

## 補助トレーニングとして行う自転車エルゴメーターを用いた 高強度インターバルトレーニングは柔道競技に必要とされる持久力を向上させる

佐藤雄太<sup>1)</sup>, 森寿仁<sup>2)3)</sup>, 小山田和行<sup>4)</sup>, 藤田英二<sup>5)</sup>, 山本正嘉<sup>5)</sup>

<sup>1)</sup> 鹿屋体育大学大学院

<sup>2)</sup> 立命館大学

<sup>3)</sup> 日本学術振興会特別研究員

<sup>4)</sup> 鹿屋体育大学スポーツ・武道実践科学系

<sup>5)</sup> 鹿屋体育大学スポーツ生命科学系

キーワード: HIIT, 血中乳酸濃度, 個人差, 打ち込み, 柔道持久力

### 【要約】

柔道選手に必要とされる持久力を向上させるために、自転車エルゴメーターを用いた高強度インターバルトレーニングが有効かについて、14名の大学生柔道選手を対象にクロスオーバー法で検討した。トレーニング群は通常の柔道練習のほかに、5秒の全力運動を10秒の休息をはさんで10セット行う運動(Repeated Sprint: RS)を、1日2セッション、週3回の頻度で、3週間(合計18セッション)行った。一方、対照群では通常の柔道練習のみを行った。介入期間の前後で、RSを体力テストとして実施した結果、柔道競技の持久力と関連があると報告されている終盤3回の発揮パワーの平均値が、介入群のみで有意に増加していた。また、柔道の専門的動作による持久力の指標とした30秒間の打ち込みテストの回数についても、介入群でのみ有意に向上していた。以上の結果から、本トレーニングは柔道選手の補助トレーニングとして有用であることが示唆された。

スポーツパフォーマンス研究, 10, 175-187, 2018年, 受付日: 2018年2月20日, 受理日: 2018年7月17日  
責任著者: 森寿仁 立命館大学 525-8577 草津市野路東1-1-1 m137009@gst.ritsumeikai.ac.jp

\* \* \* \* \*

### **Supplemental high intensity interval training using a bicycle ergometer improves endurance capacity required in judo**

Yuta Sato<sup>1)</sup>, Hisashi Mori<sup>2)3)</sup>, Kazuyuki Oyamada<sup>4)</sup>, Eiji Fujita<sup>4)</sup>,  
Masayoshi Yamamoto<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> Graduate School, National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

<sup>2)</sup> Ritsumeikan University

<sup>3)</sup> Japan Society for the Promotion of Science

4) National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

Key words: high intensity interval training (HIIT), blood lactate concentration, individual difference, *uchikomi* training, endurance capacity

**[Abstract]**

The present study investigated effectiveness of high intensity interval training (HIIT) with a bicycle ergometer for improving the endurance capacity of judoka in judo competitions. The participants were 14 university judoka; the results were analyzed using a cross-over method. The intervention group engaged in Repeated Sprints (RS), which was 10 x 5-s repeated maximal sprints with a 10-s rest period between sprints, in addition to ordinary judo training. The Repeated Sprints were conducted twice a day, three times a week, for 3 weeks, for a total of 18 times. The non-intervention group only engaged in ordinary judo training. Before and after the intervention period, Repeated Sprints were performed as a test of physical fitness. The results indicated that the average power of the last three sets, which was reported to be related to endurance capacity in judo, increased significantly only in the intervention group. Results on a 30-second *uchikomi* test, which is an index of endurance capacity especially for motions used in judo, also improved significantly only in the intervention group. These results suggest that this training method would be useful as supplemental training for judoka.

## I. 緒言

柔道競技では、数分間の試合時間の中で、投げ技や固め技を繰り返し発揮して勝敗を競う(岡田ほか, 1999)。したがって、優れた競技力を発揮するためには、自身が技を仕掛けたり相手の技を防御するために、高いパワーを数分間にわたり繰り返し発揮する能力が求められる。著者らは、上記のような持久力を「柔道持久力」(柔道試合において試合開始から終了まで、組み手や技の動作を衰えさせない能力)と定義し、その能力を自転車エルゴメーターを用いた間欠的な全力ペダリング運動により評価できるかについて検討してきた(佐藤ほか, 2017)。

大学柔道競技選手を対象として、指導者の主観的な評価によって、柔道持久力に優れると判定された群(10名)と劣ると判定された群(12名)に分け、5秒の全力ペダリング運動を10秒の休息をはさんで10セット行う間欠的な運動(以下、Repeated Sprint: RS)テストを実施した。その結果、柔道持久力に優れる群では、RSテストの終盤3回の発揮パワーの平均値(体重あたり)が劣る群と比較して有意に高値を示すことを明らかにした。また、このテスト後の血中乳酸濃度(以下、BLa)を、5分間の実際の試合後に測定したBLaと比べてみると、同等の値(13mmol/L程度)を示すことも報告した。これらの結果から、著者らはRSテストは柔道持久力の評価だけではなく、柔道持久力を高めるトレーニングにも活用できることを示唆した。

RSを用いたトレーニングの先行研究を見ると、5~10秒程度の全力運動を10~30秒程度の休息をはさんで、10セット程度実施する形式が多い。そして柔道以外の種目では、これまでにサッカー選手(山本, 1994)、陸上競技短距離選手(Ikutomo et al., 2018; 奈良ほか, 2014)、ラクロス選手(Kasai et al., 2015)を対象として行われ、運動パフォーマンスや自転車ペダリング時の発揮パワーが向上したことが報告されている。

一方で、柔道競技選手を対象にRSトレーニングを実施した研究は、著者らの知る限りKim et al. (2011)と岡田ほか(1999)の報告に限られる。Kim et al. (2011)では、30秒の全力ランニングを4分間の休息をはさみ6~10セット、8週間にわたり実施している。その結果、30秒間の自転車エルゴメーターを用いたウインゲートテスト時の最大パワーおよび平均パワーは向上したものの、最大酸素摂取量には有意な変化が認められなかったと報告している。また、岡田ほか(1999)では、10秒の全力運動を50秒のアクティブレストをはさみ5セット、それを1日3セッション、週2回の頻度で8週間実施している。その結果、30秒間のスピード打ち込みの回数は減少し、最大酸素摂取量にも有意な変化は見られなかったと報告している。これらのことから、柔道競技選手の持久力の向上を目的としたRSトレーニングで効果を得るためには、柔道競技と類似した代謝的な負担度や運動プロトコルを設定する必要があると考えられる。

また、柔道競技選手における持久力を評価する方法についても考える必要がある。従来から行われている持久力の評価方法としては、最大酸素摂取量や自転車エルゴメーターを用いたウインゲートテストなどが用いられているが(Franchini et al. 2011; 石井ほか, 1987)、これらの運動様式は持続的もしくは連続的なものであり、柔道選手の試合時の動きとは異なる点が多い。一方、柔道競技のような間欠的な運動様式で柔道競技選手の持久力を評価しているものは、自転車ペダリング運動を用いた我々の研究(佐藤ほか, 2017)のみである。また柔道選手の持久力を評価する上で、柔道競技の動作に類似した運動を用いることも重要と考えられるが、このような評価を行っているのはスピード打ち込みを反復したとき

の回数で評価している岡田ほか(1999)の研究に限られる。

そこで本研究では、著者らの前報(佐藤ほか, 2017)から得られた知見を応用して、自転車エルゴメーターを用いて短時間(5秒間)の全力運動を短時間(10秒間)の休息を挟みながら繰り返すRS運動を、補助トレーニングとして通常練習の中に導入することの効果を検討することとした。大学男子柔道選手を対象として、クロスオーバー法により、RS運動を補助トレーニングとして行った群と、そうでない群との間でトレーニング効果の比較検討を行った。またその効果を評価する指標としては、自転車エルゴメーターを用いたRS運動(佐藤ほか, 2017)と、スピード打ち込み(岡田ほか, 1999)という二種類を用いて行うこととした。

## II. 方法

### 1. 被検者

被検者は、大学柔道競技部に所属する男子部員14名であった(年齢:20±1歳, 身長:173.9±4.9cm, 体重:88.6±17.2kg)。各被検者には、本研究の目的, 方法について事前に十分な説明を行い, 参加の同意を得た。また本研究は、所属機関の倫理審査委員会の承認を得て行われた。

### 2. 実験概要

14名の被検者を、まずA群(5名)とB群(9名)に分けた。2群の人数が異なる理由は、被検者がトレーニングを実施する上での予定(授業, 試合など)を考慮したためである。各群は通常の柔道練習のみを行う6ヶ月間のコントロール期間を挟み、通常の柔道トレーニングに加えてRSトレーニングを実施する条件(トレーニング条件)、通常の柔道トレーニングのみを実施する条件(対照条件)、の2条件をクロスオーバー法により実施した。ただし、稽古中の怪我(手指の脱臼, 足首の捻挫)や体調不良(インフルエンザ)が原因で実験を完遂できなかった者が5名いたため、最終的にトレーニング条件11名, 対照条件12名となった。

介入期間中は、すべての被検者が同様の練習メニューを実施し、トレーニング期間のみ普段の練習に加えて本トレーニングを実施した。また、コントロール期間には可能な限り特別な補助トレーニングを実施しないように指示した。

図1は、本研究の概要を示したものである。RSトレーニングを3週間にわたり行うとともに、その効果を判定するために、トレーニングの前後で、①RSテスト(佐藤ほか, 2017)および②打ち込みテスト(岡田ほか, 1999)を用いた柔道持久力の評価を実施した。

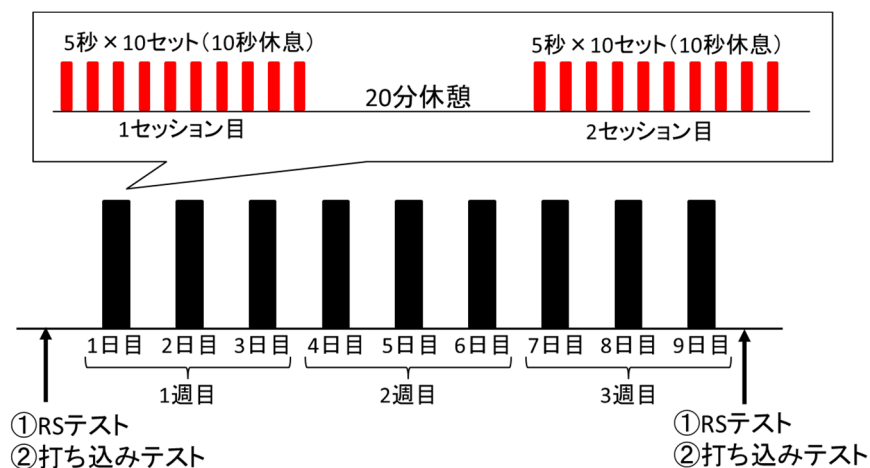


図 1. 実験概要

### 3. RSトレーニング

RSトレーニングは、佐藤ほか(2017)が報告しているRSテストと同じプロトコルを用いた。すなわち、電磁ブレーキ式の自転車エルゴメーター(パワーマックス VⅢ, コンビ社製)を用い、負荷重量は体重の7.5%に設定し、5秒間の全力ペダリングの後、10秒間の休息をはさみ、10セット反復するRS運動とした。本研究では、それを1日に2セッション(セッション間の休息時間は20分)、週3日の頻度で3週間(合計18セッション)実施した。なお、佐藤ほか(2017)のRSテストと同様に、初期の発揮パワーが著しく低い場合や、発揮パワーの変動が大きい場合には、十分な力が発揮されていないと見なしてトレーニングを中断し、初めからやり直した。

また、毎回のトレーニング時における1セット目の運動前、運動終了1分後、および3分後に、BLaを測定した。BLaは指先から採血し、簡易乳酸測定器(ラクテート・プロ2, Arkray社製)で測定した。運動終了1分後および3分後の値の高い方の値を代表値とした。

### 4. トレーニング効果の評価

トレーニング前後において①RSテストおよび②打ち込みテストを実施した。なお、トレーニング後における測定は、最終のトレーニング終了後2日～1週間以内に、両条件をランダムにして実施した。また、いずれのテストも別日に実施し、両測定間で疲労の影響が無いように配慮した。

#### (1) 自転車エルゴメーターを用いたRSテスト

被検者にはまず、十分なウォーミングアップ(ジョギング、体操、ストレッチなど)を行うように指示した。次にRSテスト用のウォーミングアップとして、体重の7.5%の負荷を用いて、5秒間の全力ペダリング運動を5分の休息を挟み2回行わせた。その後、再度5分以上の休憩を挟んだ後、体重の7.5%の負荷重量を用いて、5秒間の全力ペダリングを10秒間の休息をはさみ、10セット反復するRSテストを実施し、1～10セット目までの発揮パワーを測定した。

RSテスト時におけるサドルの高さは、事前に被検者の最もペダリングしやすい高さに固定し、ペダリング中はサドルから臀部を離さないように指示した。また足にはトゥクリップを装着し、ペダルから足が離れ

ないように固定した。なお、このテストは被検者がペース配分をした場合には正しい評価ができなくなるため、次のような結果が得られた場合には、ペース配分が行われたと見なし、テストをやり直すこととした(佐藤ほか, 2017)。1) 1 セット目の発揮パワーが、ウォーミングアップで行った 5 秒間の全力ペダリング時の発揮パワーと比べて 5%以上低かった場合、2) 運動の中盤における発揮パワーに対して終盤の発揮パワーが著しく増加していた場合、3) 発揮パワーの低下の推移が滑らかではなく変動が著しかった場合、とした。ただし本被検者の場合、トレーニング前後のいずれの測定においても、前記の条件に該当したものはおらず、測定のやり直しはなかった。

10 セットの発揮パワーは、被検者の体重で除し、体重当たりの相対値で評価した。そして 8~10 セット目の発揮パワーの平均値 ( $P_{8-10}$ ) が、緒言で述べた「柔道持久力」(試合開始から終了まで、組手や技の動作を衰えさせない能力)を反映することから(佐藤ほか, 2017)、本研究でもこの値を、「柔道持久力(基礎)」と名付けて評価指標とした。

## (2) 打ち込み動作による柔道持久力テスト(打ち込みテスト)

自転車エルゴメーター運動による持久力だけではなく、柔道競技で用いる打ち込み動作での持久力を評価するために、岡田ほか(1999)の方法を用いて以下のような測定を行った。30 秒間のスピード打ち込みを 30 秒の休息をはさみ 3 セット実施し、打ち込みの反復回数を測定した(動画 1)。打ち込みで用いる技、および受けを務める相手は、トレーニング前後の測定時で統一し、打ち込み動作(軸足の戻り具合、受けとの距離、など)についてもトレーニング前後でできる限り変えないように指示した。得られた 3 セット分の結果から、その平均値を求め、これを「柔道持久力(専門)」と名付けて評価指標とした。

## 5. 統計処理

測定値は、すべて平均値±標準偏差で表した。RS テスト時の発揮パワーは、各条件内で繰り返しのある 2 要因の分散分析(反復回数×時間)を用いて、主効果および交互作用の有無を確認した。また、各条件におけるトレーニング前後の 2 種類の柔道持久力(基礎および専門)の変化に関しては、条件内においてトレーニング前後で対応のある t 検定を行った。有意水準は 5%未満とした。全ての統計処理には、IBM SPSS Statistics Ver.24 を用いた。

## III. 結果

### 1. トレーニング経過

図 2 は、RS トレーニング時の 1 セッション目終了時における、BLa の推移を示したものである。その値は常に 9 mmol/L 以上を示しており、トレーニング期間を通して値に大きな変化はみられなかった。

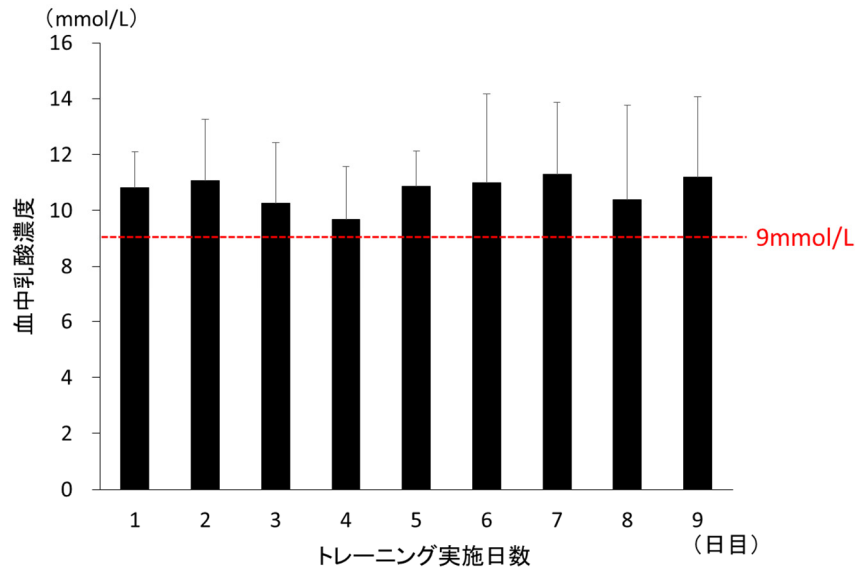


図 2. RSトレーニングの1セッション目終了時における血中乳酸濃度の変化

## 2. 間欠的運動 (RS) テスト

図 3 は、トレーニング前後における各セットの発揮パワーを比較したものである。対照条件に関しては、有意な交互作用 (反復回数×時間) および主効果は認められなかった (図 3-a)。一方で、トレーニング条件では、有意な交互作用 (反復回数×時間) は認められなかったが、反復回数および時間の中に有意な主効果が認められた (図 3-b)。

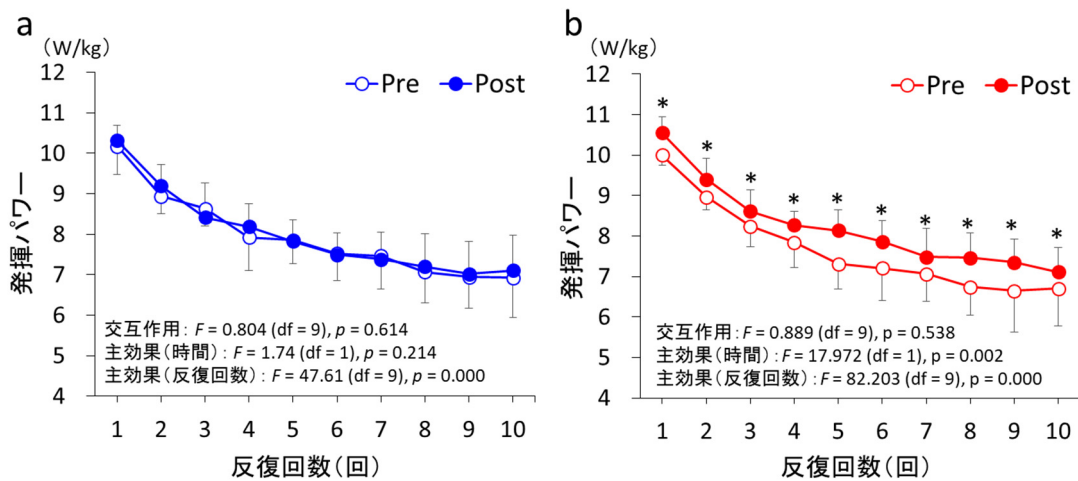


図 3. トレーニング前後における RS テスト時の各セットの平均発揮パワーの比較

a は対照条件, b はトレーニング条件

\*: vs. Pre,  $p < 0.05$

図 4 は、柔道持久力 (基礎) の指標とした  $P_{8-10}$  の、トレーニング前後での変化を示している。対照条件では有意な変化は認められなかったが ( $7.0 \pm 0.8$  W/kg  $\rightarrow$   $7.1 \pm 0.9$  W/kg,  $p = 0.508$ ), トレーニング条件では  $6.8 \pm 0.8$  W/kg から  $7.3 \pm 0.6$  W/kg へと、平均で +11% の有意な増加が認められた ( $p = 0.000$ )。

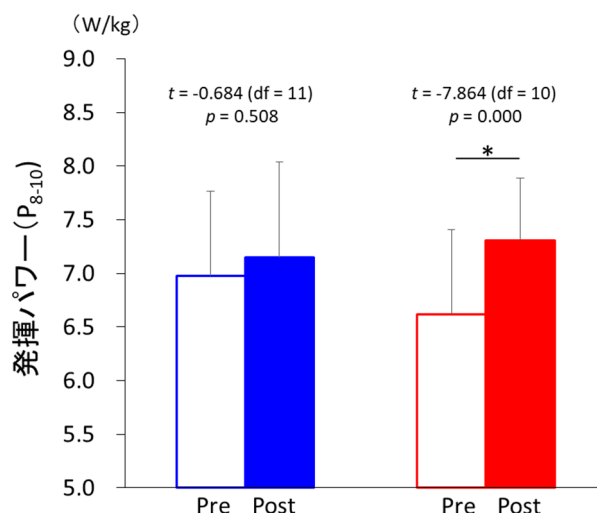


図 4. トレーニング前後における柔道持久力(基礎)の変化  
\*:  $p < 0.05$

### 3. 打ち込みテスト

図 5 は, トレーニング前後での打ち込みテストの変化を示している. 対照条件時にはトレーニング前後で有意な変化は認められなかった ( $38 \pm 6$  回  $\rightarrow$   $37 \pm 5$  回,  $p = 0.196$ ). 一方, トレーニング条件時には, 打ち込み回数が  $37 \pm 3$  回から  $41 \pm 3$  回へと +13 % の有意な向上が認められた ( $p = 0.003$ ).

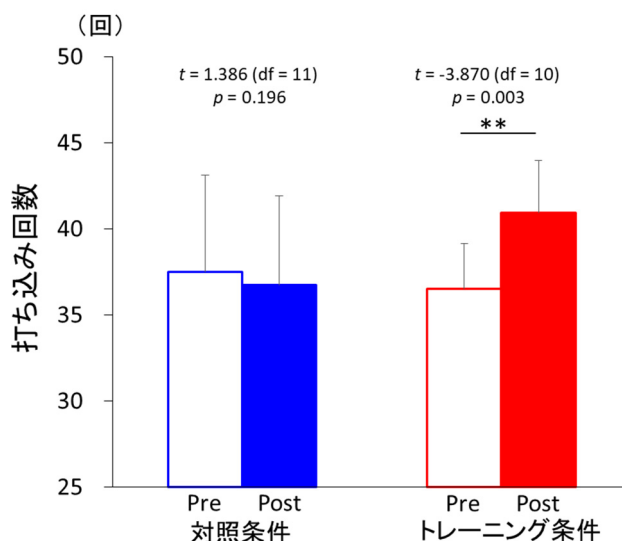


図 5. トレーニング前後における柔道持久力(専門)の変化  
\*\* :  $p < 0.01$

## IV. 考察

### 1. RSトレーニングの効果

本研究の目的は, 通常の柔道の練習に加えて, 自転車エルゴメーターを用いた 10 セットの RS 運動を補助トレーニングとして導入することで, 柔道持久力が改善するかについて検討することであった. 冒



頭でも述べたように、柔道競技では高いパワーを間欠的に発揮するという特性を持つが、本研究で用いた自転車ペダリングによる RS 運動はそのような特性をシミュレーションすることができ、著者らは 10 セットの運動における終盤 3 回の平均発揮パワーは、柔道持久力(基礎)を反映することをすでに報告している(佐藤ほか, 2017)。

本トレーニングの 1 セッション目終了時の BL<sub>a</sub> の値をみると、いずれの日も 9mmol/L を超えていた(図 2)。また、2 セッション目終了時の BL<sub>a</sub> を測定することができた 3 名の被検者の平均値も、1 セッション目と同様に 10.3~13.5mmol/L の値を示していた。

Franchini et al. (2003) は、国際レベル~市民レベルの柔道選手(全員が 1 級以上)を対象に 5 分間の模擬試合を実施し、終了 1~3 分後の BL<sub>a</sub> が 9~10mmol/L であったと報告している。石井ら(1991) は、大学柔道競技選手を対象に 1 試合 4 分間の部内戦を実施し、正味試合時間 4 分の試合における BL<sub>a</sub> は  $7.8 \pm 1.5$ mmol/L であったとしている。また著者ら(佐藤ほか, 2017) は、実際の柔道試合における引き分け試合後の BL<sub>a</sub> が  $13.3 \pm 1.0$ mmol/L であったと報告している。したがって本研究で実施したトレーニングは、模擬試合に匹敵、あるいはそれを上回るような高い代謝的負荷を身体に課していたといえる。

以上のことを考慮して、本研究の RS テストの結果を見ると、対照条件ではトレーニング前後で変化が見られなかったのに対して、トレーニング条件では P<sub>8-10</sub> が有意に向上していた(図 4)。RS トレーニングに関する先行研究を見ると、5~10 秒程度の全力運動を 10~30 秒程度の休息を挟んで 10 本程度実施する形式で実施されることが多く(Ikutomo et al. 2018; Kasai et al. 2015; 奈良ほか, 2014; 山本, 1994)、血中乳酸濃度やプロトン濃度の増加による筋緩衝能の向上から、無酸素性のパワーやその持続能力を大きく向上させることが知られている(Edge et al., 2006; Gibala et al. 2006)。したがって本トレーニングは、これらの先行研究と同様に、発揮パワーおよびその持続能力を向上させる効果があり、柔道持久力(基礎)を向上させるような効果をもたらしたことがわかる。

また打ち込みテストにおいても、トレーニング条件時でのみ柔道持久力(専門)の有意な向上がみられた(図 5)。本研究で用いた打ち込みテストのスピード打込は、素早く技に入る技術、および技を最後までかけ続けるための体力の向上を狙った柔道競技の練習方法であり、先行研究(岡田ほか, 1999)でも、柔道選手の打ち込み動作の持久力を評価する方法として用いられている。したがって、RS トレーニングは、実際の柔道における打ち込みの持久力の向上にも寄与したことになる。

さらに、RS トレーニング介入後において被検者から、「今までは試合の後半でバテていたが、トレーニング後では最後まで前半の動きを保てるようになった」、「乱取り稽古中に呼吸が乱れても、元の呼吸に戻るのが早くなった」、「足が良く動くようになり、技をかける回数が増えた」など、柔道持久力の向上に対してよい影響がみられたことを窺わせる内省報告も得られた。また、他所属の指導者からも、トレーニング群の選手の試合中の動作をみて「今までは技に入っても自分からうつぶせに潰れていたが、最後まで技を掛けきることができるようになってきている」、「技に入った後、以前よりも片足ジャンプで相手を追うことができるようになってきている」といった感想が得られた。これら諸点から考えても、自転車エルゴメーターを用いた RS トレーニングは、柔道競技に必要とされる持久力の向上に対して効果を及ぼしたものと考えられる。

本研究のトレーニングプロトコルは、冒頭で紹介した Kim et al. (2011), 岡田ほか(1999)の先行研究に比べてトレーニング量が少ないにもかかわらず、これらの先行研究では得られなかったトレーニング効果が認められた点が興味深い。この理由として以下のことが考えられる。著者らは、本研究のトレーニング時における BLa が、実際の柔道の引き分け試合時における値と同等であることを報告している(佐藤ほか, 2017)。したがって本トレーニングは、柔道の試合の中でも最も代謝的負荷が大きな状況と同等の負荷をかけて行っていたことになり、それが明瞭なトレーニング効果をもたらした可能性がある。一方、前述の先行研究におけるトレーニング時の生理応答は不明であるが、本研究における負荷よりも小さかったことが予想される。

なお、本研究で実施したクロスオーバー法に関する問題点として、以下の点があげられる。本来ならば、対照条件となった群にも RS 運動以外に何からの補助トレーニングを行わせるべきである。例えば、RSトレーニングの有効性に関する先行研究(Gibala et al. 2006)を見ると、対照群として 90~120 分間の持久性運動(65% $\dot{V}O_2\text{max}$  強度)を行っている。しかし、本被検者のような練習時間に制約のある現役の大学生柔道競技選手が、このような長時間の運動を補助トレーニングとして取り入れることは現実的とはいえない。以上のような限界はあるものの、本研究の被検者が現役の柔道選手であり、その中には競技力の高い者(全日本強化指定, 世界大会出場)も少なからず含まれていることを勘案すると、RS トレーニングとは別の補助トレーニングを行ったとしても容易に柔道持久力を高めることができるとは考えにくく、本研究の結果は RS 運動特有の効果である可能性は高いと考えられる。

## 2. 個人差にも配慮した競技現場への応用

前述のように、通常の柔道の練習に加えて補助的に実施する自転車エルゴメーターを用いた RS トレーニングは、柔道持久力(基礎および専門)の向上に寄与することが示唆された。しかし、その効果が選手に対して一様にみられるのかは不明である。そこで、個人差にも配慮して本トレーニングの効果を考えるために、柔道持久力(基礎および専門)のトレーニング前における値(初期値)とトレーニングによる変化率の相関関係を図 6 に示した。

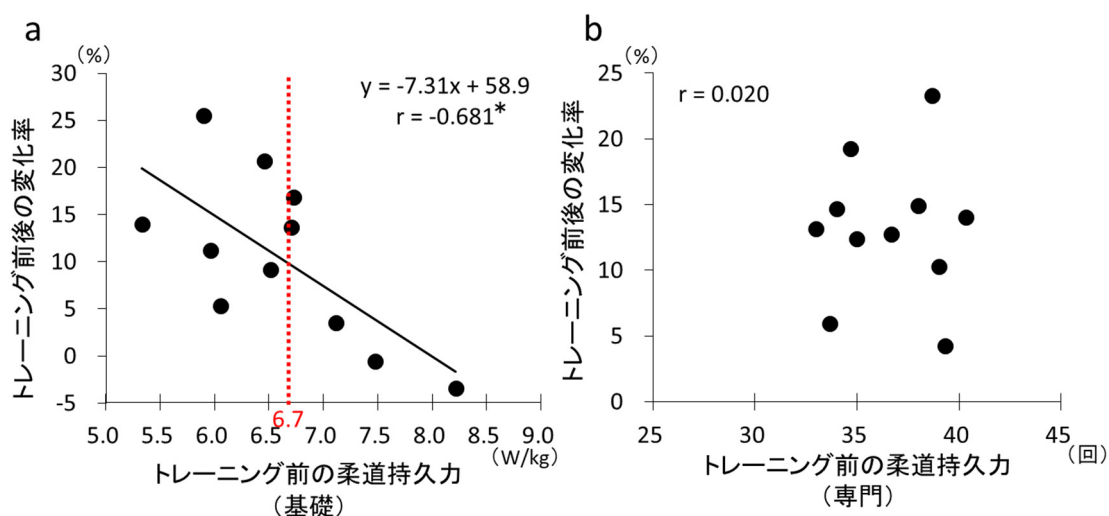


図 6. トレーニング前の柔道持久力(基礎および専門)とトレーニングによる変化率の関係  
a は柔道持久力(基礎), b は柔道持久力(専門), \*:  $p < 0.05$

その結果, 柔道持久力(基礎)においては, 初期値とトレーニングによる変化率の間に有意な相関関係が認められた(図 6-a,  $r=-0.681$ ). したがって, トレーニング前における RS テスト時の  $P_{8-10}$  の値が低い者ほどトレーニング効果が高かったといえる.

著者ら(佐藤ほか, 2017)は, 大学選手権入賞レベルを基準に柔道持久力に優れると評価された者は,  $P_{8-10}$  が 6.7 W/kg 以上を示していたことを報告している. その基準を目安に図 8 の個人値をみると,  $P_{8-10}$  が 6.7 W/kg 以下の者では全員に値の向上がみられ, 6.8 W/kg であった 2 名に関しても大きな向上(+14 %および+17 %)がみられた. したがって, 柔道持久力(基礎)が不足している者ほど, 本トレーニングの効果は大きく現れる可能性がある.

一方, 柔道持久力(専門)における初期値とトレーニングによる変化率との間には, 有意な相関関係は認められなかった(図 6-b,  $r=0.020$ ). これは, 柔道持久力(専門)に関しては, トレーニング前の初期値がトレーニング効果の大きさに対して影響せず, すべての被検者でトレーニング後に柔道持久力(専門)に向上が認められていたことを意味する. 実際にその値をみると, トレーニング前が  $37 \pm 3$  回, トレーニング後が  $41 \pm 3$  回と 4 回(+13 %)の打ち込み回数の増加が認められている. さらに, トレーニング前の打ち込み回数が 38.7 回であった上位の選手でも, トレーニング後に 47.7 回へと大きな(+23%)向上が認められている. したがって, 本研究のような RS トレーニングは大学柔道選手において初期の柔道持久力(専門)のレベルに関係なく, 一様にその能力を向上させられる可能性がある.

さらに本研究では, 自転車エルゴメーターを用いたトレーニングであるにもかかわらず, 柔道持久力の向上が認められたことも興味深い. 柔道競技では上肢での力や技術を効果的かつ効率的に発揮するためにも下肢との連動は不可欠である. そして, 上半身の動きも必要とされるが, 試合後半にかけて最後まで継続して技を仕掛けたり, 動作速度を衰えさせないためには下肢の筋持久力が必要となる. 実際に著者らの研究(佐藤ほか, 2017)において, 自転車エルゴメーターを用いた RS テスト時の後半セット(8-10 セット目)の発揮パワーは, 柔道競技の指導者が評価した柔道持久力と関連を示すことを報告している. したがって, 自転車エルゴメーターを用いた RS トレーニングは下肢の筋持久力を向上させ, それが柔道持久力の向上にも影響したものと考えられる.

また, 自転車エルゴメーターを用いたトレーニングの利点として, 筋や関節に対するダメージが小さい, 短縮性の筋収縮様式であることが挙げられる. このため, この運動は安全性が高く, スポーツ選手(特に陸上選手)のリハビリテーション手段としてよく用いられている(平田ほか, 2016; 奈良ほか, 2014). この考え方は柔道競技者にも当てはまると考えられる. 柔道の動作を用いて間欠的な全力運動を繰り返すことは, 柔道持久力の改善にとって重要ではあるものの, 怪我のリスクも高まる. そこで, このようなトレーニングの一部を自転車エルゴメーターを用いた RS トレーニングで肩代わりさせることで, 怪我のリスクを小さくしつつ, 効果的な柔道持久力を養成できる可能性もあると考えられる.

## V. まとめ

通常柔道練習に加え, 自転車エルゴメーターを用いた間欠的な全力運動(RS トレーニング)を補助トレーニングとして導入することで, 大学柔道競技選手の柔道持久力が改善するかを検討した.

その結果, 柔道持久力(基礎)の指標とした  $P_{8-10}$  は, 柔道練習のみを行った対照条件では変化しなかったが, トレーニング条件では有意に向上した. またその改善率は, トレーニング前において  $P_{8-10}$  が

低かった被検者ほど顕著だった。柔道持久力(専門)に関しても,トレーニング条件でのみ反復回数が有意に向上したが,その改善率はトレーニング前の値と関連は示さず,被検者に対して一様に効果が認められた。

以上の結果から,自転車エルゴメーターを用いた本トレーニングは,大学柔道競技選手の柔道持久力を向上させるための補助トレーニングとして有用であることが示唆された。

## VI. 文献

- Edge J, Bishop D, Goodman, C (2006) The effects of training intensity on muscle buffer capacity in females. *Eur. J. Appl. Physiol.* 96: 97-105.
- Franchini E, Takito MY, Yuzo Nakamura Y, Matsushigue KA, Dal'Molin Kiss MA. (2003) Effects of recovery type after a judo combat on blood lactate removal and on performance in an intermittent anaerobic task. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 43: 424-231.
- Franchini E, Del Vecchio FB, Matsushigue KA, Artioli GG (2011) Physiological profiles of elite judo athletes. *Sports Med.* 41: 147-166.
- Gibala M, Little J, Van Essen M, Wilkin G, Burgomaster K, Safdar A, Raha A, Tarnopolsky M (2006) Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *J. Physiol.* 575: 901-911.
- 平田圭, 吉本隆哉, 山本正嘉 (2016) 陸上競技長距離走選手が 3 ヶ月間にわたる下肢の故障期間に自転車および水中運動を用いて行った「積極的リハビリテーショントレーニング」の成功事例. *スポーツパフォーマンス研究.* 8:100-116.
- Ikutomo A, Kasai N, Goto K (2018) Impact of inserted long rest periods during repeated sprint exercise on performance adaptation. *Eur. J. Sport Sci.* 18: 47-53.
- 石井兼輔, 山本正嘉 (1987) 柔道選手の下肢におけるハイパワーの持久能力. *国際武道大学紀要.* 3:1-5.
- 石井兼輔, 若山英央, 柏崎克彦, 山本正嘉 (1991) 柔道の試合における乳酸発生; 試合時間および内容との関連から. *国際武道大学紀要.* 7:27-30.
- Kasai N, Mizuno S, Ishimoto S, Sakamoto E, Maruta M, Goto K (2015) Effect of training in hypoxia on repeated sprint performance in female athletes. *Springer Plus.* 4: 310.
- Kim J, Lee N, Trilk J, Kim EJ, Kim SY, Lee M, Cho HC (2011) Effects of sprint interval training on elite Judoists. *Int. J. Sports Med.* 32: 929-934.
- 奈良春樹, 吉本隆哉, 山本正嘉 (2014) ハムストリングスの肉離れを発症した陸上競技短距離選手に対する早期復帰のためのリハビリテーショントレーニング; 自転車エルゴメータを用いた間欠的ペダリングの効果. *スポーツパフォーマンス研究.* 6:289-299.
- 岡田弘隆, 春日井淳夫, 小山勝弘, 射手矢岬, 佐藤伸一郎, 竹内善徳 (1999) 低圧・低酸素環境下

での間欠的全力運動トレーニングが柔道選手の有酸素的および無酸素的パフォーマンスに及ぼす影響. 武道学研究. 32:70-81.

- ・ 佐藤雄太, 森寿仁, 奥島大, 小山田和行, 藤田英二, 山本正嘉(2017)間欠的な全力ペダリングテスト時の発揮パワーによる柔道選手の瞬発力および持久力の評価. スポーツパフォーマンス研究. 9: 227-237.
- ・ 山本正嘉(1994) Anaerobics と Aerobics の二面性をもつ運動をとらえる; 間欠的運動のエナジェティクス. Jpn. J. Sports. Sci. 13:607-615.