

ボート競技の生理学的特性

日下部 悟 佐藤 佑

キーワード : 2000m ローイングパフォーマンス 乳酸 酸素摂取量

Physiological characteristics of competitive rowing

Satoru Kusakabe Tasuku Sato

Abstract

The purpose of this study was examined in physiological characteristics of competitive rowing. Subjects were 8 college oars men. The machinery was used for rowing ergometer concept2 TypeC. The measurements were proceed 2000m performance test and intermittent gradual increased rowing exercise test. It is correlation between 2000m performance test time and each physiology parameter. 2000m performance test time is 410 ± 17 sec. Blood lactate is 12.45 ± 3.14 mmol/l. Peak $\dot{V}O_2$ is 4366 ± 413 ml/min. $\dot{V}O_{2max}$ is 4351 ± 614 ml/min. OBLA power is 260 ± 34 watt, and $\dot{V}O_2$ is 3718 ± 486 ml/min. It was found 1) that the rowing performance was decided by highest $\dot{V}O_{2max}$ and rowing capacity under high lactate accumulated condition, 2) that the rowing performance was decided by both aerobic and anaerobic power.

Key words: 2000m rowing performance, lactate, $\dot{V}O_2$

I. 緒言

ボート競技は水上で行われる競技であり、国際基準の公式レースは2000mのコースで実施される。タイムは、風、波、水深等の状況によって大幅に左右されるため、公認記録制度はない。しかし、標準的に、日本国内のレースでは約6分前後から8分台の競技時間となる。世界選手権やオリンピックになると、5分30秒前後から7分台後半のタイムとなっている。

ボート競技選手の形態特性についてみると、1988年のソウルオリンピック日本代表男子選手(n=11)の身長は 182.7 ± 6.2 cm、体重は 78.4 ± 9.4 kg、体脂肪率 $9.4 \pm 3.6\%$ と報告されている(福永ら、1988)。一方、1987年の世界選手権に出場したアメリカ合衆国代表の男子エイトの8名は、身長 195.0 ± 5.5 cm、体重 88.2 ± 3.7 kg、体脂肪率 $8.5 \pm 1.2\%$ であった(Hagermanら、2000)。このように海外の選手と比較すると身長、体重ともに日本代表選手は小柄で、体脂肪率は高い傾向にあり体格的に劣っていることがわかる。

次に、ボート競技選手の体力特性についてみると、高いレースパフォーマンスを発揮するためには、高レベルの体力が必要とされ、特に、高い有酸素能力が要求されることが知られている。一般的に有酸素的能力の指標としては、最大酸素摂取量(Maximal oxygen uptake: $\dot{V}O_2$ Max)があげられるが、Steinackerら(1993)は、国際的なレベルの男子ボート選手の $\dot{V}O_2$ Maxは、 6.60 l/min($65 \sim 70$ ml/kg/min)であると報告し、高い有酸素的能力を有していることがわかる。

また、 $\dot{V}O_2$ Maxに加え、有酸素的作業能力の指標として、乳酸性作業蓄積閾値(Onset of blood lactate accumulation: OBLA)あるいは、乳酸閾値(lactate threshold: LT)があげられるが、これらのパラメーターについても検討されている。例えば、ローイングエルゴメーターを用いた漸増負荷運動にてOBLA強度を測定したところ、ボート選手のOBLA強度が $\dot{V}O_2$ maxの約85%強度($85\% \dot{V}O_2$ max)であることが報告されている(Kornerら、1987)。また、Hagermanら(2000)もまた、同様に

ローイングエルゴメーターを用いて漸増負荷運動を行かせた際のLTは約80~90% $\dot{V}O_2$ maxであり、さらには無氣的作業閾値(Anaerobic threshold: AT)は85~95% $\dot{V}O_2$ maxでありトップレベルのボート競技選手は非常に高い有酸素能力を有している。

次に、ボート競技の時間的経過からみたレース区間は、0~500mのスタート区間、500~1500mの中間区間、1500~2000mのラストスパート区間となっている。各区間の主なエネルギー供給システムは、ATP-CP系と乳酸系のスタート区間、有酸素系の中間区間、有酸素系と乳酸系のラストスパート区間となり、国際的なレースにおける3区間の速度を比較し、最も速いのがスタート区間であり、次いでラストスパート区間、そして最も遅いのが中間区間であると報告されている(Hagermanら、2000)。一方、実際のレース中における酸素摂取量($\dot{V}O_2$)動態については興味深い報告がある。Hagermanら(2000)はローイングエルゴメーターを用いてレースを想定し、2000m シュミレーションテストを行い $\dot{V}O_2$ 動態について検討したところ、漸増負荷運動テストで得られた $\dot{V}O_2$ を上回る値であったことが観察され、加えて運動直後の血中乳酸濃度は $10 \sim 20$ mmol/lであることも報告している。

このように、実際のレースを反映するとされるローイングエルゴメーターでの2000m シュミレーションテストにおいては、従来のボート選手の指標とされてきたOBLAよりさらに高い強度で実際の競技はなされているとことが推測され、より高い強度でのエネルギー供給システムが競技パフォーマンスに大きく関係しているのではないかと推測される。

そこで、本研究ではボート競技の生理学的な競技特性について、2000m ローイングパフォーマンステストおよび、間欠的漸増負荷運動テスト時における生理・生化学的応答を調査し、これらの結果から、競技パフォーマンスと各パラメーターとの関係について検討することを目的とする。

II. 研究方法

1. 被験者

被験者はS大学漕艇部に所属する男子部員8名とした。被験者は、週6日、1日2回、持久系中心の約2時間から3時間のトレーニングを行っている。被験者の身体特性を表1に示す。被験者の平均年齢、平均身長および平均体重はそれぞれ 20 ± 2 歳、 173.4 ± 6.9 cm、 71.6 ± 6.2 kgであった。

Table 1. Age, height and bodyweight of the subjects.

Subject	Age (year)	Height (cm)	Bodyweight (kg)
1	20	172.0	67.9
2	22	166.5	69.1
3	20	178.0	71.5
4	21	175.0	76.5
5	20	175.0	72.0
6	20	174.0	76.1
7	19	171.0	68.1
8	18	175.5	71.7
mean	20	173.4	71.6
S.D.	2	6.9	4.9

2. 運動テスト

被験者は、2000m ローイングパフォーマンステストと間欠的漸増負荷運動テストの両テストを行った。2000m ローイングパフォーマンステストと間欠的漸増負荷運動テストの測定が連続した日にならないように1~3日間の間隔を空けてテストを実施した。また、測定当日はトレーニングを行わず、測定1週間前からウエイトトレーニングを行わないよう配慮した。

なお、両運動テストにはローイングエルゴメーター (Concept II Type C Concept 社製, U. S. A.) を使用した。

1) 2000m ローイングパフォーマンステスト

準備運動としておよそ5分のジョギング、10分の軽体操および15分のローイングエルゴメーターを使用したウォーミングアップを行った後、2000m パフォーマンステストへと移行した。テストは最大努力で行わせた。

2) 漸増負荷運動テスト

準備運動はおよそ10分間の軽体操程度を行わせた。運動テストは、間欠的漸増負荷法を用い、各ステージ3分間とし、血中乳酸濃度測定のために、各ステージ間に1分間のインターバルを設けた。測定開始時の初期負荷「仕事量」は130watt

とし、以後ステージ毎に30watt ずつ漸増し疲労困憊に至るまで運動を行わせた。疲労困憊と判定する基準は、各ステージに指定した仕事量(watt)を5ストローク続けて下回った時点で終了とした。

なお両測定共に、使用したローイングエルゴメーターは、Drag Factor を体重72.5 kg以下「135」、72.6 kg以上「140」に設定した。

3. 測定項目

2000m ローイングパフォーマンステストおよび間欠的漸増運動負荷テストの両テストにおいて、生理学的指標として心拍数(Heart rate:HR)、血中乳酸濃度(Blood lactate concentration:La)、換気量(Ventilation:VE)、酸素摂取量(Oxygen uptake:Vo₂)、仕事量(Power:watt)を測定した。

1) 心拍数(HR)

安静時からテスト終了までの全行程のHRを、スポーツ心拍計(S610TM POLAR 社製)を用いて測定した。

2) 血中乳酸濃度(La)

Laの測定は、血中乳酸濃度分析器 BIOSEN5040 (N. S. I. 社製)を用いて行った。2000m ローイングパフォーマンステストでは、安静時、ウォームアップ後および、テスト終了直後の計3回、また、間欠的漸増負荷運動テストでは、安静時および各ステージの計9~11回の測定を行った。なおLaの分析のための採血は、指先血(5μl)を用いた。

3) 酸素摂取量(Vo₂)および換気量(VE)

呼吸を熱線量計(AERO MONITOR AE-300S, ミナト医科学社製)を使用して連続的に計量し、30秒ごとに換気量を定量した。呼吸の一部は赤外線式およびジルコニア素子式用分析器(ミナト医科学社製:MC-360)を使用して、酸素および二酸化炭素濃度について分析し、酸素摂取量および二酸化炭素排出量を1分間値として算出した。分析器の較正は、既知濃度の標準ガス(日本酸素)で行った。

なお、1名の被験者は、間欠的漸増負荷運動テスト時のHRを、そして2名の被験者はLaの一部を測定することができなかった。

4. 分析項目

1) 2000m ローイングパフォーマンステスト

2000m ローイングパフォーマンステストでは、2000m 測定中の Power (watt), 平均酸素摂取量 (Average oxygen uptake: Ave $\dot{V}O_2$, Ave $\dot{V}O_2/W$), 2000m ローイングパフォーマンステスト時に記録した酸素摂取量の最高値 (Peak oxygen uptake: Peak $\dot{V}O_2$, Peak $\dot{V}O_2/w$), 平均心拍数 (Average heart rate: Ave HR), 2000m ローイングパフォーマンステスト時に記録したHRの最高値 (Peak heart rate: Peak HR), 測定終了直後の血中乳酸濃度, および運動時間 (Time) を測定した。 $\dot{V}O_2$, HRともに2~6分間の平均と, その間の最高値を測定値とした。

2) 間欠的漸増負荷運動テスト

間欠的漸増負荷運動テストでは, 各ステージの $\dot{V}O_2$, HR, La および運動時間を測定し, 血中乳酸濃度がそれぞれ 2mmol/l (2La), 4 mmol/l (4La), 6mmol/l (6La), 8 mmol/l (8La), および 10mmol/l (10La) 時の Power, $\dot{V}O_2$, $\dot{V}O_2/W$, HR を算出した。 $\dot{V}O_2$, $\dot{V}O_2/W$ は各ステージ 1分30秒から3分の平均を測定値とした。また, 各項目の最大値をそれぞれ All out Power, Max La, $\dot{V}O_2$ max, $\dot{V}O_2/W$ Max, Max HR として出した。

5. 統計処理

すべてのデータは平均値±標準偏差で示した。また, 各パラメーター間の関係は, ピアソンの積率相関分析を用いて評価した。有意水準は $p < 0.05$ とした。

III. 結果

1. 2000m ローイングパフォーマンステスト

2000mの平均タイムは, 410±17秒(6分50秒),

1ストロークあたりの平均Powerは, 326±42wattであった。テスト直後のLaは12.45±3.14mmol/lであり, Peak $\dot{V}O_2$ が4366±413ml/min, Peak $\dot{V}O_2/W$ が61.1±5.9ml/kg/minとなり, Peak HRは190±9拍/分であった。

2. 間欠的漸増負荷運動テスト

Powerは, 2La強度:209±44watt, 4La強度:260±34watt, 6La強度:292±26watt, 8La強度:315±29wattおよび10La強度:334±36wattであった。 $\dot{V}O_2$ は, 2La強度:3219±577ml/min, 4La強度:3718±486ml/min, 6La強度:4054±448ml/min, 8La強度:4209±485ml/minおよび10La強度:4389±642ml/minであった。 $\dot{V}O_2/W$ は, 2La強度:43.9±7.2ml/kg/min, 4La強度:51.6±6.3ml/kg/min, 6La強度:56.6±7.8ml/kg/min, 8La強度:58.7±8.4ml/kg/minおよび10La強度:61.2±7.8ml/kg/minであった。HRは, 2La強度:146±16beats/min, 4La強度:164±17beats/min, 6La強度:176±14beats/min, 8La強度:182±13beats/minおよび10La強度:187±15beats/minであった。

3. 2000m ローイングパフォーマンステストと間欠的漸増負荷運動テストの関係

間欠的漸増運動負荷テストで得られた $\dot{V}O_{2max}$ (4351±614ml/min)より, 2000mパフォーマンステスト中のPeak $\dot{V}O_2$ (4366±413ml/min)の方が高かった。Laでも同様に間欠的漸増運動負荷テストで得られたLa(10.99±2.82ml/min)より, 2000mパフォーマンステスト直後のLa(12.45±3.14ml/min)が高い結果となった。

IV. 考察

1. 形態・体力特性

本研究の被験者の身長は173.4±6.9cm, 体重は71.6±4.9kgであり, 国際的なボート選手と比べるとかなりの体格差があることがわかる。形態特性として, 身長が高い(四肢が長い)ことがボート競技のレースパフォーマンスにとって重要な要素であることが知られている。

次に持久的競技種目の競技力の指標として捉えられている $\dot{V}o_2 \max$ は、 $4307 \pm 572 \text{ ml/min}$ ($60.1 \pm 8.9 \text{ ml/kg/min}$)であった。加えて、2000m ローイングパフォーマンステスト中の $\dot{V}o_2$ 動態については、間欠的漸増負荷運動テストを上回る Peak $\dot{V}o_2$ ($4366 \pm 413 \text{ ml/min}$: $61.1 \pm 5.9 \text{ ml/kg/min}$)であった。これらの値は、福永ら(1986)と伊藤ら(1989)の報告の国内の他の持久系種目と比べると比較的高い値だといえる。伊藤ら(1990)の報告であるソウルオリンピックの日本代表男子選手の $\dot{V}o_2 \max$ の 4.4 l/min (55.0 ml/kg/min)および1986年アジア大会日本代表選手の $\dot{V}o_2 \max$ の 4.7 l/min (60.87 ml/kg/min)と比べてもほぼ同じであったが、国際的なボート選手や他の国際的な持久系種目の選手 ($\dot{V}o_2 \max$: 5000 ml/min , $\dot{V}o_2/W \max$: 65.0 ml/kg/min 以上) (山地ら, 1986)と比べてみると低いことがわかる。

2. 2000m ローイングパフォーマンステスト

2000m ローイングパフォーマンスタイムと生理学的各パラメーターとの関係をみたところ、最も有意な相関が認められたのは、測定直後の La であった ($r = -0.902$, $p < 0.05$) (図1)。

La は $12.45 \pm 3.14 \text{ mmol/l}$ であり、先行研究の報告の $10 \sim 20 \text{ mmol/l}$ と比べると多少低い値であった。乳酸は解糖系(無機的)によるエネルギー供給の際に代謝産物として生成される基質であり、ある強度以上で運動しなければ蓄積はしない(八田, 1997, 2001, 2007)。2000m ローイングパフォーマンステストの区間別の Power (watt) は $0 \sim 500 \text{ m}$ の

スタート区間が最も高く、ATP-CP系と乳酸を産生する解糖系のエネルギー供給システムに強く依存しているといえる。このことから、乳酸は最初の500mで生成されていると考えられる。したがって、ボート競技では、乳酸が蓄積した状態で動き続けることが必要であり、それが出来る選手ほど高いレースパフォーマンスを発揮できると推測できる。

次いで、2000m ローイングパフォーマンスタイムと有意な相関があったのは、Peak $\dot{V}o_2$ であった ($r = -0.893$, $p < 0.05$) (図2)。

青木(1989)によれば $\dot{V}o_2 \max$ は、有酸素的エネルギー発生能力の定量的尺度であり、4ないし5分以上続く高強度の運動を持続させる重要な因子の一つであるとされている。 $\dot{V}o_2$ は体格の大小に大きく左右されるので、絶対値 ($\dot{V}o_2$: ml/min) では正確に持久力の評価をすることが出来ないとされている。そこで、正確に評価する方法として、絶対値を体重で除した体重あたりの最大酸素摂取量 ($\dot{V}o_2/W$: ml/kg/min) が用いられている。しかし、検討の結果、競技パフォーマンスと有意な相関がみられたのは、 $\dot{V}o_2$ であり $\dot{V}o_2/W$ ではなかった。ここから、ボート競技の2000m ローイングパフォーマンスには $\dot{V}o_2$ が競技成績を左右する要因となり得る。

以上のことから、高い2000m ローイングレースパフォーマンスを発揮できる選手は、乳酸が蓄積した状態で動き続けられる耐乳酸性能力と酸素を多く取り込む酸素摂取能力が高いことが必要であると示唆された。

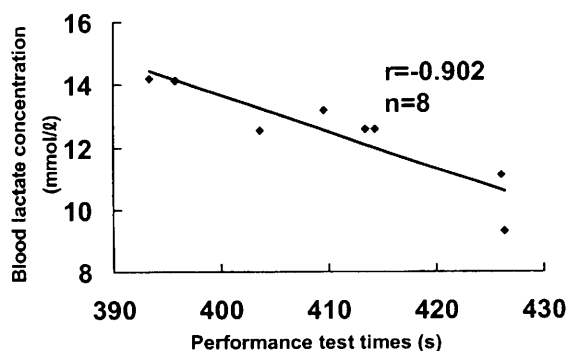


Fig.1 Correlation between performance time and blood lactate concentration.

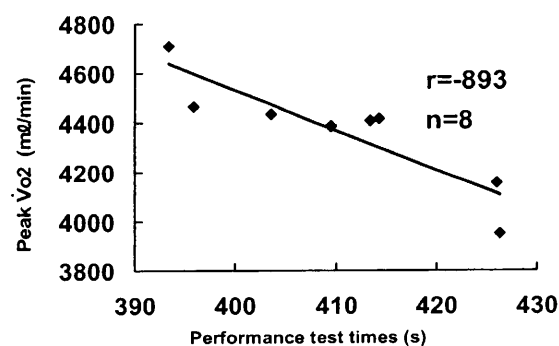


Fig.2 Correlation between performance time and Peak oxygen uptake in 2000m rowing performance test

3. 間欠的漸増負荷運動テスト

間欠的漸増負荷運動テストで得られた $\dot{V}O_2$ ($\dot{V}O_2/W$) Max は $4351 \pm 614 \text{ ml/min}$ ($60.7 \pm 8.8 \text{ ml/kg/min}$) であり、国際的なレベルの男子ボート選手の $\dot{V}O_2 \text{ max}$ (6.6 l/min : $65 \sim 70 \text{ ml/kg/min}$) (Kornerら, 1987) と比べると低い値になっている。また、持久系種目の競技パフォーマンスと関係が非常に深い指標の1つに OBLA が挙げられる。OBLA とは本研究でいう 4La 濃度にあたり、血中乳酸の上昇開始地点とされ、長時間の運動を持続し続けることが出来る強度と定義されている(八田, 1997, 2001, 2007)。これは、乳酸が産生される量と分解される量がほぼ等しく、乳酸濃度が定常状態になっている強度であるともいえる。ここまでの強度では、有酸素的なエネルギー供給システムが主であり乳酸は筋肉内や心筋で酸化されエネルギーとして使われている。しかし、OBLA 以上の強度になると乳酸が生成されるエネルギー供給システムである解糖系の代謝が促進される。それゆえ生成される量が酸化する量を上回り、乳酸が蓄積され始める。本研究でも、4La 強度あたりから乳酸の蓄積が顕著にみられた。4La の Power がより高ければ、乳酸を酸化させ蓄積させずに、有酸素的なエネルギー供給システムでの運動がより高い強度で可能になる(八田, 1997, 2001, 2007)。

4. 2000m ローイングパフォーマンステストと間欠的漸増負荷運動テストの関係

2000m ローイングパフォーマンステストタイムと間欠的漸増負荷運動テストで得られた各 La 濃度での Power, $\dot{V}O_2$, $\dot{V}O_2/W$, HR との関係を見たところ、2La や 4La などの低い La より最大値や 10La, 8La の高い La で有意な相関があった(表 2)。

Table 2. Correlation between 2000m rowing performance test time and each parameter at each blood lactate concentration during intermittent graded increased rowing exercise test.

	2La	4La	6La	8La	10La	Max
Power	-0.347 (6)	-0.853 (3)	-0.800 (5)	-0.812 (4)	-0.870 (2)	-0.873 (1)
$\dot{V}O_2$	-0.398 (6)	-0.847 (5)	-0.897 (2)	-0.920 (1)	-0.889 (4)	-0.895 (3)
$\dot{V}O_2/W$	-0.593 (6)	-0.807 (4)	-0.822 (3)	-0.826 (2)	-0.751 (5)	-0.835 (1)
HR	-0.223 (6)	-0.608 (5)	-0.617 (4)	-0.738 (3)	-0.839 (2)	-0.898 (1)

La: Blood Lactate concentration, 2, 4, 6, 8 and 10 La; Exercise intensity at each 2, 4, 6, 8 and 10 mmol/L of blood lactate concentration during intermittent graded increased rowing exercise test. $\dot{V}O_2$ ($\dot{V}O_2/W$): Oxygen uptake. HR: Heart rate. Max: Maximal. Number of brackets: ranking each parameters.

最も 2000m ローイングパフォーマンスタイムと有意な相関が出ていたのは、 $\dot{V}O_2$ の各 La 濃度と $\dot{V}O_2 \text{ Max}$ であった(図 3)。

このことは、 $\dot{V}O_2 \text{ Max}$ が 2000m ローイングパフォーマンスを決定する重要な 1 因子であることを示し、持久的な能力に長けていることがボート競技には必要であるといえる。また、本研究の 2000m ローイングパフォーマンステストタイムが、 410 ± 17 秒であり、非常に有酸素的なエネルギー供給システムに依存する競技時間であることから $\dot{V}O_2 \text{ Max}$ が高い値であることが重要と考えられる。 $\dot{V}O_2/W$ では、 $\dot{V}O_2$ と比べると比較的有意な相関はみられなかった。つまりは、体格や選手個人の持久力、特に絶対値の $\dot{V}O_2$ がボート競技のパフォーマンスに影響を与えると考えられることができる。

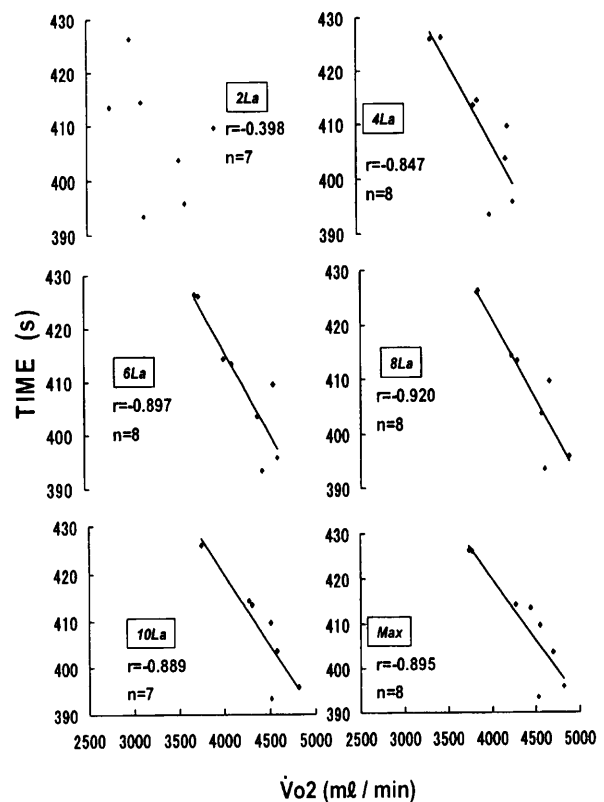


Fig. 3 Correlation between 2000m rowing performance test time and oxygen uptake at each blood lactate concentrations during in intermittent gradual increased rowing exercise test. $\dot{V}O_2$: oxygen uptake, La: blood lactate concentration, Max: maximal oxygen uptake

各 La 濃度の Power と 2000m ローイングパフォーマンステストでは、2La 濃度での Power と相関はなかったが、4~10La 濃度および All out power のすべてで有意な相関が表れた。特に、10La 濃度と Max Power で高い相関がみられた ($r=-0.873$, $p<0.05$) (図 4)。

2000m ローイングパフォーマンステストの平均 Power は 326 ± 42 watt であり、10La 濃度の平均 Power は 334 ± 36 watt, All out power の平均は 338 ± 33 watt であった。非常に最大に近い強度で行われていることがわかり、2000m ローイングパフォーマンステストが、有酸素的なエネルギー供給システムだけでなく、より高強度での無酸素的エネルギー出力にも依存していることが考えられる。

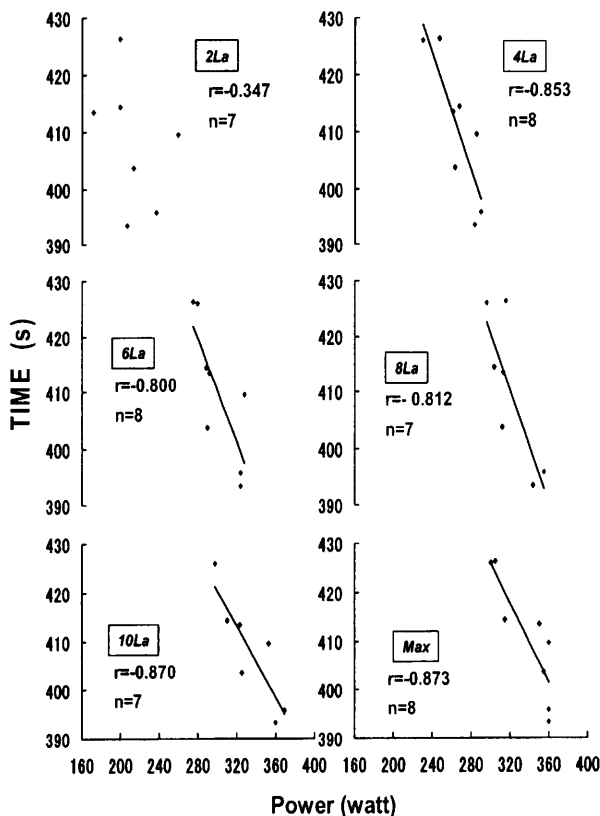


Fig.4 Correlation between 2000m rowing performance test time and power at each blood lactate concentrations during in intermittent gradual increased rowing exercise test. Power;watt,La;blood lactate concentration,Max;all out power

また、2000m パフォーマンステストで得られた La (12.45 ± 3.14 mmol/l) と Peak $\dot{V}O_2$ (4366 ± 413 ml/min) および Peak $\dot{V}O_2/W$ (61.1 ± 5.9 ml/kg/min) は、間欠的漸増負荷運動テストで得られた Max La (10.99 ± 2.92 mmol/l) と $\dot{V}O_2$ Max (4351 ± 614 ml/min) および $\dot{V}O_2/W$ max (60.7 ± 8.8 ml/kg/min) を上回った。2000m パフォーマンス中の Ave $\dot{V}O_2$ は、 4241 ± 340 ml/kg/min であり、 $\dot{V}O_2$ Max に非常に近い値で行われている。ここからも、2000m パフォーマンステスト中は有酸素的・無酸素的なエネルギー供給システムの両方が高いレベルで機能していると考えられる。

5. 結論

以上の結果から、生理学的パラメーターから見たボート競技の特性は、La が蓄積した状態で動き続けられる耐乳酸性能力と、高い $\dot{V}O_2$ が要求される。また、2000m パフォーマンス中は、OBLA 強度のような有酸素エネルギー供給システムのみならず、より高強度での無酸素的エネルギー出力が要求され、競技力向上には、この点に着目したトレーニング方法の開発を検討していく必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 福永哲夫ら:ソウルオリンピック選手の無酸素性作業閾値競技種目別競技力向上に関する研究—第12報—,昭和62年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告集,1988.
- 2) Hagerman, F. C. :Physiology of competitive rowing. In:Garrett W. E, Kirkendall D. T, eds. Exercise and sport science. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 843 - 873, 2000.
- 3) Steinacker, J. M. :Physiological aspects of training in rowing. Int. J. Sport Med. 14, Suppl 1:3-10, 1993.
- 4) Korner, T. und Schwanitz, P. :Rudern. Sportverlag, Berlin, 1987.
- 5) 福永哲夫ら:1986年アジア大会出場選手の最大

- パワー(オールのパワー等)及び、最大酸素摂取量、競技種目別競技力向上に関する研究—第10報—, 昭和60年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告集, 1986.
- 6) 伊藤静夫ら: スポーツ選手のAT—第5報—, 各種スポーツ選手のATについて, 平成元年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告集, 1989.
- 7) 伊藤静夫ら: スポーツ選手のATに関する研究—第6報—, 各種スポーツ選手のトレーニングにともなう最大酸素摂取量並びにLTの変化について, 平成2年度日本体育協会スポーツ科学研究報告集, 1990.
- 8) 山地啓司ら: 一流選手のエアロビックパワー、体カトレーニング, P 304-318, 真興交易出版, 1986.
- 9) M. Muniel BOURDIN 他: ボートのパフォーマンスに関連する生理学的要素, フランスの漕艇理論, P 222-224. 1998.
- 10) 福永哲夫ら: レース中にみられる生理学的応答, 競技種目別競技力向上に関する研究—第13報—, 平成元年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告集, 1989.
- 11) 八田秀雄: 乳酸, ブックハウス・エイチディ, P58-67, 1997.
- 12) 八田秀雄: 乳酸を活かしたスポーツトレーニング, 講談社, p53-75, 2001.
- 13) 八田秀雄: エネルギー代謝を活かしたスポーツトレーニング, 講談社, p 52-68, 2007.
- 14) 青木純一郎: 運動と呼吸循環, 運動生理学(石河利寛・杉浦正輝共編), P 145-182, 1989.