

8. 実際の試合間隔に準じて一連の間欠的無酸素パワー運動を繰り返した場合のピークパワーの変動

千葉大学 村松 成司 大同工業大学 服部 洋児
愛知教育大学 村松 常司 国士舘大学 斉藤 仁
東海学園女子大学 服部 祐兒 東京商船大学 堀安 高綾

8. Changes of peak power during a bout of intermittent anaerobic exercise repeated as the time of the last WC Judo Game.

Shigeji Muramatsu (Chiba University)
Yoji Hattori (Daido Institute of Technology)
Tsuneji Muramatsu (Aichi University of Education)
Hitoshi Saito (Kokushikan University)
Yuji Hattori (Tokai Gakuen University)
Takaaya Horiyasu (Tokyo University of Mercantile Marine)

Abstract

The present study was carried out to investigate the changes of peak power during the bouts of intermittent anaerobic exercise repeated as the time of the last world championship Judo game. The eight healthy university students who were all Judo players were used as the subjects. The 4 sets of 5 minutes' intermittent anaerobic exercise were loaded, which were called as 1STE, 2NDE, 3RDE and 4THE, and the interval between each exercise program were 60min (1STE-2NDE), 30min (2NDE-3RDE) and 15min (3RDE-4THE) respectively. Each trial in each exercise program were named from [1] to [10]. The results obtained were as follows;

1. Peak power of [1] in 1STE was a little lower than the calculated data($98.4 \pm 2.3\%$). Then, it continued to decrease until [5], and was kept at the same levels to [10].

2. In 2NDE, the data in [1] was almost the same as 1STE, but in [2] and [3] sharp decreases were observed compared with that of 1STE. The significant differences were showed between in 1STE

and in 2NDE at [1], [2] and [3]($p < 0.05$). There were no significance from [4] to [10] between in 1STE and in 2NDE.

3. In 3RDE, remarkably lower data was found at [1], then it decreased till 52.2% at [3]. The significantly lower data were observed from [4] to [10] compared with those in 1STE and 2NDE($p < 0.05$).

4. The data at [1] in 4THE was the lowest data of all training exercises (79.4%). The data at the final trial[10] was decreased till 35.8%, which was the lowest value.

5. The large amount of decrease were found at [2] in four all training program.

I はじめに

柔道選手の競技力を考える上に於いて無酸素パワーのしめる割合は大きい。特に一瞬にかける技のスピード、強さは無酸素パワーの発揮によるところが多い。これまでも多くの研究者らによりパワートレーニングについて研究されてきている¹⁻³⁾。柳沢らは女子柔道選手を対象に継続的に自転車エルゴメーターを用いてパワートレーニングを行わせ、最大無酸素パワーの向上および間欠的無酸素運動時のピークパワーの低下現象抑制にその成果をみている⁴⁻⁵⁾。また、柔道の成績においても確実にその実績を残している。我々は、これまでに一連のパワートレーニングシステムの開発に取り組み、間欠的無酸素パワートレーニングが柔道選手のパワー向上に効果的であること、また、間欠的パワー発揮時のピークパワーの低下を抑制するうえにおいても有効であることを観察してきた⁶⁾。これは、これら一連の間欠的無酸素トレーニングにより背筋力および大腿筋力が高まることが大きく関係するが、同時に最大酸素摂取量などの有酸素作業能が高まることも深く関係している可能性を示唆してきた⁷⁻⁸⁾。

そこで、今回はこれら一連のパワートレーニング時のピークパワーが実際の試合時間に合わせて繰り返し行われた場合にどのように変動するのかを確認することにした。実際、柔道の試合においては1回戦から決勝まで4~5試合は勝ち抜かなくてはならない。それぞれの試合の間隔

は上位に行けば行くほど短くなることは周知の事実であり、今後、選手のパワーの回復能力についてその実態と対処法を検討する意味においても是非確認すべき問題であると考え

表1 被験者の身体的特性
Table 1 Characteristics of subjects

Subject	BH	BW	RI	Pmax	Torque	80Pmax	Torque
A	168.2	67.3	141.4	841.6	7.42	753.3	4.92
B	163.5	63.5	145.3	875.3	7.88	700.2	5.17
C	175.2	65.2	121.2	1007.0	7.78	805.6	5.08
D	164.3	81.5	183.8	953.7	7.32	762.9	4.82
E	166.6	66.3	143.4	897.5	7.58	718.0	4.90
F	179.2	75.7	131.5	1094.5	7.61	875.6	4.95
G	169.7	72.3	147.9	941.4	7.76	753.1	4.93
H	171.3	72.6	144.4	833.1	7.14	666.5	4.75
Mean	169.8	70.6	144.9	930.5	7.56	754.4	4.94
SD	5.0	5.7	16.9	82.9	0.24	60.6	0.12

BH; Body height (cm), BW; Body weight (kg)

RI; Rohler's Index ($BW/BH^3 \times 10^7$)

Pmax; Maximal anaerobic power (watt)

80%Pmax; 80% of maximal anaerobic power (watt)

II 実験方法

1. 被験者

C大学現役柔道部員(男子)8名を用いた。その身体的特徴、最大無酸素パワーとトルク、また最大無酸素パワーの80%強度のトルクを表1に示した。それぞれの平均と標準偏差は身長 169.8 ± 5.0 cm、体重 70.6 ± 5.7 kg、ローレル指数 144.9 ± 16.9 、最大無酸素パワー

930.5 ± 82.9watt、トルク7.56 ± 0.24kp、80% パワー754.4 ± 60.6watt、トルク4.94kpであった。被験者はいずれも高校時に柔道を始めており、経験年数は3年以上（～6年）であった。最大無酸素パワーは1kpより順次負荷強度を変えながらそれぞれの負荷時のピークパワーを求め、回帰二次解析を行い、求めた。

2. 運動方法

① 1回の無酸素トレーニングの概要を図1に示した。1回は柔道の1試合を想定して5分間とした。その間に10秒間の全力無酸素運動を10回行うようにし、その間は自転車のサドル上にて完全に運動を停止して休んでいる状態とした。従って、20秒間の休息と10秒間の全力無酸素運動の繰り返しとなる。なお、10秒間全力無酸素運動時の負荷強度は最大無酸素パワーの80%発揮時のトルクとした。②この5分間の間欠的無酸素パワー運動を4回、1989年ユーゴスラビアの世界選手権大会の日本人選手（金メダリスト）の試合経過時間にあわせて行わせた⁹⁾。以下、それぞれの間欠的パワー運動を第1回目のトレーニング（1st Exercise：以下1STEと称する）、第2回目のトレーニング（2nd Exercise：以下2NDEと称する）、第3回目のトレーニング（3rd Exercise：以下3RDEと称する）、第4回目のトレーニング（4th Exercise：以下4THEと称する）とした。また、各トレーニング時の10秒間全力バダリング運動をそれぞれ[1]～[10]と表した。③日本柔道選手（金メダリスト）の試合は第1回戦12：34、第2回戦13：33、第3回戦13：59、準決勝14：14に開始された。決勝は敗者復活戦、試合運営等の関係から18：37に開始された。従って、開始時間における間隔はそれぞれ59分、26分、15分、4時間23分であった。準決勝から決勝までの時間は今回の実験目的からはずれると考え、準決勝までの4試合の経過時間を参考にした。つまり、1STE、2NDE、3RDE、4THEそれぞれの間隔を60分、30分、15分に設定した（図1）。④その他：機器はハイパワーエルゴメーター（武井機器）を用い、専用ソフトにて随時各運動時のピークパワーを記録させた（日本電気PC9801Asを使用）。各休憩時間は自由に休息させたが、特別な回復行動（マッサージ、ウォーキングほか）は控えるようにし、食事、飲料等は一切取らないように指示した。⑤統計的処理：ステューデントのtテスト（対応のある場合）を用いて行った。そして、5%以上をもって有意とした。

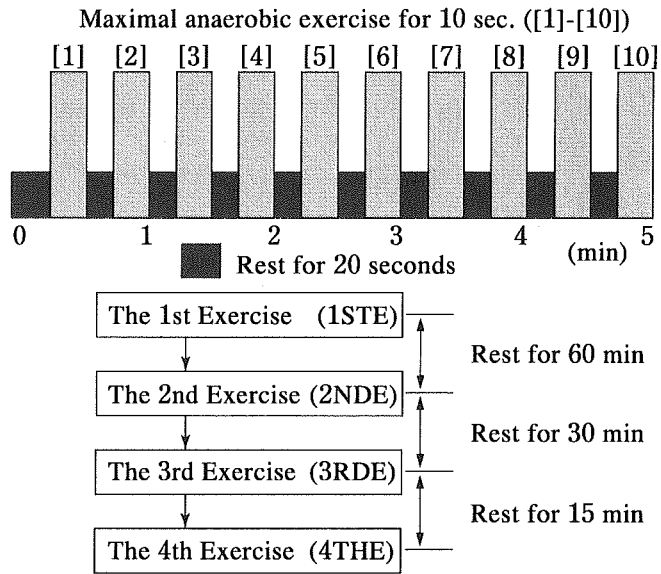


図1 運動実験の方法
Fig. 1 Method of exercise experiment

態とした。従って、20秒間の休息と10秒間の全力無酸素運動の繰り返しとなる。なお、10秒間全力無酸素運動時の負荷強度は最大無酸素パワーの80%発揮時のトルクとした。②この5分間の間欠的無酸素パワー運動を4回、1989年ユーゴスラビアの世界選手権大会の日本人選手（金メダリスト）の試合経過時間にあわせて行わせた⁹⁾。以下、それぞれの間欠的パワー運動を第1回目のトレーニング（1st Exercise：以下1STEと称する）、第2回目のトレーニング（2nd Exercise：以下2NDEと称する）、第3回目のトレーニング（3rd Exercise：以下3RDEと称する）、第4回目のトレーニング（4th Exercise：以下4THEと称する）とした。また、各トレーニング時の10秒間全力バダリング運動をそれぞれ[1]～[10]と表した。③日本柔道選手（金メダリスト）の試合は第1回戦12：34、第2回戦13：33、第3回戦13：59、準決勝14：14に開始された。決勝は敗者復活戦、試合運営等の関係から18：37に開始された。従って、開始時間における間隔はそれぞれ59分、26分、15分、4時間23分であった。準決勝から決勝までの時間は今回の実験目的からはずれると考え、準決勝までの4試合の経過時間を参考にした。つまり、1STE、2NDE、3RDE、4THEそれぞれの間隔を60分、30分、15分に設定した（図1）。④その他：機器はハイパワーエルゴメーター（武井機器）を用い、専用ソフトにて随時各運動時のピークパワーを記録させた（日本電気PC9801Asを使用）。各休憩時間は自由に休息させたが、特別な回復行動（マッサージ、ウォーキングほか）は控えるようにし、食事、飲料等は一切取らないように指示した。⑤統計的処理：ステューデントのtテスト（対応のある場合）を用いて行った。そして、5%以上をもって有意とした。

III 結果

各5分間のトレーニング時のピークパワーの変化を図2（絶対値の変化）と図3（計算上の値を100とした場合の相対変化）に示した。

1STEの[1]のピークパワーは計算によって求められる数値よりもやや少な目になった

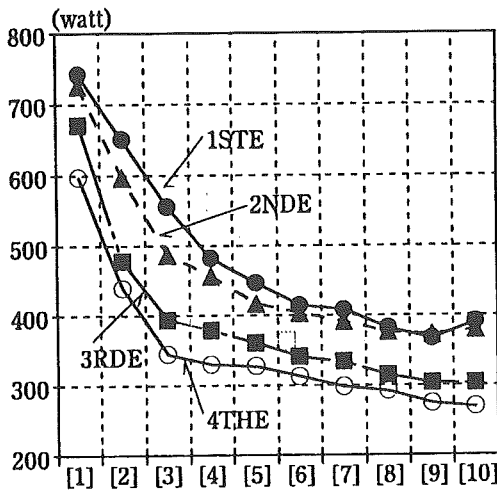


図2 運動時の各トライアルのピークパワーの変化
Fig. 2 Changes of peak power in each trial of each exercise (watt)

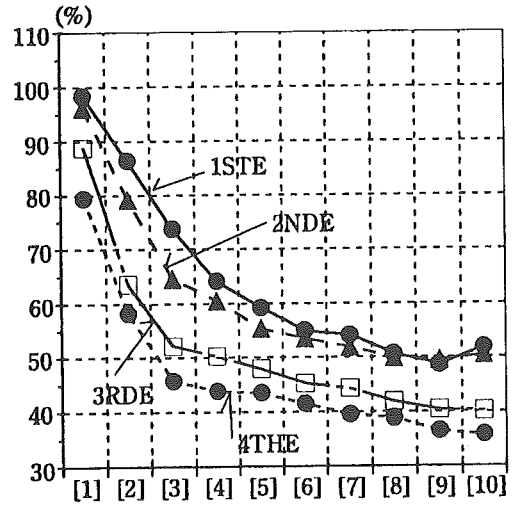


図3 最大無酸素パワーの80%レベルに対する運動時の各トライアルのピークパワーの相対変化
Fig. 3 Relative changes of peak power in each trial of each exercise compared with the 80% levels of maximum Power (%)

(98.4 ± 2.3%)。その後、[2]、[3] となるにつれて低下を続け、[5] で59.2 ± 4.0% になってからはほぼ横這い状態であった。[10] は51.8 ± 1.8% であった。

1 STEの60分後に行った2 NDEでは1 STEと比較して[1] ではほぼ同値を示したが、[2] ~ [4] では1 STEよりも早く減少する傾向を示した。1 STEと2 NDEの[1] ~ [3] を比較するといずれも1 STEが有意に高い値であった (p<0.05)。[4] 以降はいずれの組み合わせにおいても有意な差はみられず、[10] に至った。平均値で見るとやや1 STEが上回る傾向にあった。

さらに、2 NDEの30分後に行った3 RDEでは開始直後からピークパワーの低下が著しく、[1]

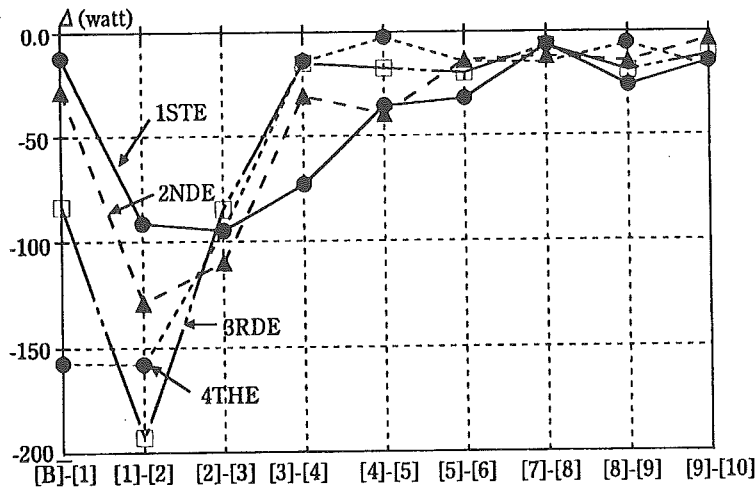


図4 直前のトライアルと比較したピークパワーの差
Fig. 4 Differences of peak power compared with the data in just before each trial

で88.9 ± 5.0%、[2] で63.6 ± 5.5%となり、[3] ではすでに52.2 ± 1.4%にまで低下した。いずれも1 STE、2 NDEの同時期のピークパワーよりも有意に低い値であった (p<0.05)。その後も緩速ではあるが減少を続け、[10] では40.2 ± 2.4%にまで低下した。[4] 以降においても1 STE、2 NDEの同時期のピークパワーに対して有意に低い値であ

った ($p<0.05$)。

4 THEは3 RDEの15分後に行ったが、[1] から3 RDEよりも低いレベルで始まり、その後も全体的に3 RDEよりも低く変動した。[1] は $79.4 \pm 5.9\%$ とこれまでで最も低い値であり、3RDEの[1] に対しても有意であった ($p<0.05$)。[2] では3 RDEに対して有意な差はみられなかったが、[3] 以降はいずれも有意であった ($p<0.05$)。[10] では $35.8 \pm 2.6\%$ まで低下していた。

いずれの場合においても、前半に急激な減少を、後半緩やかな減少あるいは停滞を示すことから、特にその減少量の変化について図4に示した。[1] では1 STEは $-1.6 \pm 2.3\%$ とほとんど変わらなかったのに対して、2 NDEは $-3.8 \pm 2.3\%$ と僅かではあるが、基準値(計算上の値)に対して有意な減少であった ($p<0.05$)。また、1 STEと2 NDEの間にも有意な差が得られた ($p<0.05$)。3 RDEでは $-11.1 \pm 5.0\%$ と大きく減少し、4 THEでは $-20.6 \pm 5.9\%$ とさらに大幅な減少を観察した。いずれもそれぞれの基準値に対しても、また、1 STE、2 NDEの同時期に対しても有意に低かった。[2] では1 STE、2 NDE、3 RDEともに最も大きな減少を示し、 $-12.0 \pm 7.6\%$ 、 $-16.9 \pm 4.9\%$ 、 $-25.2 \pm 8.2\%$ の減少であった。4 THEでは[1] とほぼ変わらない減少量で $-21.2 \pm 5.7\%$ であった。[3] ではいずれのトレーニング時にも減少量は少なくなる傾向に転じた。1 STEでは[4] でもまだ $-9.6 \pm 6.3\%$ と減少する幅を残しているのに対し、2 NDE、3 RDE、4 THEではほとんど変化がみられないレベルにあることが観察された。

IV 考察

柔道選手の競技力向上の一環として自転車エルゴメーターを用いたパワートレーニングが活用されている。柳沢らは女子柔道選手に4分間の間欠的無酸素パワートレーニングを間に休息を挟んで3セット行わせ、最大無酸素パワーの向上と間欠的無酸素運動時の後半におけるピークパワーの低下の抑制にその効果を観察している。我々も半年間の間欠的無酸素トレーニングにより同様の事実を確認している。また、これらは先の服部、渡辺らの報告からして最大酸素摂取量の向上が後半におけるピークパワーの維持に大きく関わっていることが明らかである。

今回は、これら間欠的な無酸素運動を繰り返した場合のピークパワーの変動に着目して検討した。1試合の中でピークパワーが低下しないことは競技力の上で重要な能力の一つであるが、実際の試合では決勝に勝ち抜くためには数試合行わなくてはならず、また上に行くに従ってその試合間隔は短くなる。従って、試合の間にパワーの発揮能力をいかに回復させるかは関心の高い問題である。

今回、実際に行われた大会の試合時間を参考に運動の間隔を設定し、間欠的無酸素運動を繰り返すことによるピークパワーの変動について検討した。第1試合を想定した1 STEでは2分時(4回目の運動[4])には約64%にまで低下し、それ以降は約50%前後のピークパワーしか発揮できないことを観察した。1時間後の2 NDE(第2試合目を想定)では[1]においては1 STEと有意な差はみられたがほぼ同じレベルのパワーを発揮したが、[2]、[3]にかけての減少は1 STEよりも大きく、1 STE終了後約1時間(実際には55分)経過し、回復が十分なされた様であったが、[2]、[3]の時期にその影響が少なからず観察されたものと思われる。その後は1 STEと2 NDEではほとんど差がみられなかった。さらに30分後の3 RDEでは[1]から平均11%の低下、15分後の4 THEでは20%の低下が観察され、両各試合の開始時においてもピークパワーの低下が明らかなが示された。また、[2]、[3]にかけては著しく減少しており、試合間隔が短くなること、試合が何試合も連続することの影響は決して少なくないことを示唆し

ていると思われる。また、その影響は各運動時の前半に大きな差異として観察されており、特に試合が連続する場合は前半のパワーの低下に注意することが重要であることが示唆される。

IJFルールにおける柔道の試合を想定して実験計画を設定したが、実際にはこのように10秒間全力で技を仕掛けることは少なく、かけるタイミングも一定ではない。また、柔道では相手の力をうまく利用してかけることもあり、本実験の様な自己の最大限の力を一定時間規則的に出し続けることを想定して柔道の試合の流れを考えることは現実的ではないことは明らかである。しかしながら、近年の試合では時間内フルに攻め続ける能力がとみに要求されている傾向にあり、受けは不利な条件に成ることが多い。したがって、本実験のようなパワートレーニングも近代の柔道においては必要なトレーニングであると考ええる。

また、トレーニングによって基本的な体力の向上をはかると同時に、一方では、試合が連続して行われる場合、前の試合の影響が次の試合に出ないような対策を講じることも重要である。柔道は1試合男子5分と短い、1試合で多くの生理的変動を引き起こすことが考えられる。強い筋運動を繰り返すことから嫌氣的にエネルギーを作り出すことが多く、その結果多くの乳酸を生じさせる。また、筋肉のけいれん、血液の酸性化、関節等の損傷、熱産生の増大なども当然考えられ、身体的だけでなく精神的にも多大な疲労感をもたらすことが容易に推察される。回復のための軽運動、マッサージ、ストレッチング、局所アイシングなどの物理的な対策、ビタミン、ミネラル、クエン酸、糖分、その他各種栄養分の補給対策、リラクゼーション、イメージトレーニングなどによる心理的な対策など様々な対策が現場では講じられている。今後、柔道選手のパワーの維持能力（特に1試合の中で間欠的に発揮されるピークパワーを最後まで維持する能力と連続する試合時でも同じ様なパワーを発揮できる能力）を高めるためにはどのようにすればよいか、様々なケースを想定して検討していくことが柔道選手の競技力向上において急務であると考ええる。

V まとめ

一連のパワートレーニング時のピークパワーが実際の試合時間に合わせて繰り返し行われた場合にどのように変動するのかを検討した。C大学現役柔道部員（男子）8名を用いた。5分間の間欠無酸素パワー運動を4回、試合経過時間にあわせて行わせた。以下、1STE、2NDE、3RDE、4THEとした。各トレーニング時の10秒間全力ベダリング運動をそれぞれ[1]～[10]と表した。1STE、2NDE、3RDE、4THEそれぞれの間隔を60分、30分、15分に設定した。

結果は以下の通りである。

1) 1STEの[1]のピークパワーは計算によって求められる数値よりもやや少な目になった(98.4±2.3%)。その後、[2]、[3]となるにつれて低下を続け、[5]で59.2±4.0%になってからはほぼ横這い状態であった。

2) 2NDEでは1STEと比較して[1]ではほぼ同値を示したが、[2]～[4]では1STEよりも早く減少する傾向を示した。1STEと2NDEの[1]～[3]を比較するといずれも1STEが有意に高い値であった(p<0.05)。 $[4]$ 以降はいずれの組み合わせにおいても有意な差はみられなかった。

3) 3RDEでは開始直後からピークパワーの低下が著しかった。 $[3]$ ではすでに52.2±1.4%にまで低下した。 $[4]$ 以降においても1STE、2NDEの同時期のピークパワーに対して有意に低い値であった(p<0.05)。

4) 4THEは、[1]から3RDEよりも低く、その後も全体的に3RDEよりも低く変動した。 $[1]$ は79.4±5.9%とこれまでで最も低い値であった。 $[10]$ では35.8±2.6%まで低下してい

た。

5) [1] では 3 RDE、4 THE の減少が大きかった。[2] では 1 STE、2 NDE、3 RDE とともに最も大きな減少を示した。[3] ではいずれのトレーニング時にも減少量は少なくなる傾向に転じた。

参考文献

- 1) 森脇保彦他：女子柔道選手のパワーについて，柔道，62 (1)，75-82，1991.
- 2) 佐藤伸一郎他：柔道選手の競技力別にみた無酸素パワーについて，柔道，62 (2)，56-60，1991.
- 3) 村松成司他：柔道選手の筋力およびパワーに及ぼす大豆ペプチド長期摂取の効果，千葉体育学研究，18，41-48，1994.
- 4) 柳沢 久他：女子柔道選手の最大無酸素パワーの研究，講道館柔道科学研究会紀要第Ⅶ輯，161-171，1994.
- 5) 柳沢 久他：女子柔道選手の無酸素パワーと走力について，柔道，67 (5)，90-95，1996.
- 6) 村松成司他：新トレーニングシステムの開発調査研究（第2報）柔道レスリングの筋力に関する研究，平成4年度JOCスポーツ医科学研究報告第2報，15-20，1993.
- 7) 村松成司他：柔道選手の間欠的無酸素運動時のピークパフォーマンスと有酸素能力の関係，講道館柔道科学研究会紀要第Ⅶ輯，151-160，1994.
- 8) 服部祐児他：柔道選手の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，20，7-12，1996.
- 9) 村松成司他：世界柔道選手権大会（1989）における日本選手の試合時間および試合間隔についての一考察，千葉体育学研究，16，75-79，1993.