

大学女子ボート選手の2500mローイングエルゴ槽所要時間と左室形態との関係

松下 雅雄*, 齋藤 和人*, 松尾 彰文*

The left ventricle and 2500m ergometer test in college female rowers

Masao MATSUSHITA*, Kazuto SAITO* and Akifumi MATSUO*

Abstract

The purpose of this study was to identify the relations between 2500m ergometer test and left ventricle, mass physical fitness, and body characteristics in college female rowers.

Subjects were 9 female college rowers. Their left ventricular function and mass were measured by echocardiography in rest, and their best times for the 2500m rowing ergometer test were measured.

The results were summarized as follows;

- 1) The correlation of LV mass with the time required of 2500m ergometer test was the most significant ($r=-0.937$, $p < 0.001$) of all measurement items.
- 2) There were also high correlations between the time and LBM ($r=-0.888$, $p < 0.001$), and grasping power ($r=-0.847$, $p < 0.01$).

These results indicate that LV mass measured by echocardiography may be useful to predict the aerobic capacities of college female rowers.

KEY WORDS: *Left ventricle, 2500m ergometer-test, college female rower*

要 約

本研究の目的は大学女子ボート選手における2500mローイングエルゴ槽の所要時間と左室形態、体力、身体的特性との関係を明らかにすることである。

本学漕艇部の女子選手9名を被験者とした。被験者全員にたいして安静時の左室形態を心エコーで測定し、2500mローイングエルゴ槽を全力で漕がせ、その所要時間を測定した。

結果は以下の通りである。

- (1) 2500mローイングエルゴ槽の所要時間と最も相関が高かったのは左室心筋重量であった ($r = -0.937$, $p < 0.001$)。

- (2) 2500mローイングエルゴ槽の所要時間と除脂肪体重 ($r = -0.888$, $p < 0.001$) と握力 ($r = -0.847$, $p < 0.01$) の間にも高い相関がみられた。

これらの結果から、左室心筋重量は大学女子ボート選手の有酸素能力を予測するには有効な指標と考えられる。

1. 緒 言

ボート競技では2000mのコースを1分間に約30回の割合で、漕動作を繰り返し、艇を推進させるための力を発揮することが求められる。競技時間が約6～8分間ということから筋力だけでなく有酸素性作業能力がその競技能力に重要な要因にな

*鹿屋体育大学 National Institute of Fitness and Sports, Kanoya, Kagoshima, Japan

る¹⁾と考えられる。

今までに、ボート競技においては主に男子選手を被験者として、最大酸素摂取量や6分間のローイングパワー記録と競技記録の間には高い相関があること^{1), 2)}、ローイングパワーを規定する1つであるオールに作用する力は、日本代表選手の方が大学選手より明らかに大きいこと¹⁾、などが報告されている。

一方、有酸素性作業能力の指標としての最大酸素摂取量と心機能の指標の間には密接な関係があることが報告されている³⁾⁻⁸⁾。大学男子長距離選手では体重当たりの最大酸素摂取量と体重当たりの左室心筋重量との間に有意な相関があること⁷⁾や、さらにトレーニング量が大きいエリート長距離選手では左室拡張期径の拡大と左室心筋重量も大きい傾向がみられること⁸⁾が報告されている。

しかしながら、心形態について、特に女子ボート選手の報告はほとんどみられない。

本研究では、大学女子漕艇選手を対象として、ローイングエルゴメーターによる2500m漕の所要時間、安静時心エコー図検査による左室形態、身体的特性及び体力を測定し、漕艇競技成績に影響を及ぼす形態や体力的要因を明らかにしようとした。

2. 方 法

本研究の被験者は鹿屋体育大学漕艇部女子部員9名であった。被験者の年齢、漕歴、身体的特性は表1に示した。なお、本研究では身体的特性要因及び体力的要因は先行研究と比較するため一般的な測定項目を採用した。

身体的特性要因として身長、体重に加えて、除脂肪体重、上腕囲、大腿囲、下腿囲を測定した。除脂肪体重は体内脂肪計 (TBF-102, タニタ社製) により計測した。また、身長と体重から藤本ら⁹⁾の計算式を用いて体表面積を算出した。

体力的要因としては肺活量、背筋力、垂直跳び、握力 (左右)、反復横跳びを測定した。肺活量の測定には水式の肺活量計を用いた。背筋力と握力の測定にはそれぞれ竹井機器製の測定装置を用いた。握力の測定では左右両側で筋力測定を実施し、高い方の値を握力 (強)、低い方の値を握力 (弱) とした。垂直跳びと反復横跳びは文部省の体力測定要領に基づいて行った。なお、十分なウォーミングアップを行った後、これらの測定を実施した。

漕艇競技における競技能力を示す指標として

表1 被験者の年齢、漕歴、身体的特性

被験者	年齢 (年)	漕歴 (年)	身長 (cm)	体重 (kg)	除脂肪 体重(kg)	体表面積 (m ²)	上腕囲 (cm)	大腿囲 (cm)	下腿囲 (cm)
1	20	5	166.0	86.9	61.4	1.950	35.5	66.8	41.2
2	18	3	171.5	69.9	54.6	1.820	30.6	62.0	39.0
3	21	6	166.6	59.7	46.2	1.667	26.9	57.2	34.0
4	20	5	170.1	56.9	45.8	1.658	25.0	54.0	33.0
5	20	5	166.2	58.9	48.6	1.654	28.2	53.4	32.7
6	19	3	174.0	61.6	48.4	1.743	27.0	56.9	35.9
7	19	4	166.8	60.6	47.2	1.679	29.4	56.5	35.2
8	18	3	162.5	66.8	48.3	1.717	30.4	58.5	37.0
9	18	3	160.2	61.7	46.9	1.643	29.0	53.2	38.0
全体平均	19.2	4.1	167.1	64.8	49.7	1.706	29.1	57.6	36.2
S. D.	1.1	1.2	4.0	8.7	5.1	0.101	3.0	4.4	2.9

ローイングエルゴメータ (ローイングエルゴメータII, CONCEPT 社製) による2500m 漕運動に要した時間 (T2500) を測定した。ローイングエルゴメータは負荷装置, シート, 牽引装置から構成されており, 慣性車輪に取り付けられた翼に作用する空気抵抗により負荷がかかるように設計されている。また, このエルゴメータには慣性車輪の回転数から移動距離を算出できるようなマイクロコンピュータ内臓の装置が取り付けられて, 2500m 移動に要した時間を計測することができる。このローイングエルゴメータを使用した6分間のローインパワーテストの結果はボート競技成績, 競技記録と高い相関があることが報告¹⁰⁾されている。被験者はエルゴメータでの測定の前にはこの装置を用いて十分なウォーミングアップを行ったのち, 最大努力で2500m 漕を行った。

左室形態測定には電子走査型超音波診断装置 (SSH-140A, 東芝) を用いた。被験者を仰臥位にし, 安静時の左室内腔の心エコー図を記録した (紙送り速度50mm/秒)。心エコー図の観察・記録の際には, 探蝕子を第IIIないし第IV肋間胸骨左縁に置き, 心断層図の実時間で観察しつつ, 僧帽弁前ないし, 腱索の一部が見える通常の短軸測定方向を選び, 心室中隔, 左室後壁及び左室内腔を記録した。心電図のR波の頂点で, 左室拡張期径 (Dd), 左室後壁厚 (PWth) 及び心室中隔厚 (IVSth) を, 心音図の第2音大動脈弁成分の開始時点で左室収縮期径 (Ds) を計測した。左室駆出率 (EF), 一回拍出量 (SV) 及び左室心筋重量 (LVM) を以下の式を用いて求められた¹¹⁾。

$$\begin{aligned} \bullet \text{ SV} &= \text{Dd}^3 / (\text{Dd}^3 - \text{Ds}^3) / 1000 (\text{ml}) \\ \bullet \text{ EF} &= \text{SV} / \text{Dd}^3 (\%) \\ \bullet \text{ LVM} &= 1.04 \{ (\text{Dd} + \text{PWth} + \text{IVSth})^3 - \text{Dd}^3 \} \\ &\quad / 1000 - 14 (\text{g}) \end{aligned}$$

本研究では漕艇競技の成績に影響を及ぼす身体及び心臓の形態的要因と体力的要因を探るため, T2500を独立変数, 他の測定項目を従属変数として回帰分析をおこなった。また, ステップワイズ法により, 2500mローイングエルゴ漕所要時間に最も影響のあると考えられる項目を統計的に求

めた。なお, 分析においてはStatView4.5を用いた。本研究での値はすべて平均±SDで表し, 有意水準は5%とした。

3. 結 果

1) 2500mローイングエルゴ漕所要時間 (T2500) について

表2は各被験者のT2500の結果を示したものである。

最もT2500が短いのは被験者1の579.6秒, 最も長いのは被験者9の637.2秒, そして平均T2500は619.9±20.6秒であった。これらのT2500は1995年度エルゴメーター競漕大会全国ランキング女子の部¹²⁾において, 被験者1は3位, 被験者9は128位, 平均所要時間は70位に相当する記録であった。

表2. 2500mローイングエルゴ漕の所要時間

被験者	所要時間 (秒)
1	579.6
2	592.1
3	615.8
4	625.5
5	628.1
6	629.6
7	634.2
8	636.7
9	637.2
全体平均	619.9
S.D.	20.6

2) 各測定項目とT2500との相関について

(1) 身体的特性要因

表3は身体的特性とT2500との相関係数を示したものである。身体的特性の項目において, T2500と有意な相関を示したのは, 除脂肪体重 (-0.888, $p < 0.001$), そして体表面積 (-0.868, $p < 0.01$), 大腿囲 (-0.864, $p < 0.01$) と体重 (-0.801, $p < 0.01$) であった。ステップワイズ法による回帰分析でもT2500に最も影響する項目として除脂肪体重が採択された ($R^2 = 0.788$, $p < 0.01$)。

表3. 身体的特性と2500mローイングエルゴ漕所要時間との相関係数 (n = 9)

項目	相関係数
身長	-0.284
体重	-0.801 **
除脂肪体重	-0.888 ***
体表面積	-0.868 **
上腕囲	-0.642
大腿囲	-0.864 **
下腿囲	-0.616

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

(2) 体力的要因

表4は各被験者の体力測定の結果、表5は体力とT2500との相関係数を示したものである。体力の項目において、T2500と有意な相関を示したのは握力(弱)(-0.847, p<0.01)と背筋力(-0.766, p<0.01),そして握力(強)(-0.736, p<0.05)であった。ステップワイズ法による回帰分析でもT2500に最も影響する項目として握力(弱)が採択された(R²=0.717, p<0.01)。

(3) 左室形態

表6は各被験者の左室形態の結果、表7は左室形態とT2500との相関係数を示したものである。

表5. 体力と2500mローイングエルゴ漕所要時間との相関係数 ((n = 9))

項目	相関係数
肺活量	-0.635
背筋力	-0.766 **
垂直跳	-0.385
握力(強)	-0.736 *
握力(弱)	-0.847 **
反復横跳	-0.111

* p<0.05, ** p<0.01

左室形態の項目において、T2500と有意な相関を示したのは、左室心筋重量(-0.937, p<0.001)と体表面積当たりの左室心筋重量(-0.917, p<0.001),体重当たりの左室心筋重量(-0.834, p<0.01)と一回拍出量(-0.828, p<0.01),そして、左室拡張期径(-0.777, p<0.05)と左室収縮期径(-0.701, p<0.5)であった。

(4) 全測定項目との回帰分析

T2500を従属変数、全測定項目を独立変数とするステップワイズ法による回帰分析の結果では、左室心筋重量が採択された(R²=0.879, p<0.001)。

表4. 被験者の体力

被験者	肺活量 (cc)	背筋力 (kg)	垂直跳 (cm)	握力(強) (kg)	握力(弱) (kg)	反復横跳 (回数)
1	3820	185	53	50.0	46.0	47
2	3820	145	46	45.5	41.0	41
3	3440	143	42	33.5	33.5	40
4	3720	101	53	37.0	33.0	43
5	3340	102	46	36.5	34.0	43
6	3280	85	50	36.5	32.0	48
7	2940	126	43	36.5	34.5	44
8	3450	136	47	43.5	37.0	43
9	3640	109	43	36.0	34.5	42
全体平均	3494	126	47	39.4	36.2	43
S.D.	289	30	4	5.5	4.5	3

表6. 被験者の左室形態

被験者	Dd (mm)	Ds (mm)	IVSth (mm)	PWth (mm)	SV (ml)	EF (%)	LVM (g)	LVM/BW (g/kg)	LVM/BW (g/m ²)
1	59	42	9	9	131.3	63.9	232.6	2.68	119.3
2	54	36	9	10	110.8	70.4	226.8	3.24	124.6
3	55	38	7	7	111.5	67.0	154.6	2.59	92.8
4	47	27	7	7	84.1	81.0	114.1	2.01	68.8
5	41	27	8	8	49.2	71.4	106.9	1.82	64.6
6	42	36	7	7	94.0	66.8	138.8	2.25	79.6
7	46	29	8	7	72.9	74.9	120.8	1.99	72.0
8	47	33	8	8	67.9	65.4	138.1	2.07	80.4
9	48	32	6	6	77.8	70.3	95.6	1.55	58.2
全体平均	50	33	7.6	7.6	88.9	70.0	147.6	2.24	84.5
S.D.	5	6	0.9	1.2	25.6	5.3	49.9	0.52	23.5

表7. 左室形態と2500mローイングエルゴ漕所要時間との相関係数 (n = 9)

項目	相関係数
左室拡張期径	-0.777 *
左室収縮期径	-0.701 *
心室中隔厚	-0.632
左室後壁厚	-0.722 *
一回拍出量	-0.828 **
左室駆出率	0.330
左室心筋重量	-0.937 ***
体重当りの左室心筋重量	-0.834 **
体表面積当りの左室心筋重量	-0.917 ***

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

4. 考 察

(1) 身体的特性要因, 体力的要因とT2500との関係

本研究の被験者の平均体重は64.8±8.7kg, 平均除脂肪体重は49.7±5.1kgであった。一方, 本学女子¹³⁾の平均体重は57.9±7.2kg平均除脂肪体重は46.3±1.8kgであった。t検定の結果, 平均体重は $t = 2.335$ ($p < 0.05$), 平均除脂肪体重は

$t = 1.993$ ($p < 0.1$) であり, 本研究の被験者は本学女子の平均値に比べて体重と筋量大きい群と考えられる。そして, 本研究において体が大きく, 筋量大きいことがT2500を短くするという結果であった。この結果は福永ら¹⁾のローイングタンクを用いた研究報告の「生体が発揮できるエネルギー量は除脂肪体重に比例するので, 選手の身体がいかに除脂肪体重を増し, かつ脂肪を少なくするかが記録を伸ばす重要な因子となる」という指摘と一致する。

T2500は体力的要因のうち, 握力, 特に握力(弱)との間に高い有意な相関がみられた。本研究の被験者の握力(強)の平均値は39.4±5.5kg, 握力(弱)は36.2±4.5kgであった。本学女子¹³⁾では右の平均握力は34.1±5.6kg, 左は31.9±4.7kgであった。t検定の結果, 握力(強)は握力(右)より ($t = 2.765$, $p < 0.01$), 握力(弱)は握力(左)より ($t = 2.676$, $p < 0.01$) 有意に大きく, 本研究の被験者は本学女子においては大きな握力をもつ群と考えられる。このことは, 漕動作が脚を屈曲し, 上体を前傾し, 腕を伸展した状態から, 脚の伸展, 次いで, 上体の後方へのスイング, 最後に腕の屈曲となるが, 動作開始時の

脚の伸展で大きな力を発揮するとき、及び上体の後方へのスイングの間、伸腕の状態でグリップを保持しなければならない。つまり、体及び筋量が大きく、脚伸展力、背筋力がどれほど大きくとも、握力が弱いとグリップを保持できなくなり、漕力として伝達されないと考えられる。このことから、T2500は弱い方の握力に制限されると考えられる。

(2) 左室形態とT2500との関係

持久的なスポーツ種目の陸上競技長距離選手などは、体重当たりの左室心筋重量の値が大きく、体重当たりの左室心筋重量と有酸素作業能力との間には有意な相関にあることや有酸素作業能力と最大酸素摂取量との間にも有意な相関があることが報告⁷⁾されている。

ボート競技も持久力が要求されるスポーツ種目であり、最大酸素摂取量と競技記録の間には有意な相関があることが報告¹⁾²⁾されている。本研究においては、T2500とさまざまな左室形態や機能の指標と有意の相関を示したが、左室心筋重量の間に最も高い有意な相関がみられ、T2500は左室心筋重量が大きいほど短くとなると考えられる。しかしながら、ボート競技では、陸上競技の中・長距離のように自己の全体重を負荷として移動し続けるのではなく、滑車のついたシートに座り、漕動作を続けることから自己の全体重が負荷となるのではない。そのため、体重当たりの左室心筋重量より、絶対的な大きさを示す左室心筋重量が重要な要因となると考えられる。Adamsら¹⁴⁾は左室拡張期径と左室心筋重量の増加は運動中の一回拍出量を大きくさせると報告している。

これらのことより、左室心筋重量はボート選手としての競技能力を示す有効な指標の1つと考えられる。しかしながら、ローイングエルゴ漕と実漕(水上漕)との相違点、女子選手における心機能と有酸素能力との関係はまだ詳細に検討されておらず、今後検討する必要がある。

5. ま と め

大学女子ボート選手の2500mローイングエルゴ漕所要時間と身体的特性、体力及び左室形態との

関係を検討し、以下の結論を得た。

- 1) 身体的特性においては、除脂肪体重とエルゴ漕所要時間に高い相関を示した。
- 2) 体力においては、握力とエルゴ漕所要時間に高い相関を示した。
- 3) 形態、体力、左室形態の各測定項目においてエルゴ漕所要時間と最も相関が高かったのは左室心筋重量であった。

本研究を進めるに当たり、平田文夫教授には貴重な資料を提供していただいた。ここに記して、感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 福永哲夫, 山本恵三, 松尾彰文, 選手の体力から競技記録を推定する, 昭和59年度日本体育協会スポーツ・医科学研究報告Ⅱ競技種目別競技力向上に関する研究一第8報一, 1985, PP.29-33.
- 2) 山本恵三, 松尾彰文, 小野見, 6分間全力漕一力学量とエネルギー消費 昭和56年度日本体育協会スポーツ・医科学研究報告Ⅱ競技種目別競技力向上に関する研究一第5報一, 1982, PP.302-306.
- 3) Zeldis SM., Morganorth J., Rubler S., Cardiac hypertrophy in response to dynamic conditioning in female athlete. *J. Appl. Physio.* 44: 849-852, 1978.
- 4) Bekaert I., Pannier JL., de Weghe CV., Durme JP., Clement DL., Pannier R., Noninvasive evaluation of cardiac function in professional cyclists., *Br. Heart J.* 45: 213-218, 1981.
- 5) Hutchinson P1., Cureton KJ., Outz H., Wilson G., Relationship of Cardiac Size to Maximal Oxygen Uptake and Body Size in Men and Women., *Int. J. Sports Med* 12: 369-373; 1991.
- 6) 大西祥, 山崎元: 運動選手の左室形態と有酸素運動能の関係, *臨床スポーツ医学* 9: 229-231, 1992.
- 7) 平田文夫, 武田誠司, 末次哲朗, 斎藤和人, 新人運動選手の左室心筋重量と有酸素作業能力の関係, *鹿屋体育大学学術研究紀要*, 10: 43-50, 1993.
- 8) 斎藤和人, 芝山秀太郎, 倉田博, 平田文夫, 長距離選手の左室心筋重量に及ぼすトレーニング量の効果について: 心エコー図を用いて, *鹿屋体育大学学術研究紀要*, 13: 75-80, 1995.
- 9) Fujimoto, S. and Watanabe, T., Studies on the body

surface area of Japanese, *Acta Med. Nagasaki*, 14: 1-13, 1969.

- 10) 佐藤尚武ら, ボート選手の競技力向上に関する生理学的研究(8) 男子6分漕におけるローイングパワーの評価基準, 滋賀県体育協会スポーツ科学紀要, 9: 65-71, 1989.
- 11) Devereux RB., Reichek N., Echocardiographic determination of left ventricular mass in man., *Circulation*, 55: 613-618, 1977.
- 12) (社)日本漕艇協会, '95エルゴメーター競漕大会全国ランキング, 月刊漕艇 Vol. 356, 1996, PP. 9-14.
- 13) 鹿屋体育大学学生の健康管理及び競技力向上のための調査研究委員会, 体格・体力のまとめ, 学生の健康管理及び競技力向上のための調査研究報告書, Vol. 4, 1996, PP. 59-70.
- 14) Adams TD., Yanowitz FG., Fisher AG., Ridges JD., Lovell K., Proyr TA., Noninvasive Evaluation of exercise training in college-age men, *Circulation* 64: 958-965; 1981.