

---

## 柔道選手における腕パワーと脚パワーの持続性及び有酸素能力との関連の比較

服部祐児<sup>1</sup> 村松成司<sup>2</sup> 佐藤伸一郎<sup>3</sup> 服部洋児<sup>4</sup>

<sup>1</sup>東海学園大学 <sup>2</sup>千葉大学 <sup>3</sup>拓殖大学 <sup>4</sup>大同工業大学

### A comparison of the endurance ability and its relationship to aerobic capacity between arm power and leg power of Judo athletes

Yuji HATTORI<sup>1</sup>, Shigeji MURAMATSU<sup>2</sup>, Shinichiro SATO<sup>3</sup> and Yoji HATTORI<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Tokai Gakuen University, <sup>2</sup>Chiba University, <sup>3</sup>Takusyoku University, and

<sup>4</sup>Daido Institute of Technology

---

#### Abstract

The purpose of this study was to investigate the relation between the changes of anaerobic power and the aerobic capacity. Ten seconds-anaerobic exercise of both arms and legs were intermittently loaded ten times for 5 minutes by 15 university Judo athletes.

The results were as follows;

1. The peak power and work capacity for both arms and legs decreased in about same quantity after 5 minutes exercise, however, the individual variations of them for arms were greater than that for legs.

2. Taking the mean of 10 times trials, correlation coefficient between the changing rate of the peak power and  $\dot{V}O_2\max$  was 0.529 ( $p < 0.05$ ) with arms and 0.130 (N.S.) with legs.

3. Taking the mean of 10 times trials, correlation coefficient between the changing rate of the work capacity and  $\dot{V}O_2\max$  was 0.441 (N.S.) with arms and 0.093 (N.S.) with legs.

These results suggested that a positive correlation existed mainly between  $\dot{V}O_2$  and arm power. It is indicated that the aerobic capacity improvement is important in order to maintain anaerobic power.

#### 緒言

スポーツの競技力は、技術・戦術、体力、精神力などさまざまな要素により構成されていることは論じるまでもない。柔道においても論外ではなく近年の柔道の国際化は、体重別試合の導入や競技形態(ルール)の改正とあいまって、選手の競技力の各要素を極限に近いレベルに高めて戦わざるをえないものになっている。従って、勝敗は試合時間を全て使って僅差の判定で決まる場合が多く見られるようになってきている。このことは、試合においては体力的な優位性において勝負が決定される場合が多くなっていることを意味するものと考えてよい。

柔道の競技力向上のための体力的資質として佐

藤<sup>2)</sup>は、柔道選手の競技成績には有酸素能力より無酸素パワーの方が、より関与していることを指摘した。しかしながら、僅差の勝負が多くなった近年の国際試合を見る限り、1回の最大無酸素パワーの出力自体を高めると同時に、5分間の試合を戦いぬくパワーの持続力を高めることが極めて大切であると考えられる。数秒間の無酸素パワーは主に燐原質系より発揮されるものであり、より大きな瞬発的パワーを連続的に発揮するためには一度使いきった燐原質系のクレアチンリン酸(CP)をいかに再合成するかが重要なポイントとなってくる。筋肉内のクレアチンリン酸がエネルギーを放出して、再びクレアチンリン酸に再合成されるためには新たにアデノシン3燐酸(ATP)の供給がなされ

なければならない。この ATP の供給は有酸素系によってなされることが指摘されている<sup>1)3)</sup>ことから、パワーの持続力にも有酸素能力が関与すると推察される。パワーの持続力について、渡辺<sup>5)</sup>は柔道の試合展開において無酸素パワーとともに有酸素能力の重要性を指摘した。

柔道選手の瞬発的な無酸素パワーの持続力と有酸素能力との関係を明らかにするため、前回我々<sup>4)</sup>は柔道の試合を想定して、5分間の運動時の間欠的なパワーの持続力の推移を腕パワーの持続力から報告した。しかしながら、この研究は腕パワーの面からのみ検討しており、脚パワーの面からは未検討であった。本研究ではこれまで未検討である脚パワーの持続力からも検討を行ない、腕パワーの持続力と比較検討し、さらに最大酸素摂取量との関係についても比較検討した。

#### 研究方法

被験者は、本研究の趣旨を説明し参加してくれた大学柔道部男子選手15名を用いた。それぞれの被験者の年齢、身長、体重、最大酸素摂取量、ピークパワーを表1に示した。各選手は、いずれも現在少なくとも週4回以上(1日2時間半)の練習を行っている選手である。

最大酸素摂取量の測定は竹井機器工業社製ハイパワー自転車エルゴメーター(脚)及びそれを改良したもの(腕)を用いて漸増負荷法を使用した。改良部分はペダルの部分に握るための把手をつけ、サドルから支柱の部分に座布団を巻きつけ、運動はそこに頭を固定して行なった。

呼気および吸気中の酸素濃度と二酸化炭素濃度を各呼吸ごとに測定し、換気特性を示す諸パラメーターを算出し無酸素性作業閾値を総合判定した。ペダリング運動は、原則として被験者が疲労困憊に至るまで続けられ、作業停止前15秒間の酸素摂取量の平均値を1分間に換算し最大酸素摂取量とし

Table 1. Physical characteristics of subjects and maximal oxygen intake and peak power by arm or leg.

Subjects	BH cm	BW kg	$\dot{V}O_2\text{max}$				Maximal anaerobic power			
			Arm		Leg		Arm		Leg	
			ml/min	ml/min/kg	ml/min	ml/min/kg	Watt	watt/kg	Watt	watt/kg
1	179	82	2858	34.9	3604	44.0	786	9.6	908	11.1
2	182	92	3247	35.3	4260	46.3	747	8.1	960	10.4
3	178	120	3480	29.0	4117	34.3	878	7.3	1364	11.4
4	181	105	3660	34.9	4100	39.1	978	9.3	1254	11.9
5	174	87	3342	38.4	4156	47.8	792	9.1	1122	12.9
6	180	94	2119	22.5	4493	47.8	913	9.7	1093	11.6
7	177	90	3387	37.6	3927	43.6	734	8.2	1024	11.4
8	178	93	3216	34.6	4329	46.5	817	8.8	1100	11.8
9	166	65	2445	37.6	3649	56.1	659	10.1	974	15.0
10	171	76	3331	43.8	3617	47.6	757	10.0	1130	14.9
11	167	61	2681	44.0	3283	53.8	582	9.5	792	13.0
12	178	72	2670	37.1	3467	48.2	669	9.3	843	11.7
13	179	75	2396	31.9	3401	45.4	736	9.8	1237	16.5
14	177	73	3028	41.5	3 701	50.7	668	9.2	1192	16.3
15	164	67	2452	36.6	3 625	54.1	628	9.4	1060	15.8
Mean	175	83.5	3021	36.7	3 849	47.0	756	9.2	1070	13.1
SD	5.72	16.1	411	4.1	372	5.6	109	0.8	158	2.1

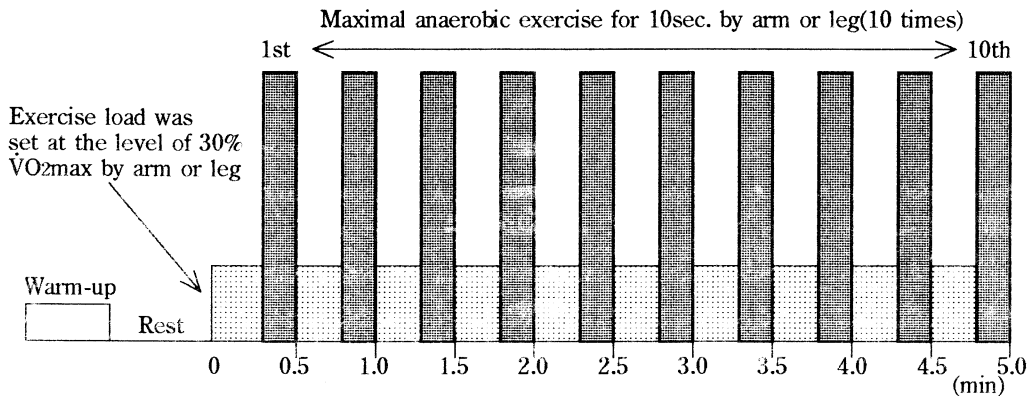


Fig.1. Protocol of intermittent maximal anaerobic exercise by arm or leg.

た。この時、心拍数は少なくとも160拍/分を越えたことを確かめたうえで運動を終了させた。

ピークパワーの測定は竹井機器工業社製ハイパワー自転車エルゴメーター(脚)及びそれを改良したもの(腕)を用いて、1kpより1kpずつ負荷を増加させながら、それぞれの負荷で約8秒間全力ペダリングを行わせた。前回のピーク値よりも低下した場合、その時点で終了とした。各負荷によって得られたピークパワー値を通る回帰曲線(二次多項式)を最小2乗法で求めた。そして放物線の極大値をピークパワーとした。

柔道の国際試合は国際柔道連盟ルールでは男子5分間と定められている。この間ほぼ30秒間技を掛けない場合は反則となる。従って、選手は少なくとも30秒の間に何らかの技を掛けなければならない。また、攻撃した後しばらく様子をうかがい、さらに技を掛けることから、その間は次なる攻撃への回復期間と考えられる。実験は、これらを考慮して以下の通りに行なった。(図1)

ウォーミングアップ後、国際試合を想定した5分間のペダリング運動を行なわせた。運動中は30秒間隔で10秒間の全力ペダリングを行なわせた。つまり、20秒間の一定運動後、10秒間の全力ペダリングを行なうことになり、5分間に10回繰り返すことになる。運動は、すべて竹井機器工業社製ハイパワー自転車エルゴメーター(脚)及びそれを改良したもの(腕)を用いて行なった。改良は腕運動を

行ないやすくするためにペダル部位を把手に替え、またサドルから支柱部位を被験者の眼前部に位置させ、腕運動を行ないやすい状態にした。各被験者の負荷強度は、20秒間の一定運動時は最大酸素摂取量値を示した時の負荷の30%とし、回転数は60回/分を維持させた。10秒間の全力ペダリング時はピークパワー値を示した時の負荷の70%とした。以上の実験により、5分間運動時のピークパワーおよび全力ペダリング時の仕事量を測定した。

#### 結果および考察

腕と脚の5分間運動時のピークパワーと全力ペダリング時の仕事量の変化を、運動開始時の値を100とした相対変化量の平均値で表2に示した。

被験者15名個々の5分間運動時のピークパワーの変化を、運動開始時の値を100とした相対変化量で見ると、5分間を通して脚が腕をわずかに上回った。5分間におけるピークパワーの平均値は腕は69.20%、脚は71.59%を示した。筋力は筋面積量に比例するので脚に比べ筋量の少ない腕の方が減少率が高かったと考えられる。変動係数の変化を図2に示した。腕の5分時は0.152、脚の5分時は0.137と腕の方が大きく、この傾向はほぼ5分間を通して同様であった。これらから、腕の方が個人の能力差が大きくでることが示された。これは柔道の競技特性上、技を掛ける場合は上半身の瞬発的パワーの方が下半身の瞬発的パワーより重要視され、より

Table 2. Mean of the relative changes of peak power and work capacity during 5 min-intermittent maximal exercise (arm and leg)

(min)	Peak power		Work capacity	
	Arm	Leg	Arm	Leg
0.0	100	100	100	100
0.5	87.54	93.00	81.44	82.13
1.0	80.66	87.73	72.56	76.66
1.5	73.61	80.97	66.22	69.44
2.0	70.00	76.51	61.96	65.71
2.5	70.10	72.99	60.04	62.43
3.0	68.63	71.13	58.62	60.79
3.5	67.59	70.21	57.86	59.92
4.0	69.01	70.90	58.46	59.26
4.5	66.93	70.44	55.83	59.36
5.0	69.20	71.59	58.66	59.99

(%)

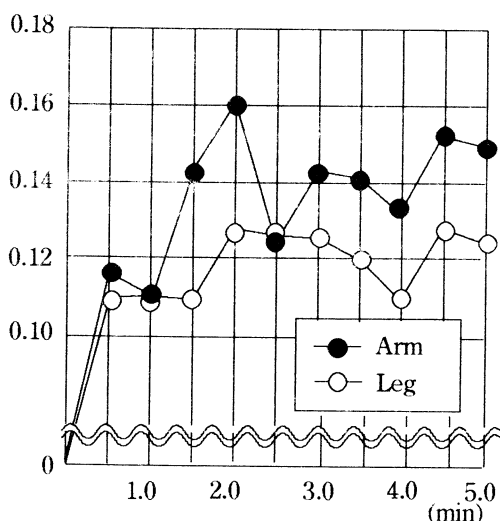


Fig.2. Changes of CV(Coefficient of Variation) of peak power during 5 min-intermittent maximal anaerobic exercise by arm or leg.

練習の対象とされるため、練習量が直接個人の能力差に反映したと考えられる。更に、脚よりも筋量の少ない腕の方に練習量が反映され、個人差が出やすかったと考えられる。

被験者15名個々の5分間運動の全力ペダリング時の仕事量の変化を、運動開始時の値を100とした相対変化量でみると、ピークパワー同様に5分間を通

して脚が腕をわずかに上回った。5分時における仕事量の平均値は、腕は58.66%、脚は59.99%を示した。変動係数の変化を図3に示した。腕と脚との間にピークパワーの変化のようにはっきりとした個人差はみられなかった。これは仕事量が10秒間のパワーの連続発揮であり、そのため瞬発的パワーを高める日々の柔道の練習が、直接仕事量の個人の能力差に反映しなかったと考えられる。

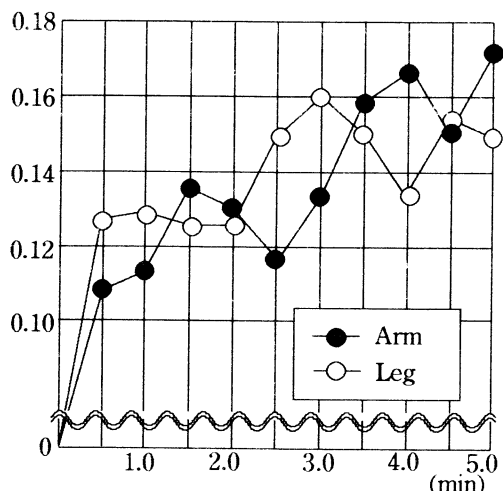


Fig.3. Changes of CV(Coefficient of Variation) of work capacity during 5 min-intermittent maximal anaerobic exercise by arm or leg.

回復と最大酸素摂取能力とが正の相関関係にあることを示唆するものであると考えられる。一方、脚は5分時を除いて9回に正の相関関係が得られたが、いずれも有意差は認められず、相関係数も9回

腕と脚の5分間運動時のピークパワーの相対的変化量と体重当たりの最大酸素摂取量との関係を、各分時における相関係数で表3に示した。腕のピークパワーの相対的変化量と最大酸素摂取量との関係は、5分間全てにわたり、相関係数0.40以上の高い正の相関関係が得られた。特に1分時、1.5分時、2分時、3分時、4.5分時、5分時においては、有意な相関関係( $p < 0.05$ )が認められた。10回の相関係数の平均値も0.529と有意な相関関係が得られた。このことは、最大酸素摂取量の高い被験者ほど間欠的なパワーの発揮時にそのピークの減少を少なく抑さえる傾向を示し、同時に20秒間の一定運動

Table 3. Correlation coefficient between relative changes of peak power by arm and leg exercise and maximal oxygen intake per body weight(kg)

(min)	Arm	Leg
0.5	0.482	0.164
1.0	0.561*	0.322
1.5	0.522*	0.318
2.0	0.636*	0.195
2.5	0.514	0.190
3.0	0.546*	0.145
3.5	0.481	0.095
4.0	0.401	0.077
4.5	0.565*	0.00016
5.0	0.581*	-0.200
Mean	0.529*	0.130

(\* p<0.05)

時(最大酸素摂取量の30%強度)のピークパワーの中7回が0.2以下と低いものであった。10回の相関係数の平均値も0.130と有意な相関関係は得られなかった。この結果は、渡辺<sup>5)</sup>の報告とは設定強度は異なるものの、脚の無酸素パワーの変動と有酸素能力との関係の結果とほぼ一致しており、脚は腕に比べて相関関係が出にくいことが認められた。この理由としては、上半身の瞬発的パワーをより重要視する柔道の競技特性によるものであることが考えられ、腕パワーを意識的に高める日々の練習により、有酸素能力の指標の最大酸素摂取能力を、脚パワーよりも腕パワーにより高く発揮させることができたと推察される。また、20秒間の一定運動時に取り込む酸素量については、腕に比べ筋量の大きな脚にたまった乳酸を取り除くためには十分な量ではなかったことが推察される。

腕と脚の5分間運動の全力ペダリング時の仕事量の相対的変化量と体重当たりの最大酸素摂取量との関係を、各分時における相関係数で表4に示した。腕の全力ペダリング時の仕事量の相対的変化量と最大酸素摂取量との関係は、4分時の相関係数は0.116と低かったが、それ以外は全て0.3以上の正の相関係数が得られた。特に1.5分時、2分時、2.5分時においては、有意な相関関係が認められた。10

Table 4. Correlation coefficient between relative changes of work capacity by arm and leg exercise and maximal oxygen intake per body weight ( kg)

(min)	Arm	Leg
0.5	0.335	-0.024
1.0	0.496	0.155
1.5	0.562*	0.169
2.0	0.594*	0.138
2.5	0.558*	0.209
3.0	0.463	0.184
3.5	0.372	0.066
4.0	0.116	-0.006
4.5	0.509	0.017
5.0	0.405	0.018
Mean	0.441	0.093

(\* p<0.05)

回の相関係数の平均値も0.441と正の相関関係が11.6と低かったが、それ以外は全て0.3以上の正の相関係数が得られた。特に1.5分時、2分時、2.5分時においては、有意な相関関係が認められた。10回の相関係数の平均値も0.441と正の相関関係が得られたが、有意差は認められなかった。このことは、最大酸素摂取量の高い被験者ほど間欠的なパワーの発揮時にその仕事量の減少を少なく押さえる傾向を示唆し、同時に20秒間の一定運動時(最大酸素摂取量の30%強度)のパワーの回復と最大酸素摂取能力とが正の相関関係にあることを示唆するものであると考えられる。一方、脚は10回中8回に正の相関関係が得られたが、有意差は認められず、相関係数もすべてが0.21以下と低いものであった。10回の相関係数の平均値も0.093と有意な相関関係は得られなかった。脚は、ピークパワーの減少傾向同様、仕事量の減少傾向に於いても最大酸素摂取量との相関関係が出にくく、この理由としては、ピークパワーの減少傾向と最大酸素摂取量との相関の考察同様の理由が考えられる。また、実験計画の段階では、ピークパワーの減少傾向よりも長時間のパワーの連続発揮である仕事量の減少傾向に、最大酸素摂取量との相関はより高く得られると考えられたが、仕事量の減少傾向と最大酸素摂

取量との相関の方が、高い相関が得られなかった。このことは、瞬発的パワーを重要視する柔道の競技特性により、連続技の習得に必要なパワーの連続発揮を高める練習が単発の技の練習に比べてあまり行われていないことが考えられ、そのため最大酸素摂取能力が仕事量の減少傾向により深く影響を与えることができなかつたと考えられる。

近年の国際試合における柔道が、「1本」で決めるパワー柔道から「ポイント」を重ねる持続的柔道に変わりつつあることを考えると、柔道選手のパワーの出力自体を高くすることの重要性は認めつつも、さらにそのパワーの最高値を試合の最後まで維持することが今後重要になってくるものと考えられる。また、それらの間欠的なパワーの持続力は最大酸素摂取量と深く関係しているのではないかと考えられる。前回我々は、柔道の競技特性上、最も重要とされる腕パワーについて、より強いパワーを維持するために有酸素能力を高めることが重要であることを指摘したが、本実験の脚パワーとの比較結果は、はっきりとこれを裏付けるものとなった。5分間の柔道の国際試合を戦い抜くためには、腕パワーを中心にした間欠的な無酸素パワーの維持能力が求められる。本実験結果からも明らかなように維持能力の向上には有酸素能力の向上が大きくかわっており、今後のトレーニングの目安になると考えられる。

研究の限界として、自転車及びそれを改良したものを用いたペダリング運動実験の結果を、柔道の強化の一資料として用いることには無理があり、今後より柔道の形態に即した研究方法を検討すべきである。また、より詳細に検討するためには、今回行なわなかった乳酸等血液生化学的な面での考察も必要と考える。

#### 要約

柔道選手の無酸素パワーの変動と有酸素能力の関係について検討した。被験者は、大学男子柔道選手15名であった。実験は、5分間に10秒間の全力ペダリング(負荷はピークパワー値の70%)を10回繰り返す5分間ペダリングを行なった。

得られた結果は以下の通りである。

1)5分間運動中のピークパワーの相対的变化は、5分時に腕は平均69.20%、脚は平均71.59%であった。個人差は5分間をほぼ通して脚より腕に高くみられた。

2)5分間運動中の仕事量の相対的变化は、5分時に腕は平均58.66%、脚は平均59.99%であった。個人差はあまりみられなかった。

3)5分間運動中のピークパワーの変化率と体重当たり最大酸素摂取量との相関関係は、腕は10回中6回に5%水準で有意な正の相関関係がみられ、平均の相関係数も0.529と有意な相関関係が認められた。脚は10回中1回を除き正の相関の傾向がみられたがいずれも有意な相関は認められなかった。

4)5分間運動中の仕事量の変化率と体重当たりの最大酸素摂取量との相関関係は、腕は10回中3回に5%水準で有意な正の相関関係がみられたが、平均の相関係数は0.441と有意差はなかったものの、正の相関の傾向がみられた。脚は10回中2回を除き正の相関の傾向がみられたが、いずれも相関係数は極めて低く、有意な相関は認められなかった。

以上の結果から、間欠的な無酸素パワーの維持能力と有酸素能力には、腕パワーを中心に正の相関関係があることが示された。

#### 参考文献

1)村松成司(1998):最大嫌氣的運動を繰り返す際のピークパワーおよび仕事量の変動に及ぼす酸乳飲料摂取の効果, 千葉体育学研究, 11, 15-22

2)佐藤伸一郎(1990):無酸素的パワーと有酸素的パワーの両面からみた柔道選手の体力についての研究, 筑波大学大学院体育研究科修士論文

3)徳山郁夫(1986):有酸素的並びに無酸素的パワーの両面からみた大学漕艇選手の体力, 千葉大教養部研究報告B-19, 157-167

4)服部祐児, 村松成司, 佐藤伸一郎, 服部洋児, 竹内善徳(1995):柔道選手における腕パワーの持続性と有酸素能力との関連, 千葉体育学研究20, 7-12

5)渡辺直勇(1991):柔道選手における無酸素パワーの変動と有酸素能力との関係について, 筑波大学体育研究科修士論文

受付 平成13年 9月25日

受理 平成14年 3月16日