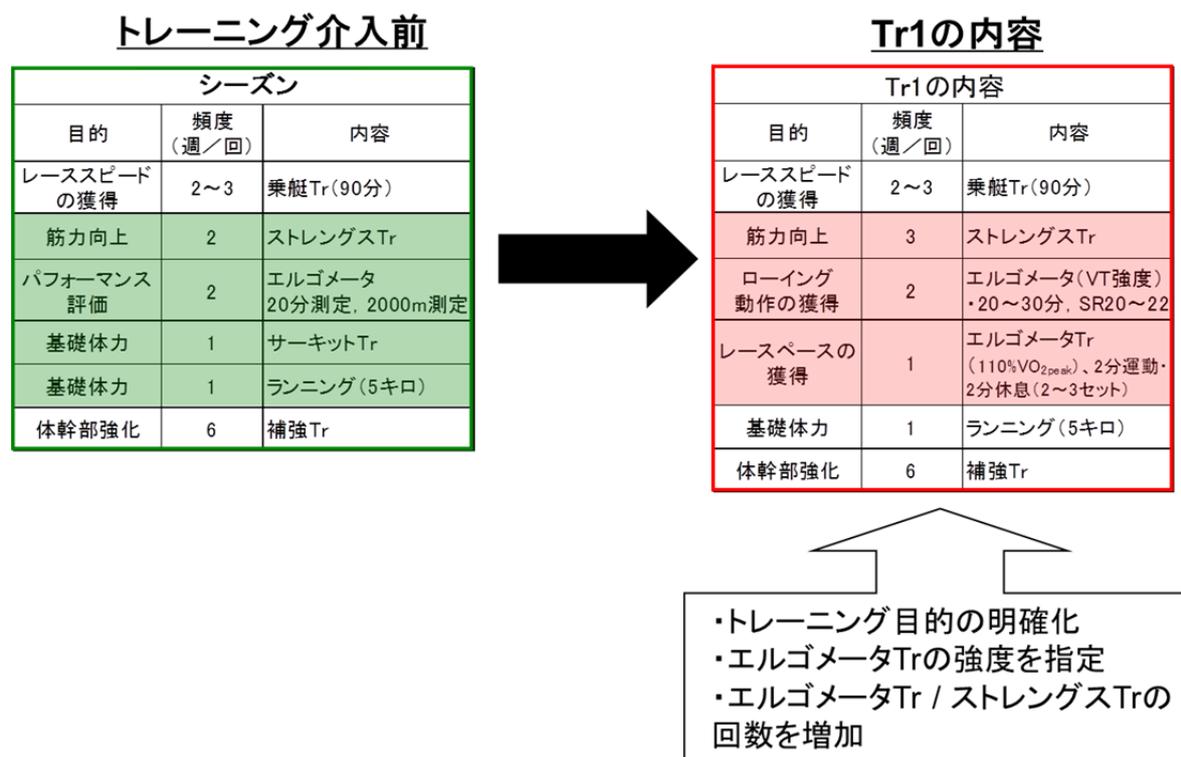


図 3. トレーニング介入前と介入後 (Tr1) における具体的な内容

県新人戦大会では、他校のクルーと比較すると、レース前半の艇速はほぼ同じであったにも関わらず、レース後半の艇速はより低下していた。この要因として、有酸素性作業能力が低いことが考えられた。そのため、有酸素性作業能力をより向上させることを意図して、Tr1 ではサーキットトレーニングを削除し、エルゴメータトレーニングの頻度を従来の 2 回から 3 回へと増やした。その際、Drag resistance coefficient は常に 130 に設定した。

また、このチームでは従来、エルゴメータの主な利用目的は、パフォーマンスを評価するためのものであり、2000m 漕や 20 分漕を定期的に行っていた。これに対して本トレーニングでは、体力を積極的に強化するために用いることとし、運動強度の設定も以下のような 2 つのカテゴリーに分別して行うこととした。

一つは全ての選手に対して相対的に同じ刺激を与えるために、各選手の換気性作業閾値に相当する強度(以下;「VT 強度」と略す)のトレーニングを行うこととした。もう一つはインターバルトレーニングなどの、より高強度の持久力トレーニングを取り入れることとした。

なお、技術レベルが低い選手では、適切なトレーニング負荷がかかりにくいいため、このような選手に対してはローイング動作の技術指導もあわせて行うこととした。

さらに、高校生のボート選手を対象とした坂本ほか(2003)の報告では、体重が 71kg であると報告されているのに対し、本被験者は 59.8kg と 10kg 以上軽かった。そこで Tr1 では、体重(筋量)を増加させるために、ストレングストレーニングの頻度を従来の 2 回から 3 回へと増やした。

(2) Tr2 における介入

図 4 は, 11 月に行われた競技会, 例年の同時期におけるトレーニング内容, 及び 11 月に行った体力測定の評価の結果を踏まえた, Tr2 での介入ポイントを示したものである. また図 5 は, トレーニング介入前と介入後 (Tr2) における具体的なトレーニング内容を示したものである.

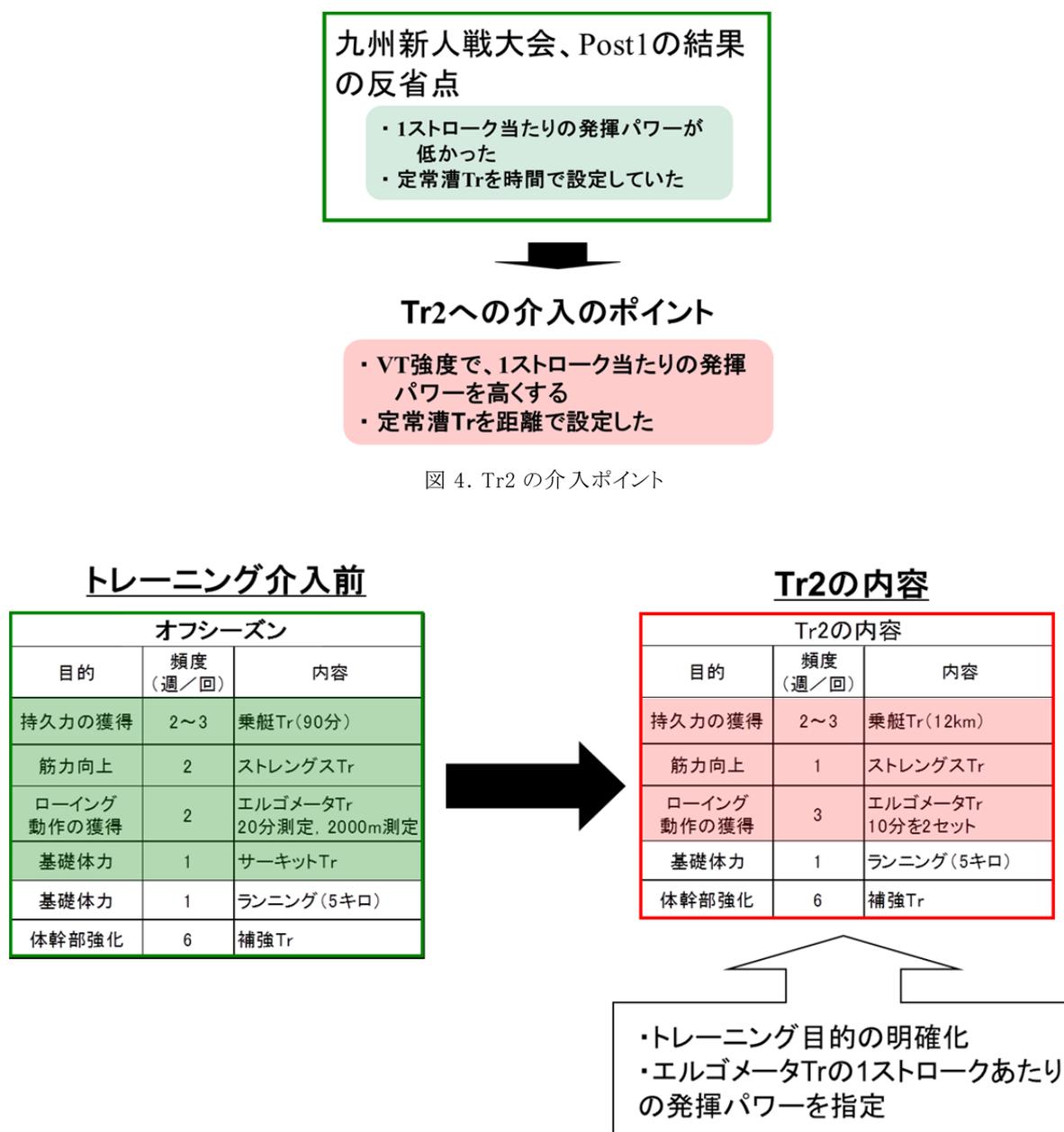


図 5. トレーニング介入前と介入後 (Tr2) における具体的な内容

競技会での観察結果としては, 他校のクルーと比較してSRがほぼ同じであるにも関わらず, 艇速が遅かったことから, 1 回あたりのストローク長が短いという問題があると考えた. そこで Tr2 では, 1 ストローク長の改善を図るために, エルゴメータトレーニングにおいて, SRをより低く設定し, WPSをできるだけ高く(8~10W)維持して漕ぐように, 各選手に対してWPSの指定を行った.

なお Tr2 では、学校の試験期間と重なってトレーニングに割ける時間が限られていたため、トレーニングストレーニングの頻度は少なくした。

また従来、この時期においては、シーズンオフ期に入るため、乗艇トレーニングでは基礎体力の獲得を目的とするために定常漕（一定のペースで漕ぎ続ける）を行っていた。しかし、そのトレーニング内容は、全員に対して 90 分間という運動時間で設定していたため、多く漕ぐ選手では漕距離が 12km であるのに対し、少ない選手では 6~8km と大幅な個人差が生じていた。そこで Tr2 では、漕距離を全員で 12km に指定するとともに、その距離を漕ぐのに要した時間も計測し、各選手の能力差を数値化してフィードバックできるようにした。

5. 統計処理

各測定項目によって得られた値は平均値±標準偏差で示した。統計方法は測定時期を要因とした反復測定による一元配置分散分析を用いた。有意差が認められた場合にはt検定法による有意差検定を行い検討した。なお、統計的有意水準は危険率5%未満とした。

Ⅲ. 結果

1. 形態

表 1 は、Pre, Post1, Post2 における形態及び身体組成、周径圍の値を示したものである。体重、除脂肪体重、腹部、臀部の周径圍は Pre と比較して、Post2 では有意な増加が認められた。

表 1. トレーニングによる形態及び身体組成、周径圍の変化

測定項目	Pre	Post1	Post2
身長(cm)	169.4±5.1	169.5±5.4	169.5±5.2
体重(kg)	59.8±2.3	60.7±3.7	61.0±3.7 *
体脂肪率(%)	11.7 ±2.0	12.5±3.3	11.5±2.2
除脂肪体重(kg)	52.8±2.3	53.1±3.2	54.0±3.4 *
BMI(kg/m ²)	20.9±1.4	21.2±1.7	21.3±1.7
肩帯圍	100.7±3.1	102.2±3.0	101.8±2.9
胸圍	85.3±2.5	84.6±2.5	84.7±2.7
腹圍	70.3±3.6	71.7±3.5	72.8±4.3 *
臀圍	87.7±2.8	88.4±2.7	89.1±2.7 *
大腿最大圍	51.3±3	51.7±2.8	52±2.8
下腿最大圍	34.7±1.7	34.7±1.7	34.7±1.8
上腕伸展圍	25.5±1.7	25.5±1.8	25.9±1.7

* : $P < 0.05$ (Pre vs Post2)

2. 筋力

図 6 は、Pre, Post1, Post2 における筋力の値を、個人の値と全員の平均値とで示したものである。全員の平均値で見ると、握力、脚伸展パワー、上体起こしは Pre と比較して、Post1 及び Post2 では有意な増加が認められた。さらに、上体起こしは、Post1 と比較して Post2 では有意な増加が認め

られた. なお個人的に見ると, Preと比較してPost2で改善が見られなかった者は, 握力では3名(C, D, F), 脚伸展パワーでは1名(H)いたが, 上体起こしでは全員が改善していた.

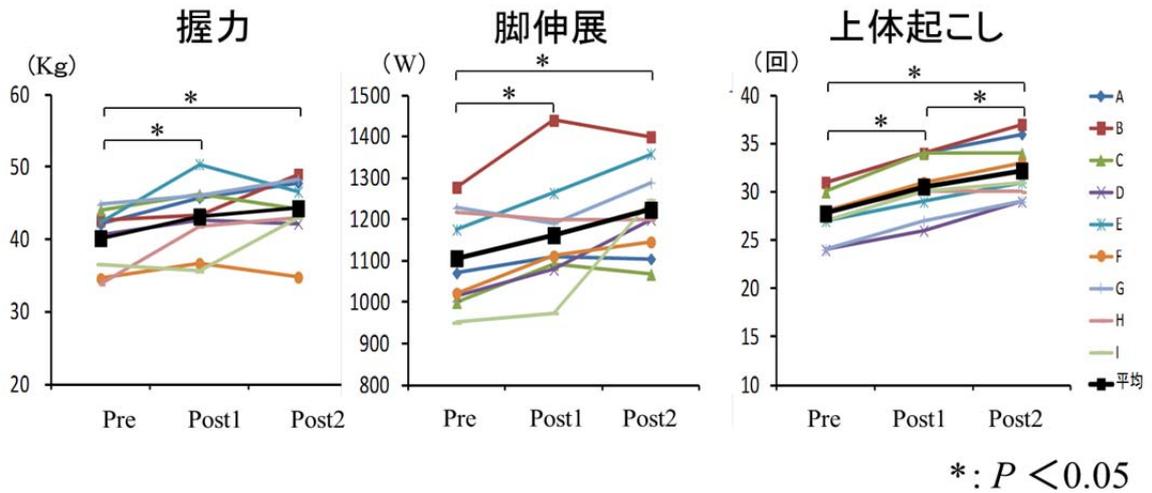


図 6. トレーニングによる筋力指標の変化

3. 多段階運動負荷試験

(1) 最大運動時

図 7 は, 最大運動時における各指標の値を, 個人の値と全員の平均値で示したものである. 全員の平均値で見ると, PO_{peak} は Pre と比較して, Post1 及び Post2 では有意に増加した. さらに Post1 と比較して, Post2 では有意な増加が認められた. $\dot{V}O_{2peak}$ は Pre と比較して, Post1 及び Post2 では有意な増加が認められた. 個人的に見ると, Preと比較してPost2で改善が見られなかった者は, PO_{peak} にはいなかったが, $\dot{V}O_{2peak}$ では1名(D)いた.

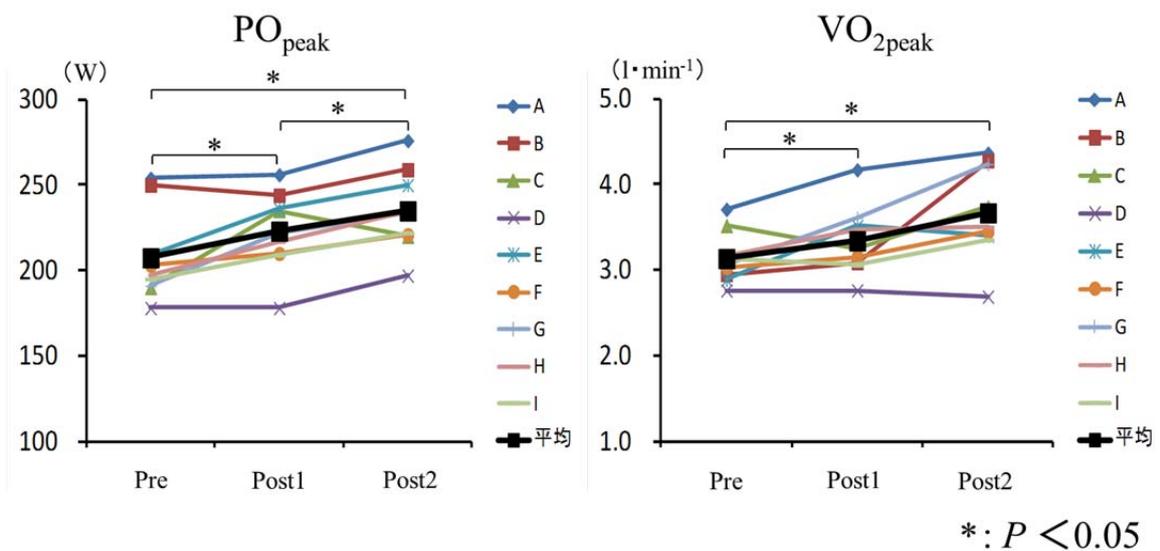


図 7. トレーニングによる最大運動時の有酸素性作業能力指標の変化

(2) 最大下運動時

図 8 は、最大下運動時における各指標の値を、個人の値と全員の平均値で示したものである。全員の平均値で見ると、 PO_{VT} 及び $\dot{V}O_{2VT}$ は Pre と比較して、Post1 及び Post2 では有意な増加が認められた。個人的にみると、Pre と比較して Post2 では、 PO_{VT} も $\dot{V}O_{2VT}$ も全員が改善していた。

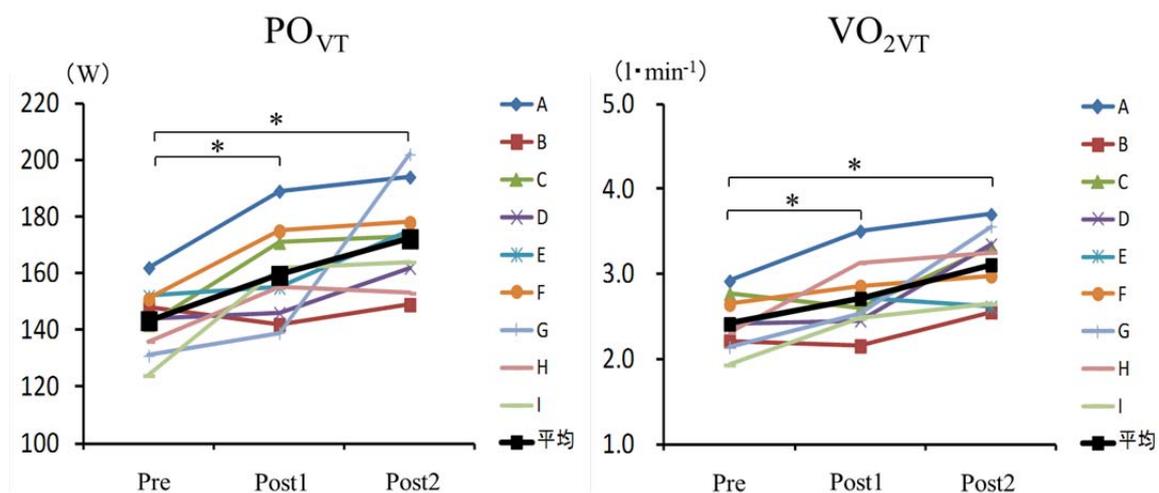


図 8. トレーニングによる最大下運動時の有酸素性作業能力指標の変化

4. 2000m エルゴ漕

図 9 は、2000m エルゴ漕時の運動時間を示したものである。運動時間は Pre と比較して、Post1 及び Post2 で有意な改善が認められ、Pre と Post2 では 14 秒の短縮がみられた。個人的に見ると、Pre と比較して Post2 で改善が見られなかった者が 1 名 (D) いた。

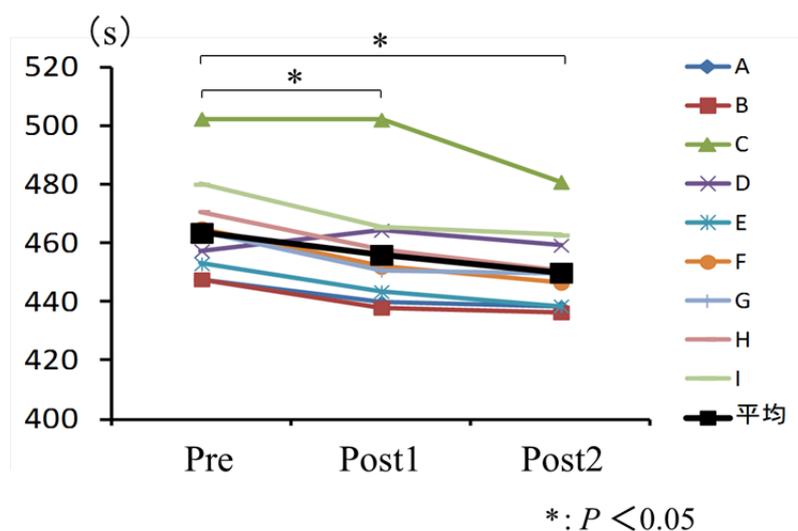


図 9. トレーニングによる 2000m 漕タイムの変化

図 10 は, 2000m エルゴ漕時のストローク指標の値を示したものである. PO_{ave} は Pre と比較して, Post1 及び Post2 で有意な増加が認められたが, SR_{ave} については, 有意差は認められなかった. また, WPS は Pre と比較して, Post2 では有意な増加が認められた. なお個人的に見ると, Pre と比較して Post2 の PO_{ave} が改善していなかった者が 1 名 (D) いた.

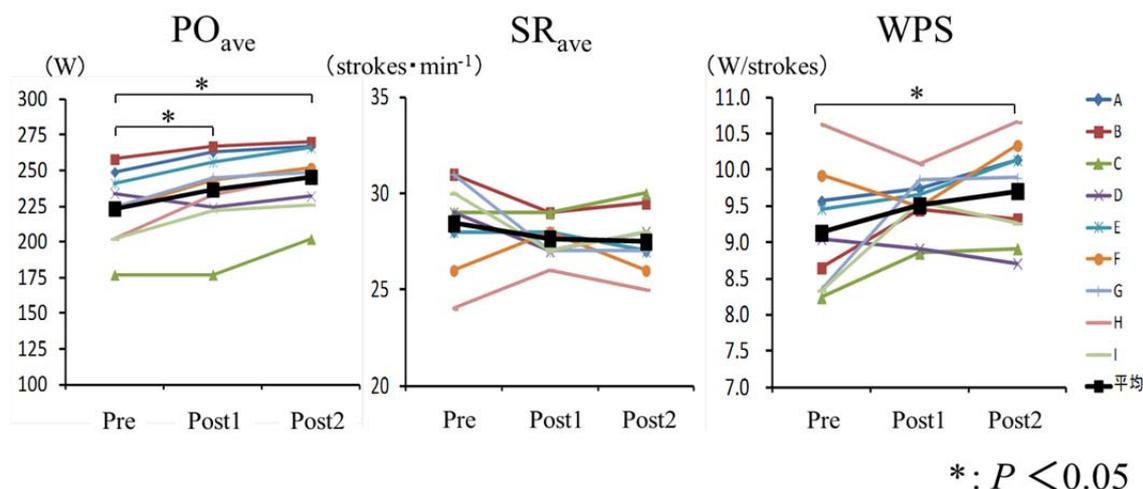


図 10. トレーニングによる 2000m 漕時のストローク指標の変化

5. 競技会の結果

本トレーニング介入をする以前に行われた県新人戦大会では, 他校のクルーと比較すると, レースの前半において, 高いスピードを維持することができるが, レースの中盤から後半 (500m から 750m) にかけて艇速は減速していた.

一方, Tr1 による介入を行った後に行われた地区ブロック新人選抜大会では, 県新人戦大会と比較して, レースの距離が長くなったにもかかわらず, 艇速はレースの中盤から後半にかけてほぼ一定に保つことができていた. 順位やタイムについては, コースの環境条件 (風, 波), レースの距離や各校が使用する艇が異なるため, 比較することが困難である. しかし, これらの諸条件を考慮すれば, 例年の同一大会や 1 ヶ月前の県新人戦大会と比較して, 指導者および選手の内省報告としては良好な結果であった.

Tr2 による介入を行った後に行われた全国マシエルゴメータ大会の 2000m 漕では, 平均タイムが 453.9 秒であり, 自己ベストを出した選手が数名 (5 名) いた. また, その後に行われた Post2 の 2000m エルゴ漕の平均タイムは 449.9 秒であり, さらにタイムの短縮が見られた.

IV. 考察

本研究では高校生のボート選手を対象に, 通常練習及び競技会の観察をするとともに体力測定もあわせて行い, それらの結果を基に, チーム全体及び各選手の弱点と考えられた体力要素に対して, 2 ヶ月間で 2 回 (4 週間ずつ) のトレーニング介入を行った. そしてトレーニング前後で, 1) 形態, 2) 筋力, 3) 有酸素性作業能力及び 2000m エルゴ漕に与える影響について検討したところ, いずれも良好な結果を得た.

また、実際の水上での競技会の成績については、使用する艇の問題等の関係で、タイム的には十分なものではなかったが、そのような不可抗力な要因を除いて考えた場合、指導者や選手のパフォーマンスに対する内省的な評価は、例年よりも高いものであった。またマシンエルゴメータ大会での成績も良好なものであった。そこで以下、1)~3)のそれぞれに分けて考察を加える。

1. 形態及び身体組成に対する本トレーニングの効果

ボート競技では、選手が発揮した出力パワーをオールを介して艇に伝達することによって漕速度を増大させる。ここで、選手がオールに対して発揮する出力パワーの大小は、ローイング動作に関与し動員される筋群の量に比例する(Secher, 1983)。すなわち、ボート競技のパフォーマンスを向上するためには、体重及びローイング動作に関与している筋群の大きさ(除脂肪体重)を増加させることが重要となる。

本研究の結果をみると、2ヶ月間のトレーニングを行うことにより、除脂肪体重が52.8 kgから54.0 kgに増加(+1.2 kg)した。また、腹部及び臀部の周径囲が増加した(表1)。したがって本トレーニングによって、ローイング動作に関与している体幹部及び臀部の筋群を効果的に肥大させることができたといえる。

この要因としては、ストレングストレーニングを、従来は週に2回であったものを、3回に増やしたことが考えられる。部位別に見ると、腹部の周径囲が増加した理由としては、補強トレーニングでツイストなどの体幹部を鍛えたことが考えられる。臀部の周径囲が増加した理由については、ストレングストレーニングの頻度を増やしたことや、その内容についても下半身を中心とする階段昇降トレーニングを行ったことが考えられる。

2. 筋力(無酸素性作業能力)に対する本トレーニングの効果

ローイング動作は、選手が力を発揮していく過程で、その前半部分では脚力、後半部分では背筋力による貢献度が大きくなると報告されている(Yoshiga and Higuti, 2003)。つまり選手にとって、下半身及び上半身の総合的な筋力が必要となり、筋力及び最大パワーといった無酸素性作業能力の絶対値の大きさが、パフォーマンスを向上させるうえで欠かせない要因となる。

本研究の結果を見ると、2ヶ月間という短期間で、上半身の筋力の指標とした握力、体幹部の指標とした上体起こし、下半身の筋力の指標とした脚伸展パワーがいずれも有意に増加していた(図6)。したがって、本研究で用いたトレーニングプログラムは、ローイングパフォーマンスに重要とされる上半身及び下半身の筋力を効果的に改善することができたといえる。

本トレーニングにより上半身の筋力が改善した理由としては、Tr1ではストレングストレーニングを、従来の週に2回から3回へと増やしたことが考えられる(図2)。なお、一部の選手(C, D, F)については、Preと比較したときに改善が見られなかった。この原因については、Tr2の期間は学校の試験期間に当たっていたため、十分なトレーニング時間を確保できず、ストレングストレーニングの回数を週に1回に減らしたことが要因と考えられる。

下半身の筋力が改善した理由としては, 1. で述べたようなストレングストレーニングを行ったことに加え, Tr2 ではエルゴメータトレーニング時に WPS を設定して, より高い WPS で漕ぐように指示したことが要因と考えられる.

体幹部の筋力が改善した理由としては, 1. でも述べたように補強トレーニングを毎日行ったことに加え, 各選手に体幹部の重要性を意識してトレーニングに取り組ませたことが考えられる.

3. 有酸素性作業能力に対する本トレーニングの効果

(1) 最大運動時の能力

エリート男子ボート選手の最大酸素摂取量は $6.0 \sim 6.6 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ ($65 \sim 70 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) であると報告されており (Hagerman, 1984), 最大酸素摂取量はレースパフォーマンスの重要な予測因子になり得る. そのため, 現場ではこれらの能力を向上するためのトレーニングが多く行われている.

優秀なジュニアボート選手を対象に 16 歳から 17 歳までの 1 年間のトレーニングにおいて, $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ が絶対値で $4.24 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ から $5.41 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ へと 28% 増加したという報告がある (Brzenczec et al, 2007). 一方, 本研究のトレーニングでは $3.16 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ から 1 ヶ月後には $3.34 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ (+6%), また次の 1 ヶ月では $3.64 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ (+9%) となり, 2 ヶ月間で 15% と大幅な増加がみられた (図 7).

これらの結果から, 本研究におけるトレーニングプログラムは, 最大運動時の有酸素性作業能力を効果的に改善させるものであったといえる. この理由としては, エルゴメータトレーニングにおいて, 個々の選手に最適な負荷を与えるために, 個別にトレーニング強度を指定したこと, また従来から言われているような $\dot{V}O_{2\text{max}}$ を高めるためのトレーニング (図 3, エルゴメータを用いて, 2 分運動 2 休息を 2~5 セットなど) を, Tr1 においては週に 5 回以上, Tr2 においては週に 3 回以上行ったことが考えられる.

個人的に見ると, Pre と比較して Post2 で改善が見られなかった者は, PO_{peak} ではみられなかったが, $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ では 1 名 (D) いた. これは, 腰痛によって高強度のエルゴメータトレーニングをすることができなかったためと考えられる.

(2) 最大下運動時の能力

本研究の結果をみると, 2 ヶ月間で PO_{VT} , $\dot{V}E_{\text{VT}}$, $\dot{V}O_{2\text{VT}}$ がいずれも有意に増加した. エリートボート選手を対象に, ローイングエルゴメータを用いて VT を測定した結果, VT に相当する % $\dot{V}O_{2\text{max}}$ は 85~95% であったと報告されている (Hagerman, 1984). 一方, 本研究における VT は, Pre, Post1 及び Post 2 において, それぞれ $77 \pm 8\%$, $85 \pm 16\%$, $83\% \pm 10\%$ $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ に相当する値であった. これらのことから, 本研究で用いたトレーニングプログラムは, ローイングパフォーマンスに重要とされている VT レベルでの作業能力を, 効果的に向上させることができたといえる.

この理由としては, 前節で述べたように, $\dot{V}O_{2\text{max}}$ を効果的に高めるためのトレーニングを処方したこと, 最大下運動時のトレーニング強度を指定し, 有酸素性作業能力の向上に効果的な刺激を与える VT 強度 (図 3, エルゴメータを用いての 20~30 分間漕など) を個別に指定したこと, VT 強度でのトレーニングの頻度を増やしたこと, またトレーニングの負荷がより効果的にかかるように, ローイン

グ技術の不足した選手に対しては正しいローイング動作の技術獲得を指導したこと、などが考えられる。

4. 2000m エルゴ漕に対する本トレーニングの効果

ボート競技において、ローイングエルゴメータを用いた 2000m エルゴ漕は、水上における実際のパフォーマンスを予測するのに適した指標として、広く実施されている。本研究の結果を見ると、トレーニング後には 2000m エルゴ漕においても有意な増加が観察された(図 9)。またこの増加は、14 秒の短縮(3%)という顕著なものであった。エルゴメータと水上のタイムの間には正の相関が報告されている(Steinacker, 1993)ことから、本研究で用いたトレーニングプログラムは、最終目標である水上でのパフォーマンスにとっても、効果的な改善をもたらす可能性の高いものであったといえる。

Huangらは、高校生期の 2000m エルゴ漕のパフォーマンスを決定する要因として、レッグプレスの 1RM 及び身長、つまり筋力と形態的な要因が重要であると指摘している(Huang et al, 2007)。またエリート選手において、除脂肪体重、脚伸展パワー、最大運動時の $\dot{V}O_{2max}$ 、LT 強度における $\dot{V}O_2$ 、及び最大運動時の最大出力パワーが重要であると報告されている(Ingham et al, 2007)。

本研究においても、1~3 で述べてきたように、除脂肪体重、脚伸展パワー、最大運動時の $\dot{V}O_{2peak}$ 、換気性作業閾値(乳酸作業閾値とほぼ等しい指標)の $\dot{V}O_2$ が増加していた(図 8)。したがって、本研究における 2000m エルゴ漕パフォーマンスの改善も、これらの様々な体力要素(形態と身体組成、筋力、有酸素性作業能力)の改善が総合してもたらされたと考えられる。

なお、このエルゴメータでのパフォーマンスの改善要因について見ると、SR ではなく WPS の方が有意に増加していた(図 10)。この要因としては、エルゴメータトレーニングにおいて、SR をより低く設定するとともに、WPS をできるだけ高く維持して漕ぐように強度を指定するといった、トレーニング内容の改善を行ったことが考えられる(図 4)。

なお、1 名(D)については、Pre と比較したときに改善が見られなかった。これは、腰痛によって高強度のエルゴメータトレーニングをすることができなかつたためと考えられる。

V. 要約

発育発達期の途上にあり、また体力レベルや技術レベルでも個人差の大きな高校生期のボート競技選手 10 名を対象として、通常練習及び競技会の観察を行うとともに、各種の体力測定を行った。そしてそれらの結果を基に、チーム全体及び各選手の弱点と考えられた体力要素に対して、2 ヶ月間で 2 回(4 週間ずつ)のトレーニング介入を行った。

その結果、ボート競技にとって重要とされる 3 種類の体力要素(形態及び身体組成、筋力、有酸素性作業能力)や 2000m エルゴ漕のパフォーマンスを、短期間で有意に改善させることができた。また、水上でのレースパフォーマンスについては、使用機材やレース条件が異なるため、タイムによる比較検討は出来なかったものの、選手やコーチの内省報告としては良好な結果であった。

このような効果が短期間で得られた理由として、以下のようなことが考えられた。

- 1) 筋力をより向上させるために、ストレングストレーニングの頻度を増やした。

- 2) 有酸素性作業能力をより向上させるために、最大下運動時でのトレーニングにおいて、選手に対して相対的に同等の負荷がかかるように、個別にトレーニング強度を指定した。
- 3) 1 ストロークの発揮パワーをより大きくするために、WPS を指定し、より高い WPS で漕ぐように指定した。
- 4) トレーニング負荷を効果的にかけるために、技術レベルの低い選手に対してはローイング技術の指導を行った。
- 5) 2 回の体力測定の結果を直ちに各選手にフィードバックし、個々の弱点を明確に意識させるとともに、トレーニングへの意欲を向上させるよう配慮した。

<参考文献>

- ボート競技のトレーニング. 浅見俊雄, 宮下充正, 渡辺融(1984), 現代体育・スポーツ大系 15: II ボート競技の科学, 講談社, pp47-81.
- Bourdon, P. C., A. Z. David, J. D. Buckley (2009) A single exercise test for assessing physiological and performance parameters in elite rowers, the 2-in-1 test, *J. Sci. Med. Sport*, 12: 205-211.
- Brzenczek-Owczarzak, W., A. Naczka, M. Naczka, M. Kowalski, J. Arlet (2007) Estimation of one-year rowing training efficacy on the basis of aerobic capacity changes, *Studies In Physical Culture And Tourism*, 14: 235-239.
- Cheng, B., H. Kuipers, A. C. Snyder, H. A. Keizer, A. Jeukendrup, M. Hesselink (1992) A new approach for the determination of ventilatory and lactate thresholds, *Int. J. Sports Med.*, 13:518-522.
- Driller, N. W., J. W. Fell, J. R. Gregory, C. M. Shing, A. D. Williams (2009) The effects of high-intensity interval training in well-trained rowers, *Int. J. Sports Physiol. Perform.*, 4: 110-121.
- Hagerman, F. C. (1984) Applied Physiology of rowing, *Sports Med.*, 1: 303-326.
- Huang, C. J., T. W. Nesser, J. E. Edwards (2007) Strength and power determinants of rowing performance, *J. Exerc. Physiol.*, 10: 43-50.
- Ingham, S. A., G. P. Whyte, K. Jones, A. M. Nevil (2002) Determinants of 2,000m rowing ergometer performance in elite rowers, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 88: 243-246.
- Mikulic, P. (2009) Anthropometric and metabolic determinants of 6,000-m rowing ergometer performance in internationally competitive rowers, *J. Strength. Cond. Res.*, 23: 1851-1857.
- 坂本剛健, 牧田茂, 里見潤 (2003) 世界ジュニア選手権日本代表男子ボート選手の過去 10 年間 (1992-2001) の運動負荷-血中乳酸濃度測定による体力評価, *トレーニング科学*, 15: 121-128.
- Secher, N. H. (1983) The physiology of rowing, *J. Sports Sci.*, 1:23-53.
- Steinacker, J. M. (1993) Physiological aspects of training in rowing, *Int. J. Sports Med.*, 14: 3-10.

- 山本憲志, 伊坂忠夫, 高橋勝美, 櫻間幸次 (2000) オフシーズントレーニングが男子大学ボート選手の無酸素性パワーと筋厚に与える影響, 体力科学, 49, 469-480.
- Yoshiga, C. C., M. Higuti (2003) Bilateral leg extension power and fat-free mass in young oarsmen, J. Sports Sci., 21: 905-909.