【報告】

女子柔道選手の無酸素性パワーおよび有酸素性持久力の評価基準表の作成

大川康隆（体育学部武道学科）　小山孟志（スポーツ医科学研究所）
小山加楠（スポーツ医科学研究所）　塚田真希（体育学部武道学科）
豊﨑倫代（大学院体育学研究科）　宮崎誠司（体育学部武道学科）

Establishing evaluative table based on results of anaerobic power and aerobic endurance testing scores in women's judo players

Yasutaka OKAWA, Takeshi KOYAMA, Kana KOYAMA, Maki TSUKADA,
Michiyo TOYOZAKI and Seiji MIYAZAKI

Abstract

The purpose of this study was to establish the standard scoring tables for evaluating various testing scores both relatively and comprehensively, based in the anaerobic power and aerobic endurance testing results of women's judo players. The subjects were 43 university women's judo players, using the bicycle ergometer; "6-second peak power test" and "3-minute aerobic test" were carried out.

Percentile table for the test score has been established based on two testing results. These two evaluation tables seem to be useful for utilizing anaerobic power and aerobic endurance testing results.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 31, 49−55, 2019)

Ⅰ．緒言

柔道は対人競技であり、数分間の試合で投技や固技を繰り返し勝敗を決する。その中でも攻撃と防御が瞬時に入れ替わることが多く、瞬間的に発揮する瞬発力（無酸素性パワー）と同時に常にパワーを発揮し続ける持久力（有酸素性持久力）が柔道競技では必要な要素となる。

柔道選手における無酸素パワー、有酸素性持久力の研究は多くされてきている。山本ら[1]は、間欠的な全力運動を持続する際、作業全体として優れた成績を得るためには、有酸素性作業能力が関連することを報告している。また作業成績は休息時間が短くなるほど有酸素性作業能力との関連がより強まることを指摘している。このことから春日井ら[2]は、４分間という試合時間内に全力に近い筋出力を繰り返し発揮するというような、女子柔道の競技特性を考えた場合、高い有酸素性作業能力を持つことが競技力向上に有効であることを示唆することを報告している。柳澤ら[3]は、パワーマックス（コンビ社製）を使用した縦断的研

究を行っており、最大無酸素パワー（最大パワー）と体重には正の相関があること、体重あたりのパワーは一定の関係はみられなかったことを報告している。また縦断的な研究からパワーの向上は競技力の向上にかなり影響を与えていると報告している。

全日本柔道連盟が毎年強化選手を対象に行っている体力測定の項目は、ベンチプレス、懸垂、全身反応時間、脚パワー、４方向ジャンプの５種目であり持久性に関する項目は実施されていない。また、一般的な体力測定においてと20 m Shuttle Run Test、Yo-Yo テストは持久性をみる項目として用いられている。最大酸素摂取量に着目した研究は1975年の芳賀ら[4]の報告にあるが、自転車エルゴメータとダグラスバック法を用いた実験であり呼気ガス採気用のマスクなどを用いることから容易に行えるものではない。

Wattbike[5]は、国際自転車連盟（UCI）ワールドサイクリングセンター公認インドアバイクで、トップアスリートの競技力向上から一般の方々がスポーツクラブや自宅でインドアサイクリング、フィットネスとして楽しむ方まで老若男女、幅広く活用されているトレーニング機器である。近年では、トレーニングの一環として Wattbike を用いたトレーニングプログラムをラグビー選手が取り入れている。バスケットボール選手などでは Wattbike で得られた結果から、トレーニングメニューが作られ始めてきている。

2017年スポーツ庁が主導する「ジャパン・ライジング・スター・プロジェクト（J-STAR PROJECT）[6]」が発足した。このプロジェクトは、多くの子どもたちや障がい者に自分の可能性に挑戦する機会を提供するため、またこのプロジェクトによって、多くの将来性豊かなアスリート「ライジング・スター（希望の星）」が日本全国から発掘・育成され、世界で活躍することを目指すことを目的としている。このプロジェクトのオリンピック競技における人材発掘の際行われる測定項目には自転車エルゴメータ（Wattbike）を用いたパワーと持久力の測定が含まれており、競技適性の評価の１つとされている。しかしこのような取り組みや測定方法があるにも関わらず、柔道競技では自転車エルゴメータ（Wattbike）を用いた測定が行われていない。

トレーニング現場において測定を実施する際には、より安全に、より簡便に、比較的短時間で実施可能であり、さらにはトレーニングの一環として実施可能で即時的に評価可能な測定項目が望ましい。また自転車エルゴメータは技術的要因が関与しにくく実験条件を統制しやすいため、無酸素性パワーおよび有酸素性持久力を評価する測定項目として有用であると考えられるが、Wattbike を用いた評価基準は未だ存在しない。また最大酸素摂取量を定期的に測定することによって、個人の全身持久性能力の推移やトレーニングによる持久性能力の変化を知ることが可能である[7]。

そこで本研究では、女子柔道選手を対象に自転車エルゴメータ（Wattbike）を用いて、無酸素性パワー（6 Second Peak Power Test）および有酸素性能力（3 Minute Aerobic Test）測定を行い、相対的・総合的に評価するための評価基準表を作成すること、体重と測定で得られた結果との関係について調べることを目的とした。

Ⅱ．方法

１）被験者

対象は大学女子柔道選手のべ43名（年齢20.0±1.2歳、身長160.8±5.4cm、体重66.5±13.7kg）とした。なお、個人内で同一測定項目について複数回の測定を実施した場合には、各項目内の最高値を用いた。被験者には、測定の内容や危険性について説明し、測定参加への同意を得るとともに、データ発表についての了解を得た。なお、本研究は東海大学「人を対象とする研究」に関する倫理委員会の承認を得た上で実施されたものである（承認番号：18027）。

2）6 Second Peak Power Test の測定

無酸素性パワーの測定には、自転車エルゴメータ（Wattbike；日本サイクス有限会社）を用い、6 Second Peak Power Test を行った。被験者には測定前に測定に関する説明を行った後、測定で用いる負荷に設定し、6 秒間全力ペダリングを 3 回実施させた。測定には、予めプログラムされた 6 Second Peak Power Test を用い、年齢、体重、性別を入力した後、モニタに表記される推奨負荷にギアを設定し、被験者に 6 秒間全力ペダリングを行わせた。その後、推奨負荷レベルよりギアを 1 つ上げて 2 回目の測定を行い、推奨負荷レベルよりギアを 1 つ下げて 3 回目の測定を行った。3 回の測定のうち、最大値を最大パワー値（watt）とし、体重 1 kg あたりの最大パワー値および最高ケイデンス（rpm）を記録した。

3）3 Minute Aerobic Test の測定

有酸素性持久力の測定には、自転車エルゴメータ（同上）を用い、3 Minute Aerobic Test を行った。3 Minute Aerobic Test は、6 Second Peak Power Test が終了した後に測定を開始した。測定には、予めプログラムされた 3 Minute Aerobic Test を用い、体重によって使用する負荷レベルを決定した。測定の際には、測定時間の 3 分間のうち、最初の 2 分30秒は100回転を目安に漕ぎ、最後の30秒は出来る限り全力で漕ぐように指示をした。測定後 MMP（Max Minute Power：1 分間あたりの平均パワー；watt）と推定最大酸素摂取量（ml/kg/min）を記録した。

4）分析項目

6 Second Peak Power Test においては、体重と Power peak の関係、体重と Cadence peak の関係、体重と Power to weight ratio の関係とした。

3 Minute Aerobic Test においては、体重と MMP の関係、体重と VO2max est. の関係、体重と MMP to weight ratio の関係とした。

5）評価表の作成

6 Second Peak Power Test および 3 Minute Aerobic Test の結果をもとに、パーセンタイル表を作成した。パーセンタイル表は、各測定項目の成績の 5 パーセンタイル毎に相当する値をそれぞれ示した。

6）統計処理

統計処理には Excel 統計を用いて、相関行列と偏相関行列を行った。測定値はすべて平均値±標準偏差（最小値～最大値）で示した。

Ⅲ．結果

1）無酸素性パワーの測定

6 Second Peak Power Test 時の Power peak は791.5 ± 133.0（507.0～1120.0）watt、その Power to weight ratio は12.1 ± 1.6（7.8～15.5）、Cadence peak は146.7 ± 8.5（130.0～171.0）rpm であった（表 1）。

表 1　6 Second Peak Power Test と 3 Minute Aerobic Test の結果
Table 1 Results of The 6 second peak power test and The 3 minute aerobic test.

	The 6 Second Peak Power Test			The 3 Minute Aerobic Test	
	Power peak	Power to weight ratio	Cadence peak	MMP	VO2max est.
	watt	watt/kg	rpm	watt/min	ml/kg/min
mean	791.5	12.1	146.7	215.1	40.6
SD	133.0	1.6	8.5	39.8	4.7
MAX	1120.0	15.5	171.0	299.0	51.8
MIN	507.0	7.8	130.0	122.0	32.4

表2　パーセンタイル表（女子柔道）
Table 2 Percentile table for the women's judo player (anaerobic power and aerobic endurance).

Percentile	The 6 Second Peak Power Test			The 3 Minute Aerobic Test	
	Power peak	Power to weight ratio	Cadence peak	MMP	VO2max est.
%	watt	watt/kg	rpm	watt/min	ml/kg/min
100	1120	15.5	171	299	51.8
95	988	15.1	162	270	46.5
90	965	14.3	154	266	45.8
85	942	13.9	154	257	45.0
80	910	11.8	154	252	44.8
75	874	13.0	150	242	44.3
70	844	12.8	150	236	43.9
65	840	12.5	150	232	43.0
60	824	12.2	146	222	42.3
55	810	11.9	146	215	41.8
50	784	11.8	146	214	40.5
45	764	11.8	146	211	39.3
40	745	11.7	143	207	38.8
35	722	11.6	143	203	38.0
30	711	11.5	143	201	37.9
25	703	11.1	140	196	37.5
20	690	10.7	140	191	36.2
15	655	10.4	140	187	34.8
10	622	10.1	136	155	34.0
5	601	9.8	136	141	33.7
0	507	7.8	130	122	32.4

2）有酸素性持久力の測定

3 Minute Aerobic Test 時の MMP は215.1 ± 39.8（122.0 ～ 299.0）watt、VO2max est. は 40.6 ± 4.7（32.4～51.8）ml/kg/min であった（表 1 ）。

3）評価表

6 Second Peak Power Test お よ び 3 Minute Aerobic Test の各測定項目の記録について、表 1 に測定値、表 2 にパーセンタイル表を示した。

4）6 Second Peak Power Test における体重と Power peak の関係

体重と Power peak の関係において、正の相関がみられた（p＜0.001）。（図 1 ）

5）6 Second Peak Power Test における体重と Cadence peak の関係

体重と Cadence peak の関係において、負の相関がみられた（p＜0.001）。（図 2 ）

6）6 Second Peak Power Test における体重と Power to weight ratio の関係

体重と Power to weight ratio の関係において、負の相関がみられた（p＜0.001）。（図 3 ）

7）3 Minute Aerobic Test における体重と MMP の関係

体重と MMP の関係において、正の相関がみられた（p＜0.001）。（図 4 ）

8）3 Minute Aerobic Test における体重と VO2max est. の関係

体重と VO2max est. の関係において、負の相関がみられた（p＜0.001）。（図 5 ）

9）3 Minute Aerobic Test における体重と MMP to weight ratio の関係

体重と MMP to weight ratio の関係において、負の相関がみられた（p＜0.001）。（図 6 ）

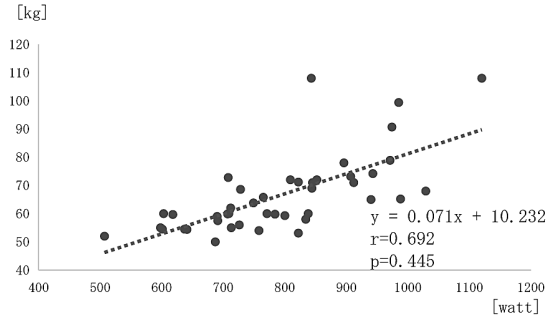

図１　体重と Power peak の関係
Fig. 1 The relationship between body weight and Power peak.

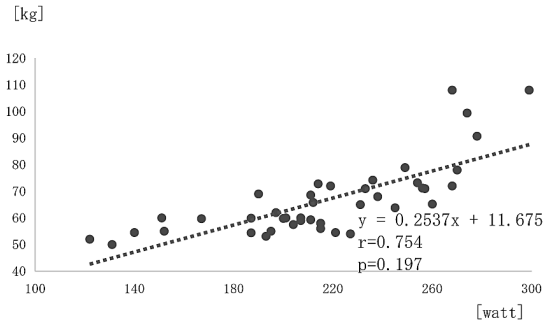

図４　体重と MMP の関係
Fig. 4 The relationship between body weight and MMP.

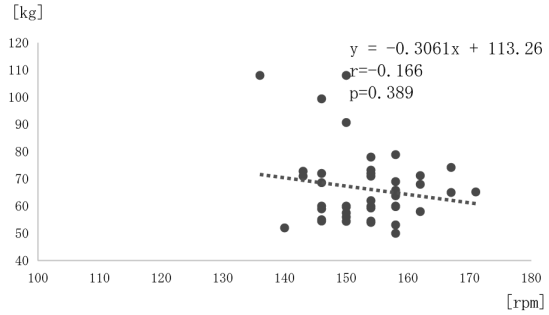

図２　体重と Cadence peak の関係
Fig. 2 The relationship between body weight and Cadence peak.

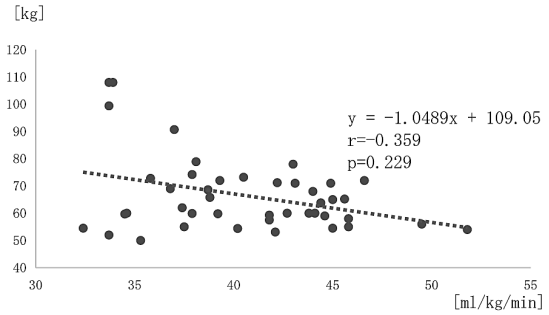

図５　体重と VO2max est. の関係
Fig. 5 The relationship between body weight and VO2max est.

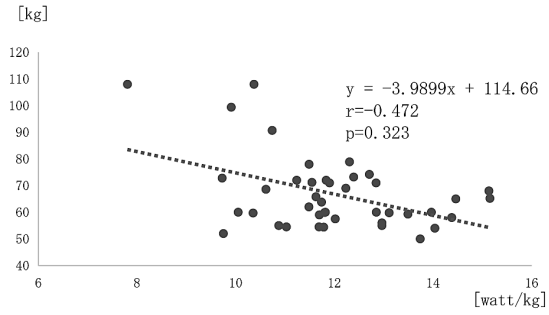

図３　体重と Power to weight ratio の関係
Fig. 3 The relationship between body weight and Power to weight ratio.

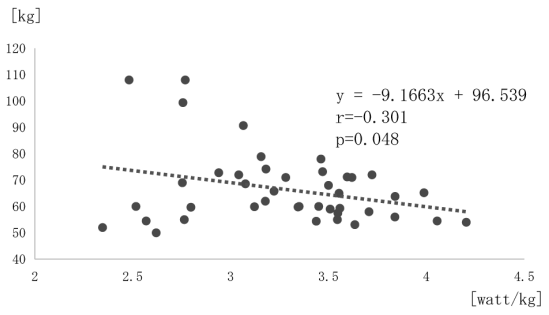

図６　体重と MMP/体重の関係
Fig. 6 The relationship between body weight and MMP/body weight.

Ⅳ．考察

トレーニング現場において体力測定で得られたデータを有効に活用していくことは選手自身がトレーニングを行う際の指標となり、トレーニング計画を立てる上での１つの資料となる。そこで本研究では、女子柔道選手を対象に無酸素性パワーおよび有酸素性持久力の測定を行い、相対的・総合的に評価するための評価基準表を作成することとした。

また本研究ではトレーニング現場において、より安全に、より簡便に、比較的短時間で行うことができ、さらにトレーニングの一環として実施可能で即時的に評価可能な測定として自転車エルゴメータ（Wattbike）を用い、あらかじめプログラ

ムされている6 Second Peak Power Testと3 Minute Aerobic Testを行った。

6 Second Peak Power Testでは、Power peakとCadence peakを測定した。体重とPower peakの関係において正の相関がみられ、体重とCadence peakの関係、体重とPower to weight ratioの関係において負の相関がみられた。このことから、重量級選手ほど発揮するパワーが強い、重量級選手はCadence（以下、回転数とする）が上がらず、重量級選手は体重あたりに発揮できるパワーが弱いと言える。パワーは力×スピードで求めることができる。このことから体重があり回転数を上げることができる選手ほど発揮するパワーが強くなることが考えられる。

3 Minute Aerobic Testでは、体重とMMPの関係において正の相関がみられ、体重とVO2max est.の関係、体重とMMP to weight ratioにおいて負の相関がみられた。このことから、6 Second Peak Power Testで得られた体重とPower peakと同様、重量級選手ほど発揮するパワーが強いということがいえ、重量級選手ほど持久力が乏しくなることが考えられる。

柔道競技は、4分間の本戦の中で勝敗を決し、勝敗がつかない場合は無制限のゴールデンスコアに突入する。つまり、4分間の限られた時間の中で勝負を見極め、仕掛ける瞬間的なパワーとゴールデンスコアに突入してもパワーを発揮し続けることができる持久力が必要なのである。今回得られたデータでは、重量級選手になればなるほど瞬間的に発揮するパワーが強いという結果と重量級選手ほど持久力が乏しくなるという結果が得られた。このことから、重量級選手において持久的な体力、また軽量級選手において瞬発的にPower peakを発揮する瞬発力的な体力要素が必要であることが考えられる。

また柔道は、階級制の競技である。個人戦の戦いでは同階級の選手と戦うため、個々のパワー量よりも体重とPower to weight ratioの関係と体重とVO2max est.の関係に着目し考えなくてはいけない。今回のデータでは、体重とPower to weight ratioの関係において負の相関、体重とVO2max est.の関係においても同じく負の相関であった。このことから、軽量級選手のほうが体重あたりのパワーが重量級選手よりもパワーが強いといえ、体重あたりで考えれば重量級選手に勝るパワーを持っているということが考えられる。また1分間に体重1 kgあたり取り込むことができる酸素の量が多ければ持久力が高いといえ、軽量級選手にはその傾向かみられた。

本研究では、測定結果をもとにパーセンタイル表（表2）による価基準表を作成した。パーセンタイル表は、パーセンタイルを用いているために各測定項目間の比較を直接的に行うことはできないが（関係性のおおまかな把握にとどまる）、選手がパーセンタイルの成績を理解しやすいこと、各測定項目において目標値を設定しやすいことなどの利点を持つ[7]。活用方法としては、選手自身が測定値のレベルについて把握すること、ケガから競技復帰をする際の1つの指標となることが考えられる。

Ⅴ．結論

本研究の目的は、女子柔道選手を対象に自転車エルゴメータ（Wattbike）を用いて、無酸素性パワー（6 Second Peak Power Test）および有酸素性能力（3 Minute Aerobic Test）測定を行い、相対的・総合的に評価するための評価基準表を作成すること、体重と測定で得られた結果との関係について調べることであった。対象は大学柔道選手のべ43名とし、自転車エルゴメータを用いて「6 Second Peak Power Test」および「3 Minute Aerobic Test」を実施し、測定した結果をもとに評価基準表を作成、体重と測定で得られた結果との関係について調べた。

今後の課題として、6 Second Peak Power Testと3 Minute Aerobic Testを定期的に行うことで体力評価の1つとして有用であると考え、選手を縦断的に見ていくことで競技力の向上に繋がると

考える。

参考文献

1）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): p. 526-53
2）春日井淳夫, 平野嘉彦, 中村良三, 安河内春彦, 村松成司, 竹内善徳（1991）, 全日本女子柔道強化選手の最大酸素摂取量および無酸素パワーとの関連について. 武道学研究24巻 2 号：p. 85-86
3）柳沢久, 村松成司, 鮫島元成, 野瀬清喜, 春日俊, 森脇保彦, 木村昌彦（1996）, 女子柔道選手の無酸素パワーについて（その 7 ）. 29巻 Supplement 号： p. 49
4）芳賀脩光（1975）, 女子柔道における練習中の酸素摂取量と心拍数変動について. 武道学研究 7 巻 2 号：pp. 27-33
5）日本サイクス有限会社（最終閲覧日：2018.12.13）http://wattcycling.jp/
6）J-STAR PROJECT（最終閲覧日：2018.12.13）https://www.j-star.info/
7）小山孟志（2017）, 男子バスケットボール選手の無酸素性パワーおよび有酸素性持久力の評価表の作成. 東海大学スポーツ医科学雑誌 vol. 30: pp. 51-57