

自転車エルゴメータによる女子運動選手のパワー測定

加 納 樹 里
小 山 亜希子
高 橋 雅 足

緒 言

球技スポーツのパフォーマンスは、技術・戦術・体力等を含む様々な要因によって決定することが知られている。この内、体力要素 (Physiological Factor) は、最も客観的に把握し、コントロール可能な要素として、種目特性を考慮した数多くの体力測定法が考案されている。

多くの競技種目において、日本人選手の基礎体力、特にパワー不足が指摘されているが²⁵⁾、高強度の運動が不完全休息をはさんで不規則的に繰り返される球技系の種目では、単純な動きの反復とは異なり、この間に発揮されるパワーの正確な把握は容易ではない。

近年山本 (正) 等は、自転車エルゴメータを用いた間欠的な高強度運動中のパワー発揮とその特性について、複数の興味ある知見を報告している^{17~20)}。筆者等は、走運動をベースとする球技種目においては、運動形態に類似するという点を勧案し、走行を主運動とした各種の間欠運動能力の測定を試作、報告してきたが^{2,9,14,15)}、自転車エルゴメータを利用することにより、パワー、即ち単位時間当りの仕事量を数値として把握しうるメリットがある。特に最近のエルゴメータは、機能的にも改良が進められ、これを用いた各種のパワーテストが標準化してきている^{1,10)}。

そこで今回、本研究所で購入した最新の自転車エルゴメータを用いて、女子選手を対象に、間欠的運動を主体とした運動中の各種パワーの測定を行った。女子選手については、パワー発揮という点で劣る事が知られており^{7,24)}、パワー測定に関する報告も僅少なので、測定そのものの有用性を検討する基礎資料を得ることを目的とした。

方 法

【測定プロトコール】

測定の概要を、(図1)に示した。電磁ブレーキ式の自転車エルゴメータ(パワーマックスⅦ, コンビ社製)を用いて、被験者の体重の7.5%負荷(K_p)にて、5秒間の全力ペダリングと(P_{max} ・テスト), 5秒間の全力ペダリングを20秒間の休息をはさんで10セット反復する運動(インターミットtent・テスト)を実施した(図2)。

2つのテスト間の休息時間の設定(5分以上), 並びに方法の詳細は, 男子選手を対象とした先行研究に従い, 事前に男子サッカー選手数名の測定を試行し, 先行研究と照会することによって, 方法, 評価値等の確認を行った^{19,20)}。

P_{max} ・テストでは, 5秒間のペダリング中に得られたパワーの最大値(P ・パワー)と, その体重当りの値, 最大値を検出した時間(ピーク到達タイム), 及び最高回転数(P ・回転数)が求められた。インターミットtent・テストにおいては, パワー値をすべて体重当りで換算し(W/kg), 各1~10セット毎の平均発揮パワー, 8セット目から10セット目までの平均発揮パワー(P_{st}), 総仕事量を示した。また, 間欠的高強度運動の持久性の指標として, 低下率1(1セット目に対する10セット目の値の比), 低下率2(ピークパワーに対する P_{st} の値の比)を算出した。

なお, 測定前に, 立位インピーダンス法(タニタ社製 TBF-102)により, “成人モード”と“アスリートモード”による体脂肪率の測定を行った。

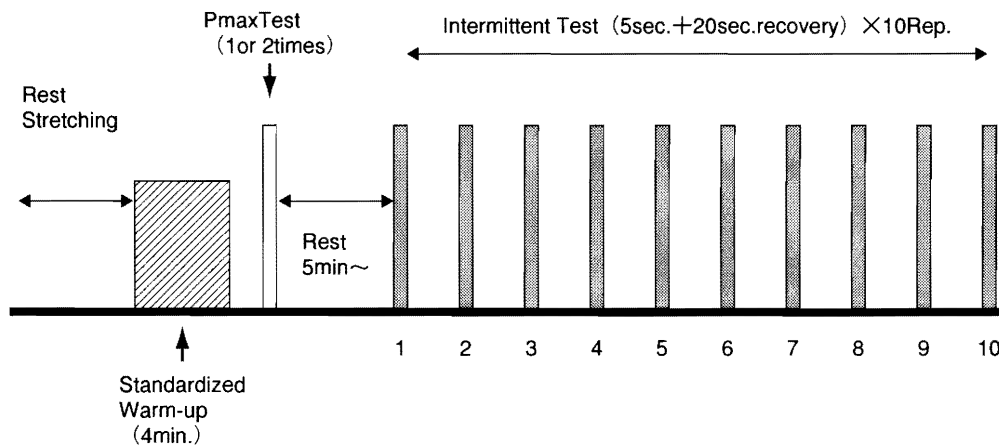


図1 Schematic Illustration of Exercise Protocol

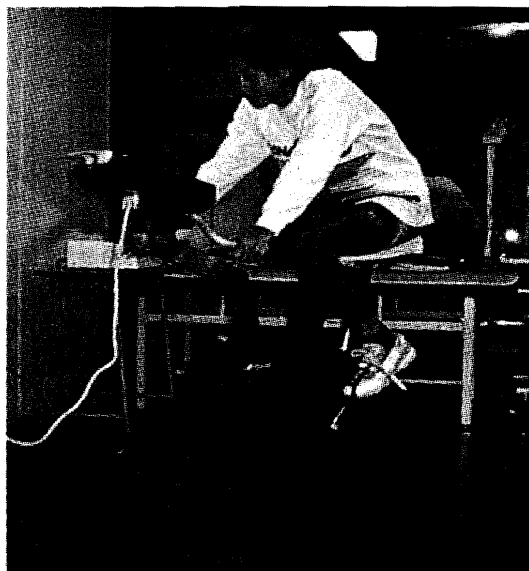


図2 測定風景

【対象】

被験者は、大学に在籍する女子運動選手36名（内訳：ラクロス部員22名、バレーボール部員6名、陸上競技部員6名、ソフトボール部員2名）であった。被験者の年齢、身体的特徴は、(表1・2)に記した。測定に先立ち、被験者には測定の主旨と内容を充分説明した上で承諾を得（添付資料参照）、男女別に作成したウォーミングアップ・プログラムにより、全力での自転車走行ができるだけスムーズに行えるようにした（表3）。

なおラクロス部員の内6名については、前年度にも同様の測定を実施しており、そのデータについても、一部検討の対象とした。

結果と考察

5秒間の全力ペダリング（Pmax・テスト）の各最大値（ピーク値）と、間欠運動（インターミittent・テスト）により得られた各測定値を（表1・2）に、また、インターミittent・テスト中の平均値の推移をプロットしたものを（図3）に示した。

Pmax・テストは、最大無酸素パワーを測定する方法として知られているが^{6,18)}、本研究の被験者の内、ピーク値が高かった女子陸上競技部員は、全員がスポーツ推薦制度による入学生で、競技歴も長く、競技水準の高さが発揮パワー値に反映されたと考えられる。種目特性とい

表1 女子選手の測定値一覧A

(1999年6月～7月測定)

所属	subj. No.	年齢	体格		体脂肪率 成人 Ath.	Pmax・テスト (ピーク値)				間欠運動中の平均発揮パワー (W/kg)										Pst (P8-10)	総仕事量 (/体重)	低下率(1・2)			
			身長	体重		P.パワー	/体重	到達T.	P.回転数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			(P10/1)	(P8-10)/P		
99 年 ラ ク エ ス	L 1	23	157	52	23.1	16.2	477	9.2	5.0	128	7.3	7.1	7.2	6.4	6.9	6.1	5.2	6.2	6.5	6.8	6.5	65.7	0.93	0.70	
	L 2	22	161	54	25.7	18.9	550	10.3	4.9	141	8.7	7.9	8.2	7.7	7.6	7.5	7.3	6.9	7.1	6.7	6.9	75.6	0.77	0.67	
	L 3	21	161	61	30.8	21.1	478	7.8	4.3	106	6.6	5.8	5.3	5.7	6.1	5.7	5.2	5.6	5.2	5.3	5.4	56.5	0.80	0.69	
	L 4	21	151	48	24.1	15.4	448	9.4	4.9	131	7.3	7.1	7.0	6.9	6.7	6.3	6.0	6.2	6.1	6.4	6.2	66.0	0.88	0.67	
	L 5	21	160	56	26.2	18.8	575	10.3	4.8	140	7.8	7.7	7.6	7.4	6.5	7.2	6.8	5.7	7.4	6.1	6.4	6.4	70.2	0.78	0.62
	L 6	20	157	46	20.5	15.1	423	9.2	4.9	123	6.7	6.9	7.2	6.8	6.4	6.5	6.7	6.8	6.6	6.3	6.6	6.6	66.9	0.94	0.71
	L 7	22	153	49	26.7	18.3	448	9.2	4.7	127	6.9	7.0	6.7	6.9	6.3	6.4	6.1	6.2	6.3	6.2	6.2	6.2	65.0	0.90	0.68
	L 8	22	156	58	26.5	17.1	572	9.8	4.7	133	7.9	8.0	6.1	7.5	7.1	6.7	6.6	6.5	6.4	6.1	6.1	6.3	68.9	0.77	0.65
	L 9	20	161	58	24.2	16.1	611	10.5	4.7	142	8.4	8.3	7.8	7.5	7.2	6.5	7.1	6.1	6.3	6.3	6.3	6.2	71.5	0.75	0.60
	L 10	20	162	49	21.9	17.5	405	8.2	4.8	112	6.3	6.4	6.2	6.0	5.9	6.0	5.8	5.9	6.0	5.7	5.7	5.9	60.2	0.90	0.71
	L 11	20	167	57	25.0	19.4	458	8.1	4.9	109	6.5	6.6	5.6	6.3	6.3	6.6	6.4	5.4	6.0	6.4	6.4	5.9	62.1	0.98	0.74
	L 12	19	155	44	20.9	15.5	431	9.7	4.9	133	7.8	7.5	7.0	7.1	7.3	7.1	7.0	7.0	6.9	6.7	6.7	6.9	71.4	0.86	0.71
	L 13	19	163	62	27.6	19.4	563	9.1	4.8	122	7.2	6.8	6.5	6.6	6.7	6.7	6.6	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	66.6	0.90	0.71
	L 14	19	160	53	25.0	18.2	474	9.0	5.0	124	6.6	7.5	7.4	7.0	5.7	6.2	6.3	6.3	6.0	6.2	6.2	6.2	65.2	0.94	0.68
	L 15	19	155	45	20.7	14.6	370	8.1	4.9	111	5.9	6.0	5.8	5.8	5.4	5.8	5.9	5.7	5.8	5.8	5.8	5.8	57.9	0.98	0.71
	L 16	19	164	59	25.7	18.5	616	10.4	4.3	143	9.0	8.7	8.2	8.0	7.6	7.5	7.3	6.8	6.2	6.8	6.8	6.6	76.1	0.76	0.63
	L 17	18	165	54	22.5	17.2	462	8.6	4.9	115	7.0	7.0	7.1	6.6	5.5	6.9	6.9	6.5	6.5	6.7	6.7	6.6	66.7	0.96	0.76
	L 18	18	158	56	28.8	20.5	488	8.7	4.8	119	7.1	6.8	6.2	6.3	6.4	6.4	6.5	6.7	6.6	6.6	6.6	6.6	65.6	0.93	0.76
	L 19	18	156	50	24.6	17.4	489	9.8	4.8	131	7.2	7.2	7.0	7.0	7.0	5.4	6.9	5.7	6.7	5.3	5.3	5.9	65.4	0.74	0.60
	L 20	18	168	60	25.9	19.6	556	9.3	5.0	126	7.2	6.9	7.0	6.7	6.7	6.4	6.5	6.1	6.3	6.6	6.6	6.3	66.4	0.92	0.68
	L 21	18	158	51	23.3	16.5	488	9.6	4.7	131	7.6	7.7	7.4	7.5	7.4	7.1	7.0	6.5	6.5	6.6	6.6	6.5	71.3	0.87	0.68
	L 22	18	163	52	21.5	16.1	464	9.0	5.0	122	6.9	7.1	6.8	6.4	6.5	6.6	6.7	5.8	6.4	6.5	6.5	6.2	65.7	0.94	0.70
平均	19.8	160	53	24.6	17.6	493	9.2	4.8	126	7.3	7.2	6.9	6.8	6.6	6.5	6.5	6.2	6.4	6.3	6.3	6.3	66.7	0.87	0.69	
SD	1.57	4	5	2.7	1.8	67	0.8	0.2	11	0.8	0.7	0.8	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	4.9	0.08	0.04	

低下率1 = (P10/P1)

低下率2 = (P8-10)/ピーク値

表2 女子選手の測定値一覧B

(1999年5月~11月測定)

所属	subj. No.	年齢	体格		体脂肪率 成人 Ath.	Pmax・テスト(ピーク値)				間欠運動中の平均発揮パワー(W/kg)										Pst (P8-10)	総仕事量 (/体重)	低下率(1・2)		
			身長	体重		P.パワー	/体重	到達T.	P.回転数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			(P10/1)	(P8-10)/P	
バレーボール	V 1	21	160	54	23.3	16.1	540	10.0	5.4	134	7.6	8.3	6.6	8.2	8.0	7.9	7.6	7.4	7.1	7.2	7.2	75.9	0.95	0.72
	V 2	20	160	56	24.6	16.9	531	9.5	4.8	129	7.0	6.9	6.6	6.4	6.5	6.5	6.3	6.2	6.1	6.2	6.2	64.7	0.89	0.65
	V 3	20	170	64	27.9	20.9	618	9.7	5.4	131	7.9	7.3	7.6	6.0	6.8	6.6	6.6	7.0	6.3	6.3	6.5	68.4	0.80	0.68
	V 4	19	158	56	26.8	18.9	545	9.8	4.7	136	8.1	7.8	7.9	7.5	7.1	6.5	6.5	6.5	5.8	6.4	6.2	70.1	0.79	0.64
	V 5	19	158	54	28.7	20.8	507	9.4	4.8	126	7.4	7.0	6.5	6.5	5.6	6.1	5.7	6.1	5.9	5.8	5.9	62.6	0.78	0.63
	V 6	19	163	59	28.8	21.3	562	9.6		130	7.7	7.5	7.5	6.8	6.7	6.5	5.3	5.8	5.8	5.3	5.6	64.9	0.69	0.59
	平均	19.7	162	57	26.7	19.2	551	9.7	5.0	131	7.6	7.5	7.1	6.9	6.8	6.7	6.3	6.5	6.2	6.2	6.3	67.8	0.82	0.65
	SD	0.82	5	4	2.3	2.2	38	0.2	0.3	4	0.4	0.5	0.6	0.8	0.8	0.6	0.8	0.6	0.5	0.6	0.6	4.8	0.09	0.05
陸上競技	F 7	20	169	56	23.1	18.3	623	11.2	4.4	151	9.2	8.9	8.7	7.9	7.9	7.1	7.3	7.3	7.2	6.8	7.1	78.3	0.74	0.64
	F 8	20	165	55	22.7	16.9	633	11.5	4.5	158	9.4	8.9	8.7	8.3	8.5	8.3	8.0	8.2	7.7	8.1	8.0	84.1	0.86	0.70
	F 9	19	173	64	23.7	18.3	685	10.8	4.6	146	8.8	8.2	7.7	6.8	6.4	7.4	7.0	6.8	6.9	7.5	7.1	73.5	0.85	0.66
	F10	19	164	54	22.2	16.0	591	10.9	5.0	147	8.5	8.4	8.5	8.0	7.9	8.1	8.2	7.4	8.2	8.1	7.9	81.3	0.95	0.73
	F11	19	170	47	16.0	14.9	424	9.0	4.8	124	7.3	7.1	7.2	7.1	7.3	7.2	5.9	6.6	7.3	7.2	7.0	70.2	0.99	0.78
	F12	18	161	47	18.3	13.5	546	11.6	4.6	159	9.7	9.2	7.4	8.2	7.6	6.9	7.3	6.8	7.1	6.7	6.9	76.9	0.69	0.59
	平均	19.2	167	54	21.0	16.3	584	10.8	4.7	148	8.8	8.5	8.0	7.7	7.6	7.5	7.3	7.2	7.4	7.4	7.3	77.4	0.85	0.68
	SD	0.75	4	6	3.1	1.9	91	0.9	0.2	13	0.9	0.8	0.7	0.6	0.7	0.6	0.8	0.6	0.5	0.6	0.5	5.1	0.12	0.07
ソフト	S13	22	166	60	25.6	18.7	643	10.7	4.5	146	8.5	8.5	8.2	8.0	7.3	7.4	6.9	7.0	6.9	7.4	7.1	76.1	0.87	0.66
	S14	22	164	57	29.7	22.9	518	9.1	3.7	123	7.7	7.4	6.9	6.2	5.7	6.2	6.3	5.7	6.1	5.9	5.9	64.1	0.77	0.65
	平均	22	165	59	27.7	20.8	581	9.9	4.1	135	8.1	8.0	7.6	7.1	6.5	6.8	6.6	6.4	6.5	6.7	6.5	70.1	0.82	0.66

低下率1 = (P10/P 1)

低下率2 = (P8-10)/ピーク値

表3 ウォーミングアップの設定値
女性用 W-UP(Orig.A)

STAGE	1	2	3	4	5
負 荷 (Kp)	1	0	3.5	0	0.5
時 間 (sec.)	120	30	10	30	50
回 転 数 (rpm)	60	休	全力	休	

男性用 W-UP(Orig.B)

STAGE	1	2	3	4	5
負 荷 (Kp)	1.5	0	5	0	1
時 間 (sec.)	120	30	10	30	50
回 転 数 (rpm)	60	休	全力	休	

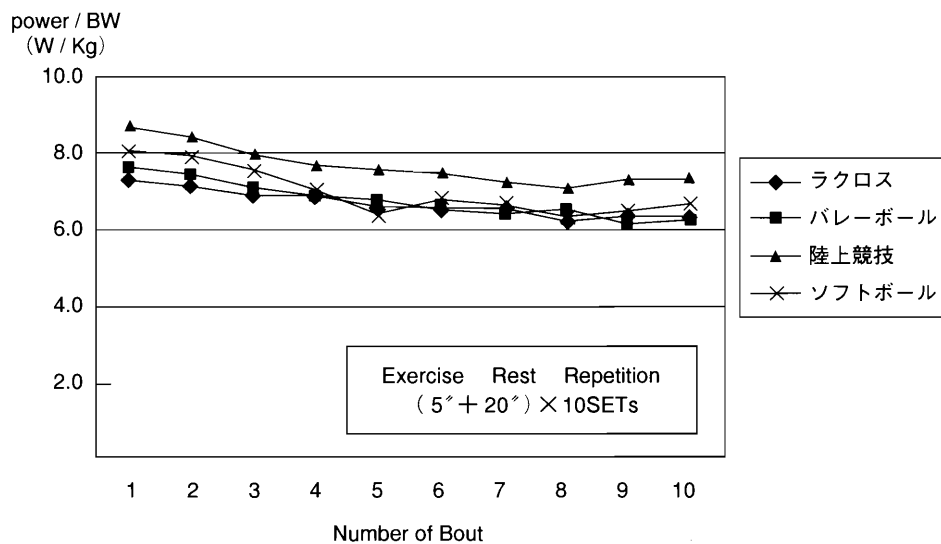


図3 女子選手の間欠運動中のパワー推移 (平均値)

う観点でも、6名の陸上競技部員の競技種目は、100~800 mHが4名(1名は幅跳び兼)、走り高跳びが2名であり、比較的競技レベルが高く、瞬発的な能力を必要とするソフトボール部員が高いピーク値を示した結果をあわせてみると、女子選手においても、この方法により、ATP-CP系の能力を十分に把握しうるものと推察される。また、一般人を対象として指摘されているパワーの男女比が絶対値で約50%、体重当りで65%(脚伸展パワー)、55%前後(自転車運動)であることを考慮すると^{7,24)}、限られた被験者数ながら、定期的に運動を実施し

ている運動選手の場合, 男女比は高くなる傾向がうかがえる。

ピーク到達タイムについては, このエルゴメータで新規に検出可能になった項目のため, 比較しうるデータがないが, 一部の女子選手においては, 5秒間の全力運動中にピーク値を得ることの難しさを示唆しているとも捉えられる。しかし, 明らかに瞬発的なパワー発揮を要求される陸上競技の高跳び, 100mHの選手 (Subj. No. F7.8.9.12) は, この間に優れた値を示しており, 中でもソフトボール選手1名 (Subj. No. S14) のピーク到達タイム: 3.7秒は, 男子選手と比較しても顕著な値とみることができる。Pmax・テストでは, 筋の協応性などのトレーニング度や, 各競技におけるパワー発揮の特性を計る可能性が示唆されたと考える。

一方, 間欠の高強度運動 (インターミッテント・テスト) の総仕事量や, 後半部のパワー発揮については, 先行研究でも様々な解釈がされている。

山本 (正) 等¹⁹⁾ は, 間欠運動後半の Pst (8~10セットの平均発揮パワー) を有酸素性能力を間接評価しうる指標として位置付け, 同じ間欠運動を主体とする球技スポーツでも, 例えば高い有酸素的能力も要求されるサッカー選手と, より瞬発力を要求されるアメリカンフットボール選手では, 異なる傾向を示すことを報告している (図4)。

(図5) は, ラクロス部員の内, 昨年度もほぼ同時期に測定を行った数名の中から, 典型的な変化をみた2名について, 経年度化を示したものである。Detrainigの影響が, 無酸素的能力以上に有酸素的能力に影響を及ぼすことは, 以前にも指摘されているが⁶⁾, 本研究の

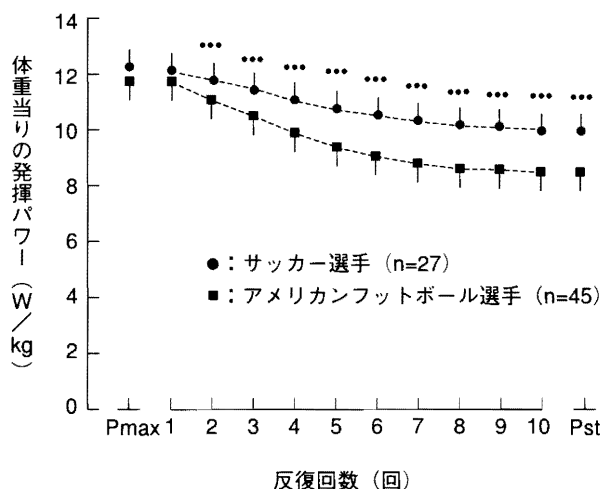


図4 一流サッカー選手とアメリカンフットボール選手の間欠的運動中の発揮パワー特性 (平均±SD) (P<0.001) 一文献19)より引用一

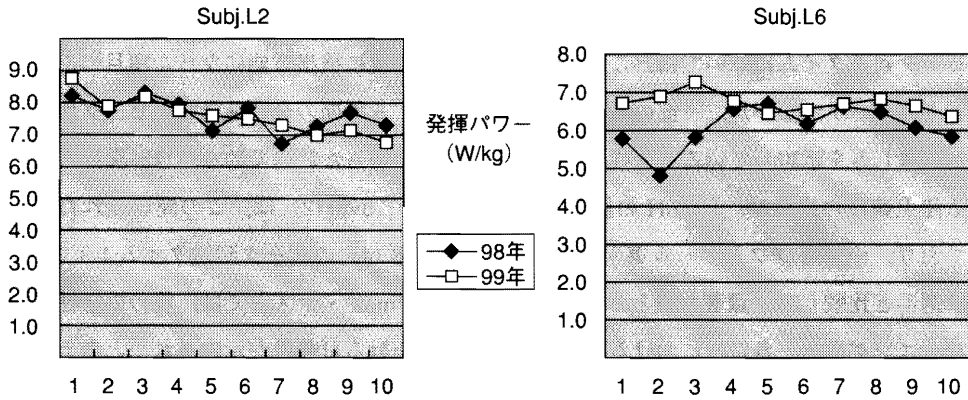


図5 経年変化の例 (ラクロス部員)

“Subj. L 2”は99年時点で4年生であり、競技活動を継続しながらも、トレーニング量が減少した事実が、間欠運動後半部のパワー発揮低下傾向の原因と考えられる。一方“Subj. L 6”は、98年時には事前の練習にもかかわらず、正確なパワー測定が不可能であった一人であるが、運動経験を積むことによって、短時間に高いパワーを出し続ける能力を会得した例とみることができる。

インターミittent・テストの成果を上記のように解釈すれば、今後例数を増やすことにより、例えばバレーボール部員とラクロス部員との比較において、ピークパワーでは前者が、持久的な指標 (Pst・低下率) では後者が優ることが、種目の特性から妥当な結果となり、トレーニングにより、それぞれの改善をはかることを明確な目標として指摘することが可能になる。本研究では、後者の中に数名のゴールキーパー (ゴールキーパーであり、持久性を要求されない) と、怪我から復帰直後の選手 (Subj.No.L 3.9.10.11) が含まれている点も考慮する必要がある。

山本 (正) 等は¹⁷⁾、間欠的な全力運動の各セット毎に発揮されたパワーに対して、ATP-CP系、乳酸系、及び有酸素系の能力が示す相関係数の高さから、従来低強度の運動を長時間持続する能力と考えられてきた有酸素系の能力が、短時間、全力運動を反復する場合にも重要な役割を果たすことを示唆している (図6)。そして間欠的な運動のかなり早い段階 (今回と同様のプロトコルでは、3セット目以降) から、有酸素性の能力がパワー発揮に関与する機序として、発揮出力に占める有酸素系のエネルギーの割合が高くなるという直接的な関連と、休息期にATP-CP系のエネルギーを補てんする能力が高くなるという間接的な関連を指摘している¹⁸⁾。ATP-CP系のエネルギーは、運動後かなり急速に回復することが知られているが、間欠運動中 (運動時間: 休息時間 = 1 : 2) のATP-CPは、20秒以下の休息では充分

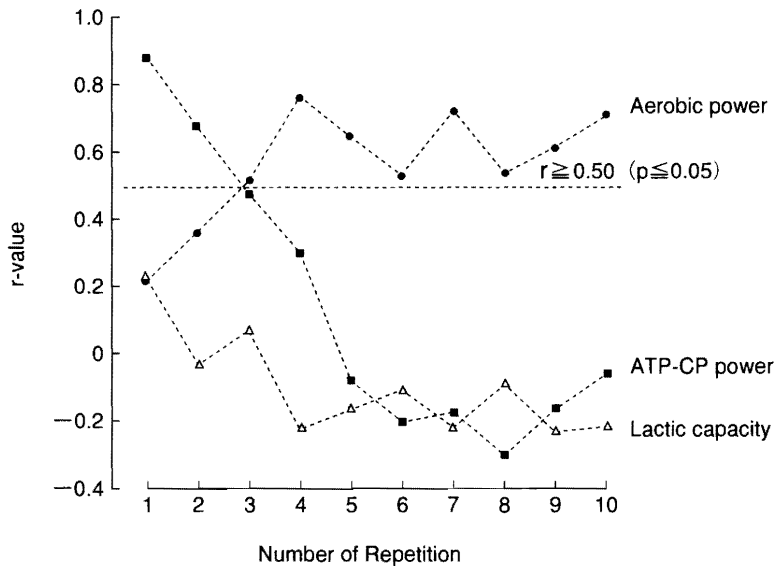


図6 間欠的な全力運動中の各セット毎の発揮パワーと、ATP-CP系、乳酸系、有酸素系能力が示す相関値の推移 (Exercise + Rest = 10" + 20" × 10回) —文献17)より引用—

な回復をみないとする知見や (Saltin et al.)²³⁾, 運動により枯渇したCPが、安静レベルに回復するのに2~3分以上を要する (Bergstron et al.)⁴⁾との報告から、本測定での間欠運動中に完全なリカバリーが生じるとは考えられず、後半のパワー発揮が、その他のエネルギー供給系にも依存することは確実であろう。

但し、間欠的な運動の持久性をどう捉えるべきかは未だ未解決の点多く、Pstを有酸素性の能力にATP-CP系が加味されたものとする見方がある一方で¹⁹⁾, 解糖系能力(乳酸性)を含むとする報告^{13,21)}も存在する。持久的指標についても、運動形態が異なるスプリント(全力走運動)での間欠的運動例では、最低値に対する最高値の比を低下率として用いた報告がみられる^{2,6)}。本研究では、ラクロス部トレーナーが3段階で評価した一般的な持久力(長時間の持続的走運動能力)と、Pstと対応させたものを(図7)に示した。データを還元する時点でPst, 低下率1, 2の値に基づき、持久的能力のランキングを試みたが、典型的な持久タイプの選手においては、パワー発揮そのものがフラットになってしまうために、長距離選手に要求されるような持久性を、この方法から評価するのは難しいことが示唆された。さらに多くの女子選手の場合、パワーそのものが低値であり、短時間での高強度の力発揮に劣ることから、上記のフラット化の傾向や、データの上下動が増幅することも推察される。

従ってインターミット・テストの有用性という点に関しては、女子選手については、一

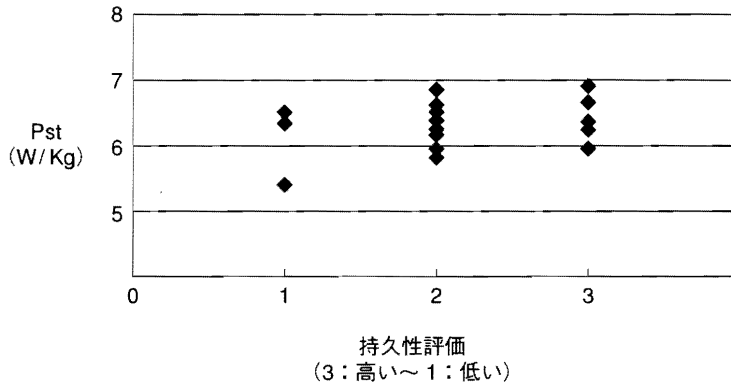


図7 主観的持久性の評価とPst

定レベル以上の運動経験，特に瞬発的な力発揮に慣れていることと，ウォーミングアップも含めた十分な練習を前提として実施すべきことが示唆された。また，体力レベル如何によっては，本測定により高いパワー発揮を記録しうること自体が競技レベルを反映し，トレーニングの効果として評価されるということもできよう。

今後の展望

Gaitanos 等は⁵⁾，6秒間の全力自転車駆動と30秒間の休息を10回繰り返すという間欠的運動形態を用いて，血中，及び筋サンプルから，高強度・間欠運動の代謝特性を詳細に分析している(図8)。また，近年，坂井等²²⁾，小粥等も¹³⁾，間欠の高強度運動後半での乳酸系の関与を否定する結果を示しており，運動前半部での乳酸系(無酸素的解糖)と，後半部での有酸素系能力の関与が強く推察される。

今後は，血中パラメータの測定，トレーニング前後での値を評価する等の方法を加えることにより，高強度な間欠的運動の特性と，そのトレーニング方法について検討すべきであると考ええる。その際特に女子選手においては，多くの球技系種目で幅広い年代層での活躍が見られる点を考慮して，10代後半のパワー発揮能力などにも注目したいと考える。

なお，今回体脂肪率については，インピーダンス法によった他，数名について従来の皮脂厚法(キャリパー法)と超音波による測定を試みたが，値に差異が大きく，今回の被験者のような身体活動レベル，競技種目の選手をどのように簡便に評価しうるのが，苦慮する結果となった。特に女子選手の場合，体脂肪率の把握や，パワー発揮能力との関連を確認することは重要な課題であり，上記とあわせて検討課題としたい。

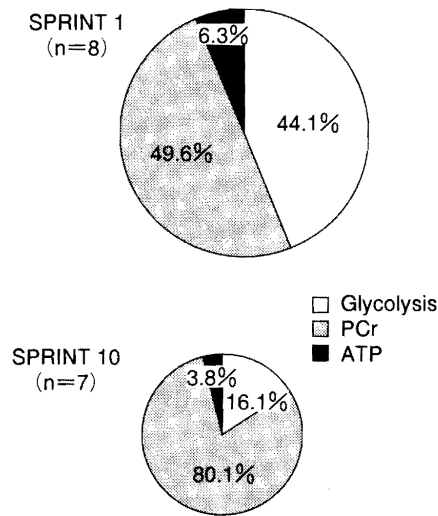


図8 間欠的な全力運動中のATP産生源
(Exercise+Rest=6" + 30" × 10回) —文献5)より引用—

(付記)

本研究の一部は、98～99年度中央大学特殊研究助成費の適用を受けた。

なお、測定に際しては、中央大学、日本女子体育大学の運動部員の皆さんにご協力を頂いたことを報告し、感謝致します。

引用・参考文献一覧

- 1) 足立啓司 (1999) 高校及びプロサッカー選手の体力特性比較. 第54回日本体力医学会大会抄録 (予稿集)
- 2) J.Bangsbo. (1994) FITNESS TRAINING IN FOOTBALL
— A Scientific Approach. HO + Storm : Bagsvard, pp.81-99
- 3) J.Bangsbo. (1997) The Physiology of Intermittent activity in football. Science and Football 3. E&FN SPON : London, pp.43-53
- 4) J.Bergstrom, R.C. Harris, E.Hultman, L.O.Nordesjo (1971) Energy rich phosphagens in dynamic and static work. Muscle Metabolism during Exercise. Plenum Press : New york-London, pp. 341-355
- 5) G.C.Gaitanos, C.Williams, L.H.Boobis, S.Brooks (1993) Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise J. Appl. Physiol. 75(2) : 712-719
- 6) 磯川正教, 桜井智野風, 安松幹展 (1995) 間欠のパワーのトレーニング効果. サッカー医・科学研究. 15巻 : 51-55
- 7) 加賀谷淳子編 (1998) 女性とスポーツ—動く体の科学—. 初版, 朝倉書店 : 東京. p.213
- 8) 金久博昭 (1993) パワーの持久性とトレーニング効果. J.J.SPORTS.SCI. 12-3 : 165-175
- 9) 加納樹里, 大串哲朗, 福井真司, 鎌田俊司, 内田一夫 (1993) サッカー選手におけるフィールドテストの検討. — 3 間欠的運動能力について—. 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, 競技種目別競技力向上に関する研究. 第16報 : 97-100

- 10) 宮下充正編 (1998) 一般人・スポーツ選手のための体力診断システム. 第2版. ソニー企業:東京, pp.72-76.
- 11) 大森一伸, 中村好男, 村岡功, 太田富貴雄 (1998) 血中エネルギー基質および関連ホルモンに及ぼす一定持久運動と間欠的持久運動の影響. 日本運動生理学雑誌. 1:57
- 12) 大森一伸, 村岡功, 中村好男, 太田富貴雄 (1997) 最大下での間欠的な持久運動が血中カテコールアミン, インスリンおよびエネルギー基質の応答に及ぼす影響. 体力科学. 47:499-508
- 13) 小粥智浩, 丸山剛生 (1998) ミドルパワーの能力とハイパワーの間欠的な運動との関係. 第53回日本体力医学会大会抄録. 体力科学47.6:804
- 14) 里見潤, 坂本剛健, 吉田敬義, 加納樹里, 守田武志, 原邦夫, 牧田茂. (1998) 間欠的スプリント走における乳酸, アンモニア, カリウム, 血液ガスパラメータの動態. 第53回日本体力医学会大会抄録. 体力科学47.6:889
- 15) 里見潤, 坂本剛健, 吉田敬義, 加納樹里, 牧田茂. (1999) サッカー競技選手の複合体力テスト試案. 第54回日本体力医学会大会抄録 (予稿集)
- 16) 山田茂, 福永哲夫編著 (1999) 生化学, 生理学からみた骨格筋に対するトレーニング効果. トレーニングと骨格筋でのリン酸化化合物の変化. NAP. 東京, pp.116-129
- 17) 山本正嘉, 金久博昭 (1989) 間欠的な最大努力作業時におけるパワーの持続能力とエネルギー供給能力の関係, 疲労と休養の科学. Vol.4.No.1:87-96
- 18) 山本正嘉, 金久博昭 (1990) 間欠的な全力運動の持久性に関する研究; 無酸素性および有酸素性作業能力との関係. J.J.SPORTS.SCI. 9-8:526-530
- 19) 山本正嘉, 山本利春, 湯田一弘, 安ヶ平浩, 前河洋一, 岩壁達男, 金久博昭 (1995) 自転車エルゴメーターの間欠的な全力運動時の発揮パワーによる無酸素性, 有酸素性作業能力の間接評価テスト. トレーニング科学. 7-1:37-44
- 20) 山本正嘉, 山本利春, 湯田一弘 (1995). 間欠的パワーテストを用いたサッカー選手の体力評価. サッカー医・科学研究. 15巻:45-50
- 21) 山本利春 (1997). 間欠的パワーテストからみた瞬発力と持久力. Training Journal. April:44-47
- 22) 坂井和明, JOHN SHEAHAN, 高松薫 (199) 間欠的なハイパワー発揮能力と3種類のエネルギー産生能力との関係. 体力科学48.4:453-466
- 23) B.Saltin, B.Essen(1971) Muscle Glycogen, Lactate, ATP and CP in intermittent exercise. Muscle Metabolism during Exercise. Plenum press: New York-London, pp.419-424
- 24) 寺島芳輝編 (1989) 女性のスポーツ医学. 初版. 中外医学社:東京, pp.32-41
- 25) (財)日本サッカー協会・技術委員会 (1998) FIFA ワールドカップフランス'98テクニカルレポート: 41-56

(添付資料：被験者への説明文)

間欠的な運動能力測定の説明

○ 間欠的な運動能力とは？

多くの球技、武道にみられるように、短時間の全力に近い運動を、間隔をおいて反復する運動形態で、従来の体力測定では、明確に把握できない運動能力

○ 測定方法は？

固定式の自転車（エルゴメーター）を用いて、短時間の全力運動を反復し、その時の発揮パワーから、運動能力を推定する。具体的には、5秒間の全力でのペダリングを、20秒間の休みを挟んで10回繰り返し、運動初期のパワーから瞬発的な能力（無酸素・非乳酸性）と、運動後期のパワーの低下率から、間欠的な運動での持続的な能力を評価する。

○ 今までにわかっている点、わからない点

男子運動選手では、かなり明確に競技特性を反映した結果が得られており、テストとしての評価もされているが、女子選手のデータは報告されていない。多くの競技種目で10代選手の活躍が見られるが、彼女達のパワー発揮能力について客観的に評価したものも見られない。

○ 測定に伴う危険は？

日頃トレーニングを積んでいる運動選手が十分な準備運動をして測定に臨めば、特別な危険が伴うことは、殆ど考えられない。但し、自転車のペダリングに慣れていない人の場合は、正確な値が得られなかったり、短時間とはいえ全力の激運動を繰り返すことにより気分が悪くなることが考えられる。

○ パワーって何？

この測定では、体力評価の基準値として、「パワー」の単位である「W」（ワット）を用います。物理学的には、仕事量は力の大きさと、その力が作用した距離の積：仕事量 [J] = 力 [N] × 距離 [m] → パワーとは単位時間当たり（1秒）の仕事量

即ち、パワー [W] = 力 [N] × 距離 [m] ÷ 時間 = 力 × 速度 [N・m/秒]

ちなみに1馬力は、およそ740Wです。

○ 測定協力受諾について

上記の測定内容を理解し、測定にご協力頂ける場合には、下記の受諾書に署名をお願い致します。測定に際しては安全に万全を期し、希望に応じて個人、またはチームに対し、測定結果の返却と説明を行いません。

なお、測定時に必要に応じて身長・体重・体脂肪率を計測、もしくは口頭で伺うことがあります。

中央大学保健体育研究所

スポーツ医科学研究班

主査：加納 樹里

測定協力受諾書

測定内容を了解し、被験者として測定に協力することに同意します。

なお、現在、健康診断の結果に異常はなく、体調も良好です。

記

自転車（エルゴメーター）による間欠的な運動能力測定

年 月 日

住所：_____

氏名：_____