

---

## 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

服部祐兒<sup>1</sup> 村松成司<sup>2</sup> 佐藤伸一郎<sup>3</sup> 服部洋兒<sup>4</sup> 竹内善徳<sup>5</sup>  
<sup>1</sup>東海学園大学 <sup>2</sup>千葉大学 <sup>3</sup>道都大学 <sup>4</sup>大同工業大学 <sup>5</sup>筑波大学

### The relationship between the endurance ability of arm power and aerobic capacity of Judo athletes

Yuji HATTORI<sup>1</sup> Shigeji MURAMATSU<sup>2</sup> Shin-ichiro SATO<sup>3</sup> Yoji HATTORI<sup>4</sup>  
Yoshinori TAKEUCHI<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Tokai Gakuen University <sup>2</sup>Chiba University <sup>3</sup>Douto University  
<sup>4</sup>Daido Institute of Technology <sup>5</sup>University of Tsukuba

---

#### 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 arms were intermittently loaded ten times for 5 minutes by 15 university Judo athletes. Peak power and work capacity were measured by loading of maximal anaerobic exercises for 30 seconds, before and after 5 min intermittent exercise.

The results were as follows;

1. Individual variations of the endurance of peak power and work capacity became bigger after 2.5 minutes.
2. Taking the average of 10 times examinations, correlation coefficient between the changing rate of the peak power and VO<sub>2</sub>max was 0.529. This was a significantly positive correlation( $p < 0.05$ ).

These results suggested that a positive correlation existed between the ability to keep intermittent anaerobic power and aerobic capacity of arm power. It is indicated that raising the aerobic capacity is important in order to maintain stronger power.

#### 緒言

近年、柔道の国際大会においては諸外国の台頭がめざましく、日本における柔道の競技力は必ずしも好成績を納めることができなくなっている。これは諸外国における技術・戦術面の向上だけでなく、体力面における問題が影響していると考えられる。柔道の国際的競技形態においては、試合は体重別階級制で行われている。そのため、勝負は単なる体重差でなく、個々の選手の持つ体力的資質に大きく依存する。柔道の競技力向上のため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である。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リン酸(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ことから、無酸素的に発生する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。

今回、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に、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検討しさらに最大酸素摂取量との関係について検討した。

研究方法

被験者は、本研究の趣旨を説明して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

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

Subject	BH cm	BW kg	VO <sub>2</sub> max ml/mi (kg)		Peak power Watt (kg)	
1	179	82	2858	34.9	786	9.6
2	182	92	3247	35.3	747	8.1
3	178	120	3480	29.0	878	7.3
4	181	105	3660	34.9	978	9.3
5	174	87	3342	38.4	792	9.1
6	180	94	2119	22.5	913	9.7
7	177	90	3387	37.6	734	8.2
8	178	93	3216	34.6	817	8.8
9	166	65	2445	37.6	659	10.1
10	171	76	3331	43.8	757	10.0
11	167	61	2681	44.0	582	9.5
12	178	72	2670	37.1	669	9.3
13	179	75	2396	31.9	736	9.8
14	177	73	3028	41.5	668	9.2
15	164	67	2452	36.6	628	9.4
Mean	175	83.5	3021	36.7	756.3	9.2
SD	5.72	16.1	411	4.1	109.2	0.8

を行っている選手である。

腕運動におけ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を改良したもの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。各被験者には呼気ガス採集用マスクを装着し、漸増負荷運動中に呼気ガス分析器(ミナト医科学社製AE-280)を用いて換気量、酸素濃度と二酸化炭素濃度を各呼吸ごとに測定した。運動は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もってそのプロトコルにおける最大酸素摂取量とした。

腕運動時の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を改良したものを用いて各負荷強度で約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より最小2乗法で回帰曲線(二次多項式)を求めた。そして放物線の極大値をピークパワーとした。

実験は以下の通りに行った。(図1)

最大酸素摂取量の30%強度で5分間ペダリング運動を行なわせながら、30秒間隔で10秒間の全力ペダリングを間に挿入した。つまり、20秒間最大酸素摂取量の30%強度でペダルを回転させた後、10秒間の全力回転をさせる。したが

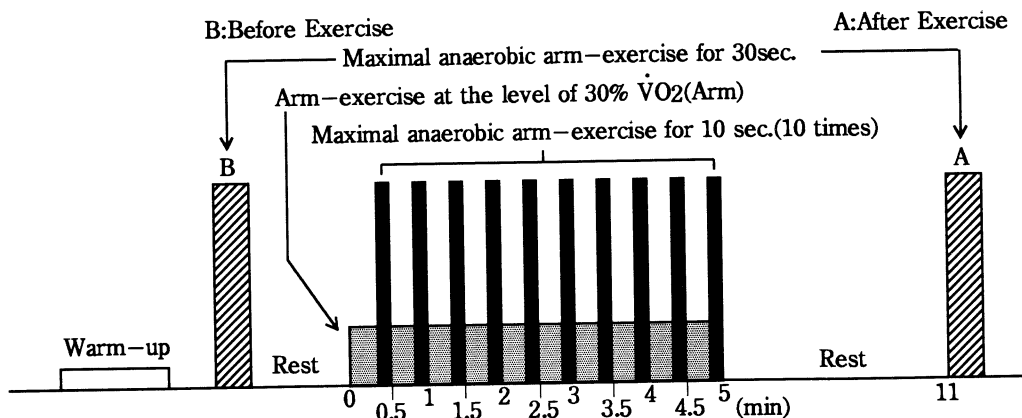


Fig.1. Protocol of intermittent anaerobic exercise by arm.

って、全力回転運動は5分間に10回繰り返すことになる。これら時間および運動強度設定の根拠は以下の通りである。国際柔道連盟ルールでは男子の試合は5分間と定められており、この間ほぼ30秒間どのような技を掛けない場合は反則をとられる。従って、選手は少なくとも30秒間に何らかの技を掛けなければならない。また、技を仕掛ける場合にも連続技は長くて10秒間程度と考えられる。掛けた後はしばらく膠着状態が続き、次なるチャンスにまた技を仕掛けることになる。これら柔道の試合に見られる一般的な攻撃パターンを仮定して今回の実験を計画した。さらに、5分間の運動の影響を見るためにその前後に30秒間の全力ペダリングを行なわせ、その前後のピークパワーおよび仕事量を比較した。

これら運動負荷はすべて竹井機器工業社製ハイパワーエルゴメーターを用いた。今回は腕パワー運動を行いやすくするためにペダル部位を取っ手に替え、またエルゴメーターのペダル部位を被験者の眼前部に位置させ、腕運動を行いやすい状態にした。ハイパワーエルゴメーターの負荷は、5分間の間欠的運動時では20秒間の一定運動時は腕運動による最大酸素摂取量の30%強度とし(回転数は60回/分)、10秒間の全力ペダリング時は実験前に測定した最大パワー値の70%強度とした。また、5分間の間欠的運動前後に行う30秒間の全力運動時は実験前に測定した最大パワー値の負荷の80%強度とした。

#### 結果および考察

5分間運動時のピークパワーの変化を、0分時の値を100とした相対変化量で図2に示した。5分時における減少率の平均値は69.20%であった。1.5分時まではほぼ同様の減少傾向を示し、それ以降は個々人で大きな変動が見られた。

5分間運動時の全力ペダリング時の仕事量の変化を、0分時の値を100とした相対変化量で図3に示した。最終5分時における減少率の平均値は58.66%であった。3分時まではほぼ同様の減少傾向を示したが、それ以降の減少率は被験

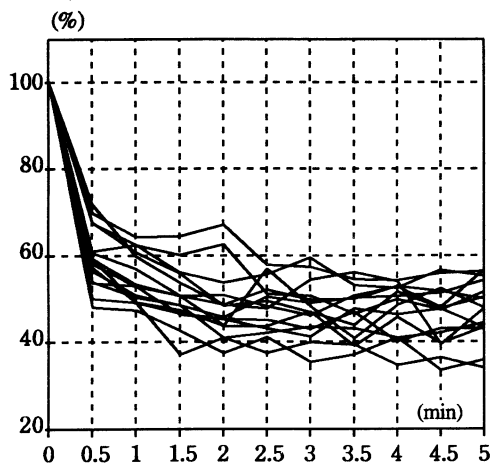


Fig.2. Relative changes of peak power during 5 min-intermittent maximal exercise(arm).

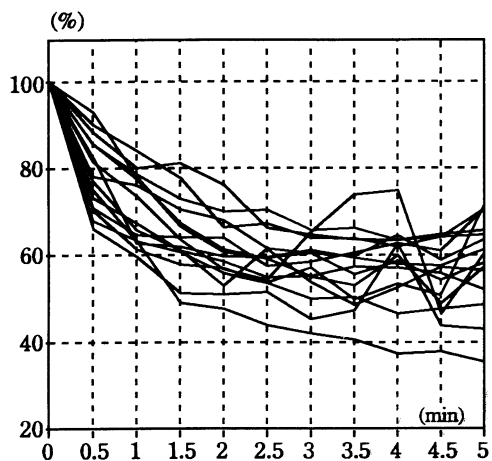


Fig.3. Relative changes of work capacity during 5 min-intermittent maximal exercise(arm).

者により異なっていた。

変動係数の変化を図4に示した。ピークパワーと仕事量ともに2.5分時以降に上昇がみられ、個人の能力差が5分間の間欠ペダリング運動の後半に大きくでることが示された。これらから、5分間の後半に腕パワーの持続性の個人差が大きく影響すると思われる。

5分間運動時のピークパワーの相対的変化量および5分間運動時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2に示した。

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分間すべてにわたり、相関係数0.

4.0以上の正の相関関係がえられた。特に1分時、1.5分時、2分時、2.5分時、3分時、4.5分時、5分時においては、有意な相関関係が認められた。(p<0.05) 10回の相関係数の平均値も0.529と有意な相関関係がえられた。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)のピーク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。また、この結果は、渡辺<sup>5)</sup>の報告した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比較すると、より高い相関関係が得られた。すなわち、腕は脚に比べて相関関係が出やす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、最大酸素摂取能力(有酸素能力の指標の一つ)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。

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、それ以外はすべて0.3以上の正の相関係数が示された。特に、1.5分時、2分時、2.5分時、4.5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と正の相関関係を示したが、有意差は得られなかった。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。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

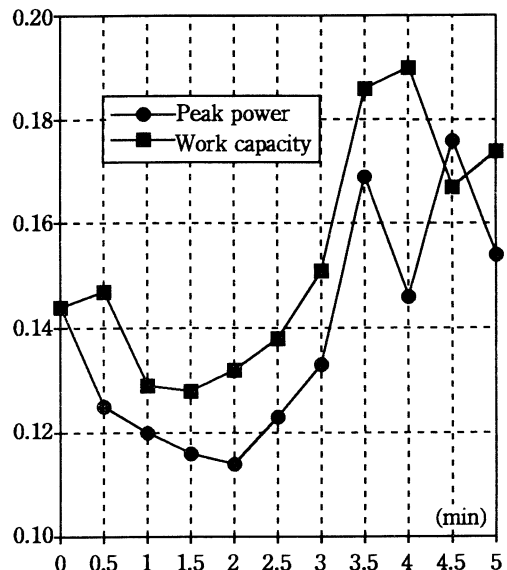


Fig. 4. Changes of CV(Coefficient of Variation) of peak power and work capacity during 5 min.-intermittent maximal exercise(arm).

Table 2. Correlation coefficient between relative changes of peak power and work capacity by arm exercise and maximal oxygen intake per BW(kg).

(min)	Peak power	Work capacity
0.5	0.482	0.335
1.0	0.561 ※	0.496
1.5	0.522 ※	0.562 ※
2.0	0.636 ※	0.594 ※
2.5	0.514	0.558 ※
3.0	0.546 ※	0.463
3.5	0.481	0.372
4.0	0.401	0.116
4.5	0.565 ※	0.509
5.0	0.581 ※	0.405
Mean	0.529 ※	0.441

(※ p<0.05)

パワーを重要視する柔道の競技特性により、パワーの連続発揮を高める練習があまり行な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(有酸素能力)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。

今回、血液生化学的な検討は行なわなかつたので、燐原質系の回復あるいは乳酸値の変動等の関係については明らかでないが、体重当たりの最大酸素摂取量と、柔道の競技特性および練習実態上、最も影響が出ると考えられる腕のピークパワーの

減少率(持続率)との間に有意な正の相関関係が得られたことは、生体内の代謝系の動態が選手個々に差のあることが十分に推察される。つまり、クレアチンからクレアチンリン酸への再合成、あるいは乳酸のグルコース新生、あるいはピルビン酸からアセチルCoAへの有酸素系への転換などに被験者個々の有酸素能力が関係した可能性が考えられる<sup>1)3)4)</sup>。

次に5分間運動前後の30秒間全力ペダリング時のピークパワーおよび総仕事量の変化を表3に示した(前をB、後をAとする)。5分間の運動負荷後はいずれの被験者も座位姿勢で休息しており、マッサージや軽い運動などの特別な処置はしていない。Bを基準としてピークパワーは増加し、総仕事量は低下した。しかし、ともに有意差は得られなかった。

体重当たりの最大酸素摂取量とBを基準としたAのピークパワーおよび総仕事量の相対変化率との相関は、ピークパワーの変化率が正の相関関係(相関係数は0.153)にあり、総仕事量の変化率が負の相関関係(相関係数は-0.133)にあった。しかし、いずれも有意差は得られな

った。このことは、5分間で失ったパワーを回復するために有酸素能力は重要な要因の1つと考えられたが5分間の休息ではその回復過程において有酸素能力が直接には関与しなかったものと考えられる。

本研究は、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、自転車エルゴメーターを改良したものをを用いて試合時間を設定し、腕パワーの変動を検討したものである。また、それらの間欠的なパワーの持続力が最大酸素摂取量と深く関係しているのではないかと仮定して検討した。さきに渡辺<sup>5)</sup>は、無酸素パワーの強さと同時にそのパワーを維持することの能力の重要性を指摘し、その能力を支えるものとして有酸素能力が重要であることを脚パワーから指摘した。筆者はその事実を認めながら、さらに柔道の競技特性を考え、腕パワーからパワーを維持することの重要性を指摘し、

その能力を支えるものとして有酸素能力が重要であることを指摘しようとした。本実験の自転車エルゴメーターを改良したものをを用いた実験の結果が、柔道選手の競技能力を示すものとするには限界があるが、本実験の結果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。

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乳酸等血液生化学的な面での検討も必要と考える。

今後の課題として、国際的な一流選手を対象とした検討も必要と考える。

要約

柔道選手の無酸素パワーの変動と有酸素

Table 3. Changes of peak power and work capacity during 30 sec anaerobic arm-exercise.

Subject	Peak power(Arm)			Work capacity(Arm)		
	B watt	A watt	A/B*100 (%)	B Joule	A Joule	A/B*100 (%)
1	594	537	90.40	12613	10965	86.93
2	576	647	112.33	12943	13866	107.13
3	603	607	100.66	12069	14200	117.66
4	607	536	88.30	14207	14206	99.99
5	560	546	97.50	11855	11302	95.34
6	627	722	115.15	13809	14701	106.46
7	545	604	110.83	12467	11776	94.46
8	565	560	99.12	11554	9170	79.37
9	532	367	68.98	11324	8187	72.30
10	541	609	112.57	12116	13386	110.48
11	373	418	112.06	8414	8549	101.60
12	505	505	100.00	9264	8734	94.28
13	470	527	112.13	10218	11058	108.22
14	431	480	111.37	10754	10615	98.71
15	556	475	85.43	12178	9571	78.59
Mean	539	543	101.13	11719	11352	96.77
SD	69.41	89.56		1563.9	2260.7	

( A:After 5 min-exercise, B:Before 5 min-Exercise )

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、10秒間の全力ペダリング腕運動（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。また、その前後には一定の休息をはさみピークパワー値の80%の負荷で30秒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分間運動中の全力ペダリング時の腕パワーの変化は、ピークパワーと仕事量ともに2.5分時に降に個人差が大きくみられた。
- 2) 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、10回中7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。
- 3) 仕事量の変化率と体重当たり最大酸素摂取量との相関関係は、10回中4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と有意差は認められなかった。
- 4) 5分間の運動前後の30秒間腕ペダリング時の比較においてはピークパワーが増加し総仕事量が低下した。しかし、いずれも有意差は得られなかった。また、体重当たり最大酸素摂取量と前後の変化率との間には有意な相関関係はみられなかった。

以上の結果から、柔道選手の間欠的な腕無酸素パワーの維持能力と有酸素能力には正の相関関係があることが示唆された。

#### 参考文献

- 1) 村松成司：最大嫌氣的運動を繰り返し行なう際のピークパワーおよび仕事量の変動に及ぼす乳飲料摂取の効果，千葉体育学研究，11,15-22, 1988
- 2) 佐藤伸一郎：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，1990
- 3) 徳山郁夫：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-19,157-167,1986
- 4) 徳山郁夫，日高哲朗，片岡幸雄：有酸素的並びに無酸素的パワーの両面からみたバスケットボール・プレーヤーの体力とトレーニング効果，千葉体育学研究 6,41-49,1983
- 5) 渡辺直勇：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，1991

(平成7年10月9日受付)