

女子ボート選手のローイング動作におけるパワー出力特性

松尾 彰文*, 松下 雅雄*, 加来陽二郎*, 斉藤 和人*, 池江 隆一*

The Characteristics of the power output in rowing exercise in collegiate female oarsmen.

Akifumi MATSUO*, Masao MATSUSHITA*, Yohjiro KAKU*
Kazuto SAITO* and Ryuichi IKEE*

Abstract

The purpose of this study was to investigate the characteristics of power output in rowing exercise for collegiate oarsmen using specially designed power output measuring apparatus.

Five female collegiate oarsmen were the subjects of this study. The power output in rowing and hiclean exercises were estimated by using the power processor (VINE, JAPAN). The subjects were instructed to pull the wire horizontally in the rowing exercise (ROW), and vertically in the hiclean exercise (HIC), with maximal effort in all trials.

The power output in the rowing exercise increased with the increment of load until maximal power out, after which point, decreases occurred in both exercises. The value of the force at the moment of peak power amounted to about 62 % equivalent to maximum force for ROW exercise, and to about 64 % for HIC exercise. The value of the velocity at the same moment amounted to about 51% for ROW and about 42% for HIC. The results of this study should suggest that training for improvement of the velocity of rowing exercise should not only involve the vertical movements of the body during weight training, but should also involve the horizontal movement of the body.

KEYWORD: *rowing exercise, power output, multi-joint movement*

緒 論

ボート競技は2000mの距離でその所要時間を競う競技である。競技時間は種目により異なるがおよそ6分から8分程度であり、ローイング動作中に発揮されるパワーが競技成績を決定する要因のひとつとされてきた。ローイングタンクで測定した6分間の機械的パワー出力とパフォーマンスとの間には密接な関係があることが報告されている(山本ら1986, Fukunaga, 1986, 松尾ら1987)。

競技中のローイング動作は200回以上繰り返されているが、1回のローイング動作におけるパワー出力が効率的に行われることも全体のパワー出力の向上につながることを推察される。このことから、1回のローイング動作におけるパワー出力特性の解明が必要であろう。

瞬発的な単関節動作では最大筋力のおよそ30%ほどの負荷重量でパワー出力が最も大きくなることが報告されている(金子, 1973)。しかしながら、ローイング動作は足関節、膝関節および股関節

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

節等が組み合わされたものであり、単関節動作で得られた法則性とは異なるものと考えられる。ローイング動作において1回の動作中の力発揮特性について川上ら(1993)は男子のボート選手を被験者としてローイング動作のパワー発揮特性を報告した。かれらの報告では最大力のおよそ70%で最大パワーが出現するとしている。しかし、詳細な動作の速度に対するパワーや力との関連性については述べられていない。また、全身の筋量が異なる男子で得られた指標を女子選手に応用することの妥当性も十分に検討されていない。本研究では女子のボート選手を対象にローイング動作における動作速度からみたパワー出力特性を詳細に解析し、複合関節動作におけるパワー発揮特性について検討することを目的とした。

方 法

本研究の被験者は鹿屋体育大学女子ボート部員5名であった。被験者の身体的な特性は表1に示した。

ローイング動作におけるパワー出力の測定にはパワープロセッサ(VINE社製; 日本)を用いた。この装置はワイヤーの巻き取り装置、巻き取り装置の回転軸パルス検出装置、ワイヤーの張力検出装置及びワイヤーの負荷装置およびコンピュータにより構成されており、いろいろな動作でのパワーが計測できるように設計されている(図1)。

ローイング動作の練習台をパワープロセッサに取り付け、図2に示すようなローイング動作(ROW)とハイクリーン動作(HIC)でパワー出力を測定した。被験者はROWとHICに慣れる

表1. 被験者の身体特性とローイング(ROW)およびハイクリーン動作(HIC)における最大パワー(Pmax)、最大パワー出現時の力(Fpmax)と速度(Vpmax)

	Height cm	Weight kg	%fat	ROW			HIC		
				Pmax W	Vpmax m/s	Fpmax N	Pmax W	Vpmax m/s	Fpmax N
HA	163.1	66.2	28.0	1528	2.28	671	681	1.247	546
MI	168.7	72.5	25.1	1082	1.54	701	644	1.346	478
OG	163.9	56.7	15.5	1080	1.98	546	692	1.247	555
SE	174.2	59.3	19.5	1051	1.72	611			
WA	172.0	74.4	25.1	1479	2.47	598	758	1.425	532
mean	168.4	65.8	22.6	1244	2.00	625	694	1.316	528
sd	4.9	7.8	5.0	238	0.38	61	48	0.086	34

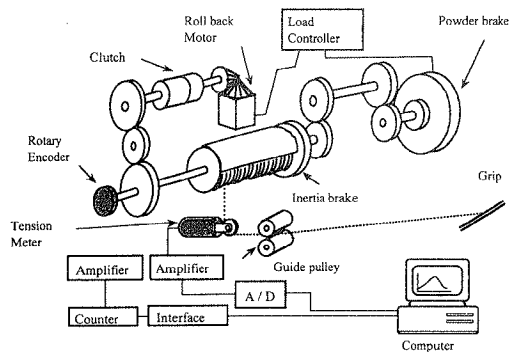


図1. パワープロセッサの概略

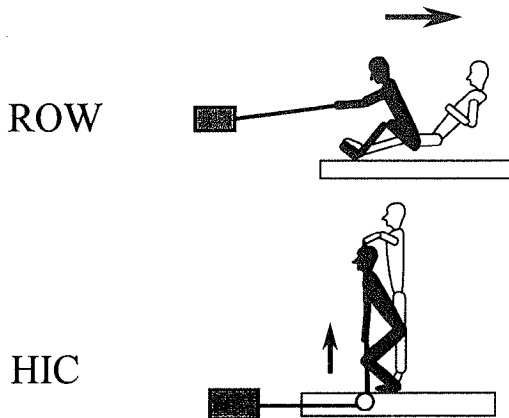


図2. ローイングおよびハイクリーン動作

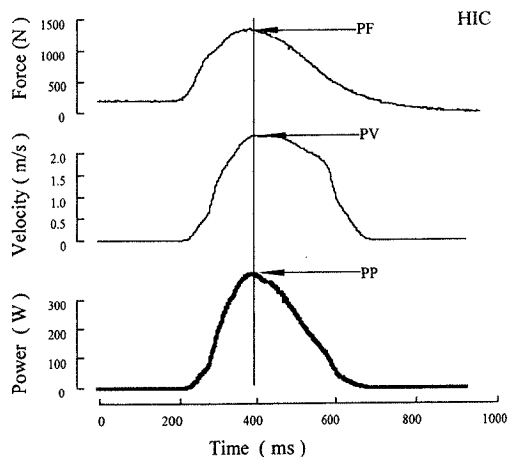


図3. ハイクリーン動作における時間経過にともなう速度、力およびパワーの変動

ための準備運動を十分に行った後に、最大努力によるパワー出力を測定した。ワイヤーが引き出せなくなる負荷まで漸増的に増大させていった。1回の動作中にみられた時間パワー曲線(図3)のピークパワー(PP)、そのときの力(PF)と速度(PV)を分析した。また、いろいろな負荷条件での測定値をもとにして得られた各被験者のカーブパワー曲線におけるパワーの最大値を、最大パワー(Pmax)、そのときの力を最大パワー時の力(Fpmax)およびそのときの速度を最大パワー発揮時の速度(Vpmax)とし、被験者の両動作におけるパワー出力能を示す代表値とした。

動作速度にたいする力およびパワーの関係から、被験者別の回帰分析を行い、回帰式から両動作における速度0のときの力を最大力(EFmax)、力0のときの速度を最大速度(EVmax)を推定した。さらに、ピークパワー出現時の力と速度を、最大力と最大速度に対する比率を算出した。

結 果

被験者別に HIC と ROW の両動作における Pmax, Fpmax および Vpmax の測定結果を表 1 に示した。Pmax についてみると ROW は 1244W と HIC は 698W であり、Vmax では ROW は 2.00 m/s と HIC は 1.34m/s であり、Fmax では ROW は 625N と HIC は 522N であった。どの測定項目も HIC よりも ROW の方が大きな値を示し、ROW に対する比率をみると Pmax では 56%、Vpmax では 67%、Fpmax では 83% であった。両動作ともに下肢の伸展動作ではあるが、パワー出力が異なり、その要因は力および速度ともに異なることがわかった。

ローイング動作 (ROW) における速度と力およびパワーの関係を見たものが図 4 である。動作速度が速いほど力は反比例してほぼ直線的に減少する傾向が認められた。どの被験者も速度と力は統計的に有意な逆相関関係にあった。一方、パワーは 2 m/s 付近まで動作パワーの増加にともない大きな値を示すが、さらに速い速度では逆に減少する傾向が認められた。2 次式による回帰分析の結果、総ての被験者で統計的に有意な相関がある

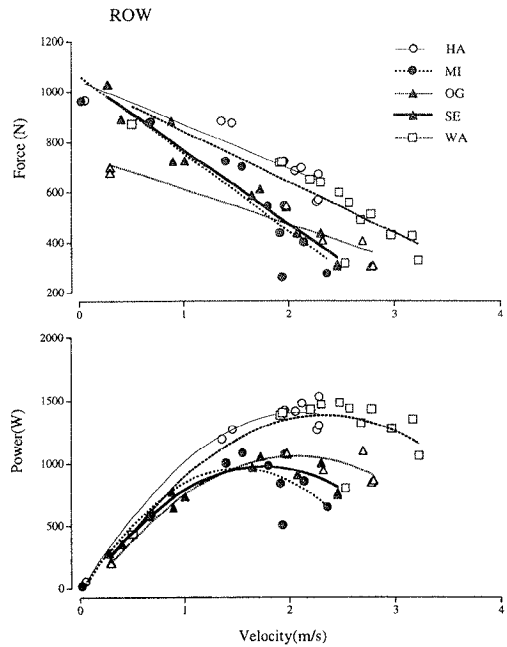


図 4. ローイング動作における速度とパワー出力の関係

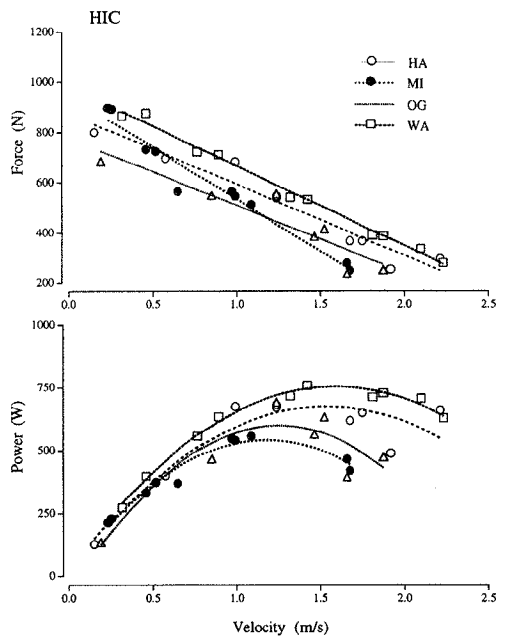


図 5. ハイクリーン動作における速度と力の関係

表2. ローイング動作におけるパワー曲線の回帰係数

	Height cm	Weight kg	%fat	ROW			HIC		
				Pmax W	Vpmax m/s	Fpmax N	Pmax W	Vpmax m/s	Fpmax N
HA	163.1	66.2	28.0	1528	2.28	671	681	1.247	546
MI	168.7	72.5	25.1	1082	1.54	701	644	1.346	478
OG	163.9	56.7	15.5	1080	1.98	546	692	1.247	555
SE	174.2	59.3	19.5	1051	1.72	611			
WA	172.0	74.4	25.1	1479	2.47	598	758	1.425	532
mean	168.4	65.8	22.6	1244	2.00	625	694	1.316	528
sd	4.9	7.8	5.0	238	0.38	61	48	0.086	34

表3. ローイングおよびハイクリーン動作における速度とパワーの関係から推定した最大速度 (EVmax) および最大力 (EFmax)、最大速度と最大力に対する最大パワー出現時の速度 (Vpmax;%EVmax) と力 (Fpmax;%EFmax) の比率。

	Height cm	Weight kg	%fat	ROW			HIC		
				Pmax W	Vpmax m/s	Fpmax N	Pmax W	Vpmax m/s	Fpmax N
HA	163.1	66.2	28.0	1528	2.28	671	681	1.247	546
MI	168.7	72.5	25.1	1082	1.54	701	644	1.346	478
OG	163.9	56.7	15.5	1080	1.98	546	692	1.247	555
SE	174.2	59.3	19.5	1051	1.72	611			
WA	172.0	74.4	25.1	1479	2.47	598	758	1.425	532
mean	168.4	65.8	22.6	1244	2.00	625	694	1.316	528
sd	4.9	7.8	5.0	238	0.38	61	48	0.086	34

ことが認められた (表2)。

ハイクリーン動作 (HIC) における速度と力およびパワーの関係を見たものが図5である。HICでも ROW とほぼ同様の傾向がみられ、速度に対して力は反比例、パワーは2次関数的な関係にあることがわかった (表2)。

速度と力およびパワーとの回帰式から算出した最大力、最大パワーとそれぞれに対する最大パワー出現時の速度とパワーの値の比率を種目別に見たものが表3である。最大力はローイング動作では1002N、ハイクリーン動作では830Nであった。最大速度はローイング動作では3.91cm/s、ハイクリーン動作では3.1m/sであり、ローイング動作は速度、力ともハイクリーン動作よりも早く、力強い動きができることが示された。

考 察

思春期の青少年を対象にハイクリーン動作によるパワー出力を計測した結果、Pmaxは18才で男子ではおよそ1000W、女子ではおよそ500Wであった (松尾ら, 1996)。本研究の被験者は一般の女子よりは高い値を示した、一般男子よりは低い値であった。また、いろいろな種目でジュニアのス

ポーツ選手を対象にして測定したローイング動作中のPmaxではスケートの女子選手 (15才) では960W、男子の短距離選手 (15才) では1300Wあることが報告されている (船渡と福永, 1994)。本研究の被験者は年齢が異なるが、ローイング動作中のパワー出力は男子短距離選手とほぼ同水準であった。このことはローイング動作を専門的に行ってきているために、この動作でのパワー出力能が高かったと考えられる。

ローイングの機械的パワー出力についての研究によると6分間また、2000mの漕運動ではおよそ200~370Wであることが報告されている (松尾ら, 1987)。本研究の値に比べて非常に高い値を示した。これは従来の研究におけるローイングパワーの評価は6分間また2000mの漕運動における仕事量から計算されたものであり、本研究のような1回の動作中の機械的パワー出力ではない。

男子における ROW のパワーは学生を対象にした場合には体重が69kgの被験者では1800Wであり、HICでは1120Wであることが報告されている (川上ら, 1993)。彼らの報告した値を基準にすると本研究の被験者の体重では95%、除脂肪体重では84%に相当するが、ROWのPmaxでは70%、HICのPmaxでは62%に相当した。除脂肪体重の計測方法が川上らは水中体重法を、本研究はインビダンス法を用いているが、男子に比べ本研究の被験者は体重や除脂肪体重あたりのパワー出力は劣っていることがわかった。

単関節動作における動作の速度と力およびパワーの関係 (金子, 1973) から、力が0のときに動作速度が、また、速度が0のときに最大の力が発揮されると考えられる。本研究の結果、両動作とも速度と力が直線関係にあることから、力ゼロのときの動作速度 (PVmax) と速度0のときの力 (PFmax) を直線回帰式から推定した。この推定の最大値をもとに、ピークパワーが発生したときの力はROWではPmaxの63%、HICでは65%であった。また、Pmaxが出現した速度の最大速度にたいする比率をみると、ROWでは50%、HICでは45%であった。

単関節動作では最大筋力のおよそ30%でピーク

パワーが出現する(金子, 1973)ことが報告されている。川上ら(1993)はローイング動作では最大筋力の70%程度でピークパワーが出現としている。本研究の結果で得られたROWの63%やHICの65%は, 単関節動作より高い値であるし, 男子のローイングパワーより低い値を示した。

川上ら(1993)も男子のローイング動作では力の要因よりも速度の要因がパワー出力に影響すると述べている。本研究結果は彼らの報告と同様の傾向が得られた。このことから彼らも指摘しているように日常のトレーニングでは, 動作速度が遅くて力発揮が大きな動作だけではなく, より競技中の動作に近い動作において速度を高めるような内容が必要であろう。

動作が異なるHICとROW動作でパワー出力に影響を与える要因として, 力の差異が考えられる。本研究の結果で, 最大のパワー出力が得られるのはその動作による最大力の約60%であった。また, HICとROWと身体の体幹部の動きが水平移動と垂直移動との違いがあるが両動作の差異は主に速度の違いが大きな要因であることがわかった。

複合関節動作では, 単純な筋収縮特性が動作パワーに反映されるのではなく, 関連している関節動作の筋力発揮特性が複雑に統合されて出現する。とくに股関節の伸展と膝関節伸展動作における大腿四頭筋の貢献はきわめて複雑である(van Ingen Schenau 1995)。そのため, 単純な筋の収縮特性そのままが, 複合関節動作に反映されないものと考えられる。本研究結果から, ROWとHICのように脚の伸展により体幹を水平移動あるいは垂直しながら力を発揮するという類似した動作でも複合関節動作においてはそれぞれの動作パワー出力の特性が異なることが推察できる。実際の競技に近い動作でのトレーニングによりパワー出力を高める必要性が強調される結果であった。

ま と め

本研究では女子のボート選手のローイング動作における機械的パワー出力特性から, 複合関節動作におけるパワー発揮特性について検討した結果,

以下のようなことが明らかになった。

1. ローイング動作における機械的パワー出力は動作速度とは曲線相関関係にあり, 動作速度の40~50%の速度で最大パワーとなる傾向がみとめられた。最大になったときの力と速度との間にはほぼ反比例の関係にあり, 両者間には負の相関関係が認められた。
2. パワー出力が出現する力は最大の力のROWではおよそ63%, HICでは65%であった。また, そのときの速度は最大に対する比率でみるとROWでは50%, HICでは45%であった。
3. 本研究の結果から, ローイングパワーを向上させるためには, 力を向上させるだけではなく, 速度を向上させるトレーニングが必要であることが示唆された。

本研究データは平成8年度教育研究学内特別経費“ボートの競技力向上を目的とした科学的トレーニング計画作成の試み”によりおこなわれた研究の一部である。

文 献

- Fukunaga, T., A. Matsuo, K. Yamamoto and T. Asami, Mechanical efficiency in rowing, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 55:471-475, 1986.
- 船渡和男, 福永哲夫, 複合関節動作で発揮されるパワー, 平成5年度日本オリンピック委員会スポーツ医・科学研究報告, NoV. ジュニア期の体力トレーニングに関する研究 -第2報-, 42-46, 1994.
- Henry, J. C., R. R. Clark, R. P. McCabe, R. J. Vanderby, An evaluation of instrumented tank rowing for objective assessment of rowing performance, *J. Sports Sci.*, 13:3, 199-206, 1995.
- 金子公宥, 瞬発的パワーからみた人体筋のダイナミクス, 杏林書院, 東京, 1973.
- 川上泰雄, 松尾彰文, 船渡和男, 福永哲夫, ボート選手の多関節パワー発揮特性, 平成4年度日本オリンピック委員会スポーツ医・科学研究報告, NoII. 競技種目別競技力向上に関する研究 -第16報-, 298-301, 1993.
- 川上泰雄, 松尾彰文, 船渡和男, 福永哲夫, ボート選手の多関節パワー発揮特性, 平成5年度日本オリンピック委員会スポーツ医・科学研究報告, NoII.

競技種目別競技力向上に関する研究 —第16報—,
221-223, 1994.

松尾彰文, 福永哲夫, 山本恵三, 漕運動の機械的パワー
と競技記録, 体育学研究, 1987.

松尾彰文, 西菌秀嗣, 金高宏文, 西村信一, 會田勝,
思春期の発育にともなう複合関節動作のパワー出
力の変化, スポーツトレーニング科学, 1, 21-24,
1996.

van Ingen Schenau, G. J., W. M. Dorssers, T. G.
Welter, A. Beelen, G. de Groot, R. Jacobs,
The control of mono-articular muscles in
multijoint leg extensions in man. *J. Physiol*,
484:247-254. 1995.

山本恵三, 松尾彰文, 小野晃, 浅見俊雄, 福永哲夫,
漕運動の機械的仕事と効率, *J.J.Sports Sci.*,
5(11):818-822, 1986.