

ボート選手の試合期における 呼吸筋トレーニングの有用性に関する検討

阿部 肇 竹村英和

キーワード：ボート選手，試合期，呼吸筋トレーニング，パフォーマンス

Study on the Availability of Inspiratory Muscle Training
in Competitive Period of Rower

Tadashi Abe Hidekazu Takemura

Abstract

The purpose of this study was to investigate the availability of inspiratory muscle training (IMT) in competitive period of rower. Twelve male well-trained college-age rowers participated in this study. These subjects were divided into IMT group (n=6) and control group (n=6), respectively. The IMT group performed 30 times repetition inspiratory effort by using the resistance equivalent to 50% of maximal inspiratory mouth pressure (P_Imax), two sessions per day for four week. All subjects underwent 2000m maximal effort test and intermittent incremental load test on a rowing ergometer before and after experimental period. Rowing performance (time and power), physiological responses to exercise, resting P_Imax, and daily training load were measured. Training volume of rowing during experimental period was almost equal between both groups. P_Imax as an index of inspiratory muscle strength in IMT group increased by $38.7 \pm 31.5\%$ compared with only $7.7 \pm 6.2\%$ of the control group ($p < 0.05$). In contrast, there was no significant difference in the rowing performance and physiological parameters between both groups. These results suggest that IMT for four week of the competitive period doesn't improve rower's performance. However, perception of dyspnea to exercise in IMT group was tendency to decrease. Therefore, inspiratory muscle training may be helpful for improvement of motivation to training in rowers.

Key words: rower, competitive period, inspiratory muscle training, performance

I. 緒言

ボート競技は、定められた距離の直線コースを漕ぎきる時間の短さを競い合う競技であり、オリンピックや世界選手権などの国際的なレースは2000mの距離で競われる。2000mレースの競技時間はエイトやシングルスカルなどの種目により異なり、一般的に5分30秒～8分前後である。この競技時間からエネルギー供給系に着目すると、大きく3つの区間に分けられる。

0～500mの「スタート区間」では、ボートを可能な限り短時間で最高速度まで加速し、定常状態に移行させることが戦略的および力学的観点から必要となる。そのため、選手は高いSR (Stroke Rate; 1分間あたりのストローク数) でボートを漕ぐことにより、パワー出力を高めている。また、この区間では酸素摂取量が十分に高い値を示さず、一方で血中乳酸濃度は高値であることが報告されている (Hagerman, 2000)。次に500～1500mの「中間区間」では、良いリズムを刻み一定のSRでボートの加減速を抑え、安定した高い速度を保つことが重要となる。また、この区間においては、「スタート区間」から移行するあたりで最大酸素摂取量に近いレベルに達し、その後高いレベルで維持されている (Hagerman, 2000)。最後に、1500～2000mの「ラストスパート区間」では、選手は再びSRを高めることにより、ボートの速度を可能な限り高めることが求められる。これらのことから、「スタート区間」では無酸素性エネルギー供給系、「中間区間」では有酸素性エネルギー供給系、「ラストスパート区間」では双方のエネルギー供給系が利用されており、レースの500～2000m区間の大部分では、有酸素性エネルギー供給系に依存していることになる。有酸素性能力を評価する指標には、最大酸素摂取量が用いられており、ボート競技は2000mのレースを通して最大酸素摂取量に近い強度で行われている (Hagerman, 2000)。したがって、ボート競技の競技力向上を図るうえで、最大酸素摂取量を向上させることが重要になるといえよう。また、ボート競技の指導者は競技力向上にあたり、選手個人の生理学的要素の向上のみならず、クルーがリズムを合わせ、ばらつきの無いようにボートを漕ぐユニフォームやコンビネーションが重要な要素であることを理解している。これらの要素には、選手が安

定した正確なストローク動作を繰り返し、かつ良いリズムが保たれていることが関係する。そして、良いリズムを有する選手は安定した呼吸を行っていることが知られている。安定した呼吸は息苦しさが軽減されることで行いやすくなる。

近年、一部のスポーツ選手において、最大酸素摂取量の向上やレース中における息苦しさを軽減する目的で呼吸筋トレーニングが実施されている。呼吸筋トレーニングの実施は、呼吸筋力の向上とそれに伴う換気能力の向上が期待される。また、最大酸素摂取量は肺換気量や心拍出量、動静脈酸素較差によって決定されるが、その一要因である換気量 (換気能力) を向上させることにより、最大酸素摂取量の向上や運動時の酸素摂取率の改善も期待できる。さらに、呼吸筋力の向上により息苦しさが軽減し、競技中の呼吸を安定させることも期待される。しかしながら、呼吸筋トレーニングは本来、呼吸リハビリテーションにおいて活用されてきたものであり、ボート選手の競技力向上に及ぼす影響について検証した報告は少ないのが現状である。

数少ない先行研究の中で、Volianitisら (2001a) は14名の女子ボート選手を対象として、最大吸気筋力の50%の負荷圧を使用し、1回あたり30回の呼吸筋トレーニングを1日2回実施した結果、4週間後に呼吸筋力 (吸気力) が向上するとともに、6分間最大漕における漕距離と5000mタイムトライアルの結果が向上したことを報告している。しかし一方で、Riganasら (2008) は、よくトレーニングされた19名のボート選手を対象に1日30分・週5回の呼吸筋トレーニングを6週間実施した結果、呼吸筋力は向上したものの最大酸素摂取量や2000mのレースタイムは改善しなかったことを報告している。このように、ボート選手の呼吸筋トレーニングの有用性を検討した報告は少なく、パフォーマンスの向上についても統一された見解はなされていない。この理由のひとつとして、先行研究では呼吸筋トレーニングの介入中に通常のボートトレーニングを実施させているものの、トレーニング量を定量化していないことが影響していると考えられる。

そこで本研究では、ボートトレーニング量を定量化したうえで、ボート選手の試合期における呼吸筋トレーニングの有用性について明らかにす

ることを目的とした。

II. 方法

1. 被験者

被験者は、大学漕艇部に所属する男子部員 12 名とした。これらの被験者は、年間を通して有酸素性作業能力の向上を中心としたトレーニングを週 6 日間で計 11 回、1 回あたり約 2 時間から 3 時間実施していた。実験に先立ち 12 名の被験者をロウイングエルゴメーターによる 2000m パフォーマンステストのタイムと被験者の体重を基準として、呼吸筋トレーニングを実施するトレーニング群と実施しない対照群にそれぞれ 6 名に分けた。各群の被験者の身体的特性を表 1 に示した。トレーニング群と対照群の平均年齢は 20.0 ± 1.1 歳と 20.2 ± 1.7 歳、平均競技歴は 6.3 ± 2.2 年と 6.2 ± 1.9 年、平均身長は 177.9 ± 6.3 cm と 172.4 ± 8.7 cm、平均体重は 76.7 ± 6.4 kg と 73.6 ± 6.8 kg、2000m パフォーマンステストにおける平均タイムは 6 分 44 秒 0 ± 8 秒 8 と 6 分 46 秒 6 ± 7 秒 9 であり、全ての項目においてトレーニング群と対照群との間に有意差は認められなかった。

なお、被験者には本研究の目的や方法、個人情報保護について十分に説明し、書面において本研究に参加することへの同意を得た。

表 1 被験者プロフィール

トレーニング群						対照群					
被験者	年齢(歳)	競技歴(年)	身長(cm)	体重(kg)	2000m(分秒)	被験者	年齢(歳)	競技歴(年)	身長(cm)	体重(kg)	2000m(分秒)
A	21	10	187.2	85.5	6:28.7	G	20	6	183.8	85.6	6:37.0
B	19	5	182.8	80.3	6:40.5	H	23	8	175.1	76.4	6:44.2
C	19	4	172.1	80.5	6:48.7	I	18	4	178.8	70.3	6:39.2
D	19	5	179.2	73.0	6:43.0	J	20	5	169.8	72.1	6:50.5
E	21	7	171.3	68.9	6:51.2	K	19	5	167.6	71.6	6:51.5
F	21	7	175.0	71.8	6:51.9	L	21	9	159.3	65.7	6:57.4
平均	20.0	6.3	177.9	76.7	6:44.0	平均	20.2	6.2	172.4	73.6	6:46.6
標準偏差	1.1	2.2	6.3	6.4	0:08.8	標準偏差	1.7	1.9	8.7	6.8	0:07.9

2. 呼吸筋トレーニングとボートトレーニング

呼吸筋トレーニングの実施期間は、ボート選手の競技力向上に効果を認めた Volianitis ら (2001a) の先行研究と同様に 4 週間とした。トレーニング群は安静時の最大吸気口腔内圧の 50% 負荷を用いて、30 回を 2 セットのトレーニングを 1 日 2 回実施した。トレーニングは POWER-

breathe®を用い、ノーズクリップを装着した状態でマウスピースをくわえ、できるだけ息を吐いてから、素早く、力強く口から息を吸い込ませて実施した。このとき、できるだけ早く多くの空気を吸い込む努力をさせた。また、息を吐くときはゆっくりと力を入れずに、すべての息を口から吐き出させた。なお、トレーニングは座位で行わせ、ロウイング動作における呼吸を意識させるようにした。実施期間中において、検者はトレーニングが正しく実施できているか定期的に確認した。

通常ボートトレーニングについては、指導者によって作成されたトレーニングプログラムに基づき、両群ともに共通した内容を実施させた。

3. 測定項目

被験者は、呼吸筋トレーニングの介入前後に、安静時の呼吸筋力測定、2000m ロウイングパフォーマンステスト、漸増負荷テストによる最大酸素摂取量 (Maximal oxygen uptake: $\dot{V}O_{2max}$) の測定を行った。呼吸筋力測定については、多数の被験者が測定未経験であったため、安定した測定が行えるようにプレテストを実施し、測定結果の再現性について確認した。また、2000m ロウイングパフォーマンステストと漸増負荷テストは、介入前後のそれぞれにおいて 2~3 日間の間隔を空けて実施し、測定時間は介入前後において同一時間帯になるよう配慮した。なお、これらのテストにはロウイングエルゴメーター (Model D Indoor Rower, Concept2 社, USA) を用い、Drag Factor を体重 75.0kg 以下が「130」、75.1kg 以上は「135」に設定した。Drag Factor とは抵抗値のことであり、毎ストローク毎の回転板の減速度から算出される。この値を同一とすることで同じ負荷条件での測定が可能となる。

介入期間は 6 月中旬から 7 月中旬であり、ボート競技の年間トレーニングスケジュールにおいて、試合期に位置づけられていた。なお、被験者には介入期間中におけるボートトレーニングのトレーニング量を記録させた。

(1) ボートトレーニング量

被験者には、ボートトレーニング終了時にトレーニング時間と主観的運動強度 (Rating of Perceived Exertion: RPE, CR-10) を記録させた。その

結果からトレーニング量の指標とする Load (トレーニング時間×RPE) を算出した。

(2) 呼吸筋力

呼吸筋力は、最大呼気努力あるいは最大吸気努力時の口腔内圧を指標として、最大呼気口腔内圧 (Maximal expiratory mouth pressure:以下 PEmax)、および最大吸気口腔内圧 (Maximal inspiratory mouth pressure:以下 PImax) として表される。本研究では、4 週間の呼吸筋トレーニング介入前後の安静時 PEmax (最大呼気力) と安静時 PImax (最大吸気力) をマルチファンクショナルスパイロメーター HI-801 (チェスト社製) を用いて測定した。

測定時には、被験者にノーズクリップを装着させた。また、PEmax 測定時には被験者に自身の頬部を保持させることで息漏れが生じないように配慮した。PEmax および PImax とともにそれぞれ 3 回測定し、得られた測定値の最大値を採用した。

(3) 最大酸素摂取量

被験者は測定前の準備運動として、10 分間の軽いジョギングとストレッチングを行った。測定は間欠漸増負荷法を用い、各ステージ 3 分間の運動とステージ間には血中乳酸濃度測定のために 1 分間のインターバルを設けた。測定開始時の負荷 (仕事量) は 160watt とし、ステージ毎に 30watt ずつ漸増し、血中乳酸濃度が 4mmol/L を超えたことを確認した後は、インターバルは設けず各ステージ 1 分毎に連続的に漸増し、疲労困憊に至るまで運動をさせた。疲労困憊の判定基準は、指定した仕事量 (watt) を 5 ストローク続けて下回った時点とした。また、運動中は、酸素摂取量を連続的に計量し、30 秒毎に定量した。最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_{2max}$) については、次の 5 項目を評価基準とし、この中から 2 つ以上を満たしているかに基づき規定した。

- ① 酸素摂取量にプラトー現象が発現すること
- ② 年齢から推定される最大心拍数に達すること (HRmax=(220-年齢)の±10 拍/分)
- ③ ガス交換比 (RQ) >1.0~1.5
- ④ 運動直後の血中乳酸濃度が 10mmol/L 以上に達すること
- ⑤ RPE (CR-10 スケール) が 9 あるいは 10

(4) 2000m ロウイングパフォーマンステスト

1) 漕時間とパワー

被験者は、テスト前に 30 分間の共通したウォーミングアップを実施し、その後、2000m ロウイングパフォーマンステストを行った。テストは最大努力で実施させ、運動時間とパワー (watt) を測定した。なお、ウォーミングアップの内容は 5 分間のジョギング、10 分間の柔軟体操とスタティックストレッチングおよび 15 分間のロウイングエルゴメーターを用いた漕運動とした。15 分の漕運動は、SR を 20 回/分に設定してスタートした。3 分経過時には、SR を 24 回/分に増加させて 15 ストロークの最大努力を行わせた。最大努力が終了した後は、再び SR を 20 回/分に戻して漕運動を継続した。同様に、6 分経過時には SR を 28 回/分に、9 分経過時には SR を 32 回/分に設定し、15 ストロークの最大努力を行わせた。また、12 分経過時には、最大努力のスタートプリントを 15 ストローク実施させ、残りの時間は実際の競技におけるレースと同様にスタート時間に向けて安静状態を保持させた。

2) 心拍数

安静時からテスト終了までの心拍数を心拍計 (RS400, POLAR 社製) を用いて 5 秒間隔で連続的に測定した。

3) 酸素摂取量および毎分換気量

被験者の呼気を熱線流量計 (呼吸代謝測定システム AE-300S, ミナト医科学社製) を用いて連続的に計量し、30 秒毎に換気量を定量した。呼気の一部は赤外線式およびジルコニア素子式分析器 (MC-360, ミナト医科学社製) を用いて酸素および二酸化炭素濃度について分析した。分析項目は、酸素摂取量 (oxygen uptake: $\dot{V}O_2$)、毎分換気量 (minute ventilation: $\dot{V}E$) とした。また、酸素摂取量と毎分換気量から酸素摂取率 ($\dot{V}O_2/\dot{V}E$) を算出した。酸素摂取量と毎分換気量、酸素摂取率は、パフォーマンステストにおける 1~6 分間の平均値を算出し測定値とした。

(5) 呼吸筋トレーニング実施の主観的評価

トレーニング群のすべての被験者には、呼吸筋

トレーニングを4週間実施させた後、通常行っているボートトレーニング時と、介入後のロウイングエルゴメーターテスト時の呼吸状態（息苦しさ）に関する主観的評価を自由記載のアンケートとして書かせた。

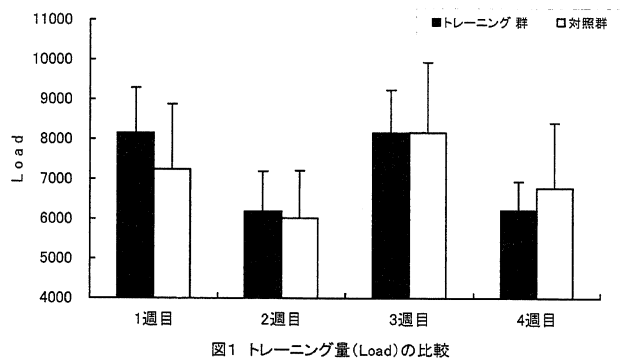
4. 統計処理

すべてのデータは平均値±標準偏差で示した。各パラメータの平均値の差の検定には、対応のあるt検定、もしくは対応のないt検定を用いた。有意水準は5%未満とし、 $p < 0.05$ として表した。

Ⅲ. 結果

1. ボートトレーニング量

図1に4週間の介入期間におけるボートトレーニング量 (Load) を示した。Loadは、1週目 (トレーニング群：8159±1124, 対照群：7243±1638) と4週目 (トレーニング群：6208±723, 対照群：6770±1637) にわずかに差がみられたものの、有意差は認められなかった。また、期間中におけるLoadの合計は、トレーニング群が28702±2000, 対照群が28191±5519とほぼ等しい値を示し、有意差は認められなかった。



2. 呼吸筋力 (PEmax と PImax)

図2に安静時PEmax (最大呼気力)・PImax (最大吸気力)の増加率を示した。PEmaxはトレーニング群が19.9±19.1%, 対照群は6.8±12.3%を示し有意差は認められなかった。一方、PImaxはトレーニング群が38.7±31.5%, 対照群が7.7±6.2%を示し、トレーニング群において有意な向上が認められた ($p < 0.05$)。

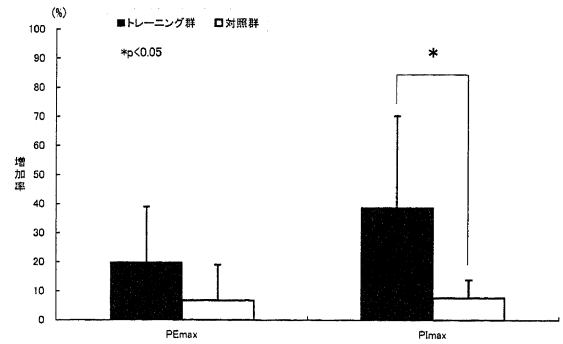


図2 呼吸筋トレーニング後の安静時呼吸筋力(PImaxとPEmax)の増加率

3. 最大酸素摂取量

図3に体重当たりの最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2\max$) を示した。最大酸素摂取量は、トレーニング群の介入前が62.7±4.5ml/kg/min, 介入後は63.1±5.4ml/kg/minであった。一方、対照群は介入前が64.7±3.7ml/kg/min, 介入後は65.5±3.7ml/kg/minを示し、両群ともに有意差は認められなかった。

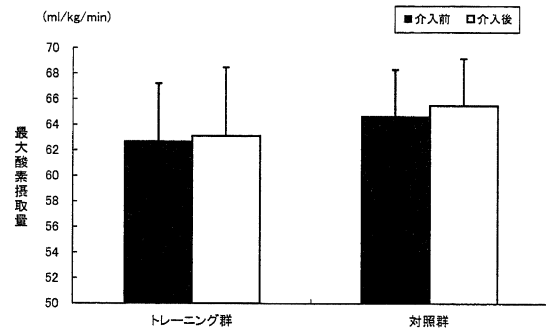


図3 呼吸筋トレーニング実施前後の最大酸素摂取量の比較

4. 2000m ロウイングパフォーマンステスト

(1) 漕時間

図4に2000mロウイングパフォーマンステストにおけるタイム (漕時間) を示した。2000mのタイムは、トレーニング群の介入前が6分44秒0±8秒8, 介入後は6分43秒1±6秒8であっ

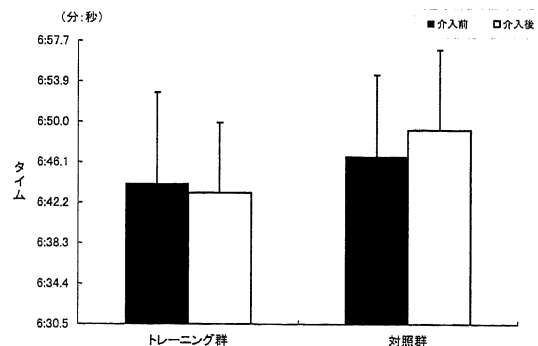


図4 呼吸筋トレーニング実施前後における2000mロウイングパフォーマンステストのタイムの比較

た。一方、対照群は介入前が6分46秒 6 ± 7 秒9、介入後は6分49秒 2 ± 7 秒7を示し、両群ともに有意差は認められなかった。

(2) パワー

図5に2000mロウイングパフォーマンステストにおける平均パワーを示した。2000mの平均パワーは、トレーニング群の介入前が 340.5 ± 22.8 watt、介入後は 343.0 ± 17.5 wattであった。一方、対照群は介入前が 333.7 ± 19.3 watt、介入後は 327.5 ± 18.7 wattを示し、両群ともに有意差は認められなかった。

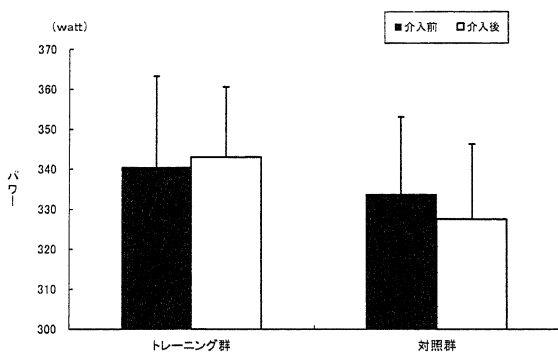


図5 呼吸筋トレーニング実施前後における2000mロウイングパフォーマンステストのパワーの比較

(3) 平均酸素摂取量

表2に2000mロウイングパフォーマンステストにおける1~6分間の平均酸素摂取量を示した。平均値では、トレーニング群の介入前が 60.1 ± 3.0 ml/kg/min、介入後は 59.4 ± 2.8 ml/kg/minであった。一方、対照群は介入前が 62.7 ± 4.8 ml/kg/min、介入後は 60.6 ± 4.7 ml/kg/minを示し、両群ともに有意差は認められなかった。また、各被験者別にみても、トレーニング群および対照群のすべての被験者の介入後の値に、顕著な向上は認められなかった。

表2 2000mロウイングパフォーマンステストにおける平均酸素摂取量の比較

トレーニング群			対照群		
被験者	介入前	介入後	被験者	介入前	介入後
A	60.1	59.4	G	56.6	55.1
B	58.9	58.1	H	63.7	63.1
C	55.4	56.0	I	69.5	67.0
D	60.2	59.0	J	57.7	54.9
E	64.8	64.5	K	64.3	61.2
F	61.0	59.6	L	64.1	62.0
平均	60.1	59.4	平均	62.7	60.6
標準偏差	3.0	2.8	標準偏差	4.8	4.7

※平均酸素摂取量は1分~6分の値を用いて算出した。

(4) 平均毎分換気量

表3に2000mロウイングパフォーマンステストにおける1~6分間の平均毎分換気量を示した。平均値では、トレーニング群の介入前が 150.9 ± 11.5 l/min、介入後は 154.8 ± 8.2 l/minであった。一方、対照群は介入前が 153.9 ± 15.8 l/min、介入後は 146.6 ± 15.8 l/minを示し、両群ともに有意差は認められなかった。また、各被験者別にみると、トレーニング群の1名(被験者C)が介入後に高値を示したが他の5名については、ほぼ等しい値であった。一方、対照群には、顕著な向上を示した者はみられなかった。

表3 2000mロウイングパフォーマンステストにおける平均毎分換気量の比較

トレーニング群			対照群		
被験者	介入前	介入後	被験者	介入前	介入後
A	170.5	167.3	G	160.6	151.2
B	155.6	162.0	H	180.8	174.1
C	136.1	151.2	I	148.5	147.5
D	147.2	152.9	J	142.7	127.1
E	146.2	146.1	K	155.2	140.9
F	150.1	149.0	L	135.9	138.6
平均	150.9	154.8	平均	153.9	146.6
標準偏差	11.5	8.2	標準偏差	15.8	15.8

※平均毎分換気量は1分~6分の値を用いて算出した。

(5) 平均酸素摂取率

表4に2000mロウイングパフォーマンステストにおける1~6分間の平均酸素摂取率を示した。平均値では、トレーニング群の介入前が 30.5 ± 1.3 ml/l、介入後は 29.5 ± 0.8 ml/lであった。一方、対照群は介入前が 30.1 ± 2.0 ml/l、介入後は 30.1 ± 1.4 ml/lを示し、両群ともに有意差は認められなかった。また、各被験者別にみても、トレーニング群および対照群のすべての被験者の介入後の値に、顕著な向上は認められなかった。

表4 2000mロウイングパフォーマンステストにおける平均酸素摂取率の比較

トレーニング群			対照群		
被験者	介入前	介入後	被験者	介入前	介入後
A	30.2	30.2	G	30.4	29.5
B	30.4	29.4	H	26.9	28.2
C	32.9	29.5	I	33.0	31.5
D	29.9	28.7	J	29.2	31.0
E	30.7	30.6	K	29.8	31.4
F	29.2	28.5	L	31.1	29.1
平均	30.5	29.5	平均	30.1	30.1
標準偏差	1.3	0.8	標準偏差	2.0	1.4

※平均酸素摂取率は1分~6分の値を用いて算出した。

5. 呼吸筋トレーニング実施の主観的評価

表5にトレーニング群のすべての被験者に行った自由記載の主観的評価を示した。すべての回答はポジティブなものであり、多くは運動時の呼吸が楽になったという評価であった。

表5 呼吸筋トレーニング実施後の主観的評価

・ボートトレーニング中に大きく深く呼吸することができるようになり、呼吸が楽になった。
・漸増負荷テストでの呼吸が前回よりも楽になり、呼吸が苦しくなることが無くなった。
・2週間目ぐらいから、乗艇でSRが高いメニューの時に、息を吸うのが楽になった。
・約2週間ほどで、乗艇時の呼吸（キャッチ前の息を吸い込む動作）が少し楽になった。
・ボートトレーニングの1500mや3000mなど高強度のトレーニングにおいても、呼吸がしやすく安定するようになった。
・息を吸うのが楽になり、空気をたくさん吸っている感じが得られ、心拍数が上がっても呼吸がしやすく感じる。
・2週間ほど経ってから、息が上がった状態からの回復が早くなったと感じる。
・運動中の呼吸がしやすくなったと感じ、運動後の回復が早くなった。
・導入2週間あたりからランニングと乗艇での呼吸が楽になった。
・導入1週間ぐらいから、ボートトレーニングの強度が軽く感じられた。
・導入後、息が吐きやすくなった。
・苦しくなっても自分勝手な動きをせずに冷静に攻めていた。
・息を吸うことが思ったより楽に感じ、普段のトレーニングでもかなり大きく吸うことが出来ると感じている。

IV. 考察

1. ボートトレーニング量

4週間の介入期間中に実施する通常のボートトレーニングが、ロウイングパフォーマンステストに影響を及ぼすことは言うまでもない。そこで、呼吸筋トレーニングがボート選手の競技力向上に及ぼす影響について検討するうえで、トレーニング群と対照群のボートトレーニング量（Load）に差がないことを明らかにすることが重要であると考えた。トレーニング群と対照群の期間中におけるLoadの総計を算出した結果、両群に有意な差は認められなかった。

このことから、競技力向上の大きな要因となるボートトレーニング量の影響を除外したうえで、呼吸筋トレーニング実施がボート選手の競技力向上に及ぼす影響を検証できたといえる。

2. 呼吸筋力（PE_{max}とPI_{max}）

PI_{max}の向上は呼吸筋群の働きが向上していることを示している。北（2005a）は、横隔膜のはたらしに加えて胸郭の筋群（外肋間筋、胸鎖乳突筋、斜角筋）が補助的に呼吸運動に参加することにより、より多くの空気が吸い込めるようになると著述している。これらのことから、PI_{max}の向上に伴い1回換気量を増大させることが期待できる。また、最大酸素摂取量は肺換気量や心拍出量、動静脈酸素較差によって決定されるので、その一要因である換気量（換気能力）を向上させる

ことにより、最大酸素摂取量の向上や運動時の酸素摂取率の改善も期待できる。

本研究において、呼吸筋トレーニング介入後の安静時PE_{max}・PI_{max}の増加率から、PE_{max}はトレーニング群、対照群ともに有意差は認められなかった。一方、PI_{max}はトレーニング群が38.7±31.5%、対照群が7.7±6.2%を示し、トレーニング群において有意な向上が認められた。Volianitisら（2001a）は、14名の女子ボート選手を対象として、PI_{max}の50%の負荷圧を使用し、1回あたり30回の呼吸筋トレーニングを1日2回実施したところ、4週間後のPI_{max}はトレーニング群が40.7±25.1%、対照群が4.6±6.0%の向上を示し、トレーニング群において有意な向上が認められたと報告している。これは本研究結果とほぼ同一の向上率であり、PI_{max}は呼吸筋トレーニングを4週間実施することで向上することが示唆された。

3. 最大酸素摂取量と2000mロウイングパフォーマンステスト

最大酸素摂取量はボート選手の競技力の指標とされている（M.Muniel Bourdin et al,（野津山喜晴訳）,2003）。呼吸筋トレーニングの導入によって最大酸素摂取量の向上が認められれば、競技力向上も期待できる。呼吸筋トレーニングの実施でPI_{max}の向上が確認できたことで、最大酸素摂取量の向上を期待したが、有意な向上は認められなかった。また、本研究では、2000mロウイングパフォーマンステストの漕時間とパワー、および心拍数や $\dot{V}O_2$ などの生理学的パラメータを測定した。ボート競技の競技力は、有酸素性能力によってほぼ決定される。そのため、2000mロウイングパフォーマンステストにおける無酸素性能力の関与を除外して評価することが必要と考えられる。そこで、本研究では2000mロウイングパフォーマンステストの結果から、無酸素性エネルギー供給系に依存していると考えられるスタートスプリント（0～1分）とラストスパート（6分以降）を除いた1～6分間の平均値を生理学的パラメータの測定値として採用した。Volianitisら（2001a）は14名の女子ボート選手を対象として、PI_{max}の50%の負荷圧を使用し、1回あたり30回の呼吸筋トレーニングを1日2回実施した結

果、4週間後に呼吸筋力（吸気力）が向上するとともに、6分間最大漕における漕距離と5000mタイムトライアルの結果が向上したことを報告している。6分間は2000mロウイングパフォーマンスのタイムのおよそ90%に相当する。

本研究においてもP_Imaxが向上していることから、Volianitisら（2001a）の報告と同様に、2000mロウイングパフォーマンステストにおいて、タイム（漕時間）とパワー（watt）の向上が期待された。しかし、これらの指標についてトレーニング群に有意な向上は認められなかった。また、2000mロウイングパフォーマンステスト中の平均酸素摂取量と平均毎分換気量、平均酸素摂取率についても顕著な向上が示されなかった。

このように、最大酸素摂取量や2000mロウイングパフォーマンスにおける各種パラメータが改善しなかったことは、本研究の実施時期がボート競技の年間スケジュールにおける試合期であったことが一因と考えられる。ボート選手は試合期までの長期間にわたる準備期において、ロウイングパフォーマンス向上のために必要なあらゆる要素の改善に取り組んでいる。したがって、本研究において被験者のロウイングパフォーマンス向上のための生理学的要素が、既にレースに対応できる最高レベルにほぼ到達しており、新たに導入した呼吸筋トレーニングが、最大酸素摂取量や2000mロウイングパフォーマンステストのタイム、パワーおよび生理学的パラメータの改善に結びつかなかったと考えられる。

4. 呼吸筋トレーニングの主観的評価

呼吸筋トレーニングを4週間実施した後、トレーニング群の被験者に行ったインタビューでは、ボートトレーニング時の息苦しさ感が軽減される傾向が示された。Volianitisら（2001b）は、通常のロウイングウォーミングアップの前に、P_Imaxの40%負荷圧で1回あたり30回の呼吸筋トレーニングを2回実施することで、呼吸困難感を有意に軽減させることを報告している。これは本研究の主観的評価のインタビュー結果と同様である。ボート選手にとって、運動中の息苦しさを感じ軽減することは、ボートトレーニングや競技中の集中力を高める効果があると考えられる。また、北（2005b）は、運動のリズムに合わせて呼吸

を行うことによって、運動がスムーズにできるようになると著述している。このことから、呼吸筋トレーニング実施後、運動時の呼吸が楽になり息苦しさ感が軽減されたことは、高強度のボートトレーニングやロウイングパフォーマンステストにおいて、運動のリズムに合う安定したリズムの深い呼吸が行えていると考えられ、漕動作の効率を高めることが期待できる。

V. まとめ

本研究では、試合期の4週間の呼吸筋トレーニングによってP_Imaxが有意に向上したものの、最大酸素摂取量やロウイングパフォーマンスの向上は認められなかった。しかし、呼吸筋トレーニング実施後の主観的評価として行ったインタビューでは息苦しさ感の軽減が示された。

トレーニング時の息苦しさ感が軽減されることは、選手がより高強度のトレーニングを実施できることにつながると考えられる。このことは、選手自身の目標達成に向けたトレーニングにおいて達成感が得られると同時に、よりハードなトレーニングに取り組むためのモチベーションが向上することにもつながるといえる。また、モチベーションの向上は通常のボートトレーニングへの取り組みをさらに積極的なものとし、トレーニングの質を向上させると考えられる。これらのことから、呼吸筋トレーニングの実施によって、パフォーマンスの改善は見られなかったものの、息苦しさ感が軽減されたことから、トレーニングや競技力向上に好影響を及ぼすことが期待できる。さらに、今回実施した呼吸筋トレーニングは、安静時の最大吸気口腔内圧の50%負荷を用いて、1日2回・1回あたり30回を2セットのトレーニングである。このトレーニングは、簡単かつ短時間で取り組める内容である。したがって、体力的にも心理的にも負担が少なく、競技力を向上させるための一つの取り組みとして積極的に活用する意義があると考えられる。

一方で、最大酸素摂取量やロウイングパフォーマンスの向上は認められなかったことから、呼吸筋トレーニングの実施時期をボートトレーニングの周期において準備期に導入することや、Volianitisら（2001b）が示したように2000mロウイングパフォーマンステストのウォーミングアップ

ブ時に実施するなど、条件・方法を検討したうえで呼吸筋トレーニングがボート選手の競技力向上に及ぼす影響を今後さらに検討する必要がある。

参考文献

- Hagerman, F.C. (2000) Physiology of competitive rowing. In: Garrett W. E, Kirkendall D.T. eds. Exercise and sport science. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia: 843-873.
- 北一郎 (2005a) 呼吸のしくみ, 呼吸筋の活動. ナツメ社: 東京, P26-27.
- 北一郎 (2005b) 呼吸のしくみ, 運動のリズムと呼吸. ナツメ社: 東京, P124-125.
- M. Muniel Bourdin et al. (野津山喜晴訳, 2003) フランスの漕艇理論, ボートのパフォーマンスに関連する生理学的要素, 東北大学函南会東京支部: 東京, P222-224.
- Riganas, C.S. et al. (2008) Specific inspiratory muscle training dose not improve performance or VO_2 max levels in well trained rowers, J. Sports. Med. phys. Fitness., 48(3): 285-292.
- Volianitis, S. et al. (2001a) Inspiratory muscle training improves rowing performance, Med. sci. sports Exerc., 33(5): 803-809.
- Volianitis, S. et al. (2001b) Specific respiratory warm-up improves rowing performance and exertional dyspnea, Med. sci. sports Exerc., 33(7): 1189-1193.