

柔道競技を想定したサーキットウエイトトレーニング「クロスフィット」形式
プロトコルの考案とそのトレーニング効果に関する研究

鹿屋体育大学大学院 体育学研究科

イオアニス ヨルギオス フダラキス

令和 2年 9月

本研究に関する研究成果の公表

【論文】

- 柔道競技を想定したサーキットウエイトトレーニング「クロスフィット」形式プロトコルにおける運動時の生理応答。
イオアニス ヨルギオス フダラキス, 小原侑己, 山口大貴, 小山田和行, 山本正嘉. 鹿屋体育大学学術研究紀要. 57 : 83~94 (2019).
- 心拍数, 血中乳酸, 筋活動水準からみた 2 タイプのクロスフィットトレーニングの運動強度の特性. レジスタンストレーニングおよびサーキットトレーニングとの比較から.
イオアニス ヨルギオス フダラキス, 森寿仁, 藤田英二, 山本正嘉. スポーツパフォーマンス研究. 12 : 321~340 (2020).

【学会発表】

- 柔道競技を想定したサーキットウエイトトレーニング「クロスフィット形式」プロトコルの開発と生理応答。
イオアニス ヨルギオス フダラキス, 小原侑己, 山口大貴, 山本正嘉. 第 5 回日本スポーツパフォーマンス学会大会. 東京ビッグサイト会議棟. 2019 年 7 月 9 日.
- 柔道競技を想定したサーキットウエイトトレーニング「クロスフィット形式」における生理応答。
イオアニス ヨルギオス フダラキス, 小原侑己, 山口大貴, 山本正嘉. NSCA ジャパンストレングス&コンディショニングカンファレンス 2018. 日本科学未来館. 2019 年 1 月 26 日.

目次

I. 緒論

- 1. 序 4
- 2. 研究小史 6
- 3. 本研究の目的 19

II. 本研究の目的を達成するために行った2つの研究

- 研究 1. 柔道競技を想定した CFT-J プロトコルの考案とその生理応答の解明 21
- 研究 2. 柔道競技者に対する CFT-J によるトレーニング効果の検討 42

III. 総括論議

- 1. 本研究で得られた主要知見についての考察 57
- 2. 柔道の競技現場における CFT-J プロトコルの実施方法の提案 58

IV. 結論 61

謝辞 63

参考文献 65

I. 緒論

1. 序

柔道とは日本の伝統武道であり、手（手技）、腰（腰技）、足（足技）を用いたり、自ら倒れこみながらその勢いを使って相手を投げる（前捨て身技、横捨て身技）といった、様々な技を掛け合う競技である。技の種類は、投げ技、抑え込み技、絞め技、関節技があり（Kano, 1994）、試合の勝敗は審判による判定で決まる。

現在では、1 試合の競技時間は 4 分間に設定され、その時点で勝負がつかない場合には、時間が延長されるゴールデンスコア制が採用されている。そして高い競技レベルの大会（全国高等学校選手権、世界選手権、オリンピックなど）では、選手の実力が均衡するため延長戦まで続くことが多い（Boguszewski, 2011）。そして、競技時間が長くなるほど体力の消耗も激しいことから、近年の柔道選手は体力トレーニングに費やす時間が長くなっているとされている（Burns and Callan, 2017）。

柔道競技では、20～30 秒間の高強度運動を、5～10 秒間のインターバル（休息）を挟みながら何度も反復する間欠的運動という特徴を持っている（Franchini et al., 2011 ; 2013）。したがって、技をかける際のエネルギー代謝は無酸素性が中心となるが、競技時間が長くなるほど有酸素性能力の重要性も増えてくると考えられている（Franchini et al., 2009; 2011）。このような能力に加えてさらに、上半身における最大筋力や筋持久力、下半身におけるパワー発揮も求められる（Franchini et al., 2011 ; Detanico et al., 2015）。したがって競技パフォーマンスを向上させるには、これらの能力を総合的に改善させていく必要がある。

これまで柔道競技の現場では、これら様々な能力を向上させるために、柔道の技術練習の時間外を利用して、それぞれに適したトレーニングを個別に行うことが一般的であった（Amtmann, 2005; Burns and Callan, 2017）。例えば、筋力を向上させるためにフリーウエイトやマシンを用いたレジスタンストレーニングを、また有酸素性能力や無酸素性能力を向上させるために自転車エルゴメーターやランニングによるインターバルトレーニングなどを行っている（Amtmann, 2005 ; 佐藤ほか, 2018）。このような方法は、それぞれの能力を確実に向上させる上では有効である。しかしその反面、体力トレーニングに費やす時間が長くなり、技術練習のための時間が十分に確保できにくくなるという問題点があった。

近年、柔道競技以外のスポーツでは、クロスフィットトレーニング（以下、「CFT」と表記する）が注目されている（Glassman, 2000）。これは様々な運動種目（スクワット、ジャンプ、ランニングなど）を組み合わせ、休息を挟まず連続的に行うもので、様々な体力を短時間で総合的に改善するのに有効である。その有効性は、一般人を対象として筋力の改

善を報告したもの (Eather et al, 2016) から, アスリートを対象に CFT 実施時における有酸素性および無酸素性能力の貢献度が高いと報告した (Borras et al, 2017) ものがある.

このような CFT の特性は, 柔道競技者に必要な様々な体力を, 時間的に効率よく改善する上で有用と予想できる. しかしこれまでのところ, このような点に着目して行われた研究は見られない. そこで本研究では, 柔道競技の特徴に合わせた CFT 柔道プロトコル (以下, 「CFT-J」と表記する) を考案し, その有用性について生理応答の面 (研究 1) から検討すると共に, 実際に大学生の柔道選手にこの CFT-J を行わせ, その効果について検討することを試みた (研究 2).

2. 研究小史

柔道競技では有酸素性能力，無酸素性能力，上半身の最大筋力と筋持久力，股関節伸展筋力と下半身の筋パワーなど様々な身体能力が必要とされ，競技パフォーマンスを向上させるにはこれらの能力を総合的に改善させる必要がある．そこで本研究において，新たにCFT-Jプロトコルを作成するにあたり，柔道競技に必要とされる体力要素を3つの観点から調査した．また，運動プロトコルを作成するために，サーキットウエイトトレーニング（以下，「CWT」と表記する）や，CFTに関する研究についても調査することとした．

(1) 柔道競技のパフォーマンスに必要な体力要素に関する研究

A. 柔道競技の生理応答に関する研究

柔道競技の試合時の生理応答を，心拍数や酸素摂取量といった指標を用いて測定した研究は確認できなかった．一方で，柔道の模擬試合や練習時の生理応答に関する報告は，以下のように数多く確認できた（高橋ほか，1999；Serano-Huete et al., 2016）．

柔道の模擬試合実施時の循環器系に対する運動強度は，80%HRmax以上であり，Garber et al. (ACSM ポジションスタンド；2011) が示している高強度の領域に位置していた（表 1-a・b・c）．柔道の模擬試合および乱取り実施後の代謝系に対する運動強度は，高強度な間欠的の運動であることから，ほとんどの先行研究において 10mmol/L 以上の血中乳酸濃度を示していた（表 1-a・b・c）．

柔道の模擬試合実施時の呼吸循環系に対する運動強度は，60% $\dot{V}O_2\text{max}$ 以上の値を示している報告がみられた（芳賀ほか，1975；宍戸，2010 など）．また，技術を向上させるためのスピード打ち込み練習は，短い休息を挟みながら実施することで，90% $\dot{V}O_2\text{max}$ に近い強度となるという報告もあった（増地ら，2009）．これらの運動強度は，Garber et al. (ACSM ポジションスタンド，2011) が示している生理応答でいうと，高強度領域に位置していた．

以上のことから，柔道の模擬試合や練習時の生理応答は，呼吸循環系，循環器系，および代謝系に対して，ともに高い負荷をかける運動であると考えられた．

B. 柔道競技のパフォーマンスに影響する体力要素に関する研究

近年では，柔道競技のパフォーマンスに影響する体力要素の研究が行われている．試合の映像分析の結果，相手と組み争う場面が多いことから，上半身の筋持久力が重要であると考えられている（表 2-a・b・c）．加えて，柔道の技をかける際には，瞬時に高い

表 1-a. 柔道競技の生理応答に関する研究

著者(年号)	n数(性別)	内容	呼吸循環系への刺激	循環器系への刺激	代謝系への刺激
Bonitch-Góngora et al. (2012)	10 (男)	乱取り実施時における生理応答	-	-	18.1 ± 4.4 mmol/L
Branco et al. (2013)	10 (男)	乱取り実施時における生理応答	-	-	12.5 ± 2.6 mmol/L
Degoutte et al. (2003)	16 (男)	柔道模擬試合中のエネルギー要求	-	92%HRmax	12.3 ± 0.8mmol/L
Detanico et al. (2012)	18 (男)	乱取りにおける生理応答	-	92.7 ± 3.1%HRmax	10.2 ± 3.1mmol/L
Del Vecchio et al. (2018)	6 (男)	乱取りにおける生理応答	-	81.0 ± 3.1%HRmax	14.2 ± 1.7mmol/L

- : 検討してない

表 1-b. 柔道競技の生理応答に関する研究

著者(年号)	n数(性別)	内容	呼吸循環系 への刺激	循環器系 への刺激	代謝系 への刺激
Franchini et al. (2003)	17 (男)	柔道模擬試合実施後の回復 プロトコルが乳酸クリアランスに 及ぼす効果	-	-	10.5 ± 2.1mmol/L
Franchini et al. (2005)	13 (男)	一流大学選手における生理学的 および技術の因子	-	92.6%HRmax	10.9 ± 2.5 mmol/L
Franchini et al. (2005)	46 (男)	エリートレベルとノンエリート選手 における身体的能力の比較	-	-	10.2 ± 2.1 mmol/L
Franchini et al. (2013)	10 (男)	高強度・間欠的打ち込みにおける 生理応答およびパフォーマンス	-	89.2%HRmax	8.3 ± 2.3 mmol/L
Franchini et al. (2015)	13 (男)	リニアとノンリニア ピリオダイゼーションの比較	-	-	11.5 ± 3.0mmol/L
芳賀ら (1975)	5 (女)	乱取り中における生理応答	82.1 ± 8.7%VO ₂ max	99.4 ± 1.3%HRmax	-

- : 検討していない

表 1-c. 柔道競技の生理応答に関する研究

著者(年号)	n数(性別)	内容	呼吸循環系 への刺激	循環器系 への刺激	代謝系 への刺激
金子ほか (1978)	-	乱取り実施時の酸素摂取量	55-60%VO ₂ max	-	-
Laskowski et al. (2012)	1 (男)	柔道試合実施後における 血中乳酸濃度の事例研究	-	-	25.1 mmol/L
増地ほか (2009)	12 (男)	スピード打ち込みにおける生理応答	89 ± 1.9%VO ₂ max	-	13.8 ± 0.6 mmol/L
大石と岩田 (2009)	12 (男)	連続打ち込み練習後の アクティブレストが柔道選手の 血中乳酸値の変動に及ぼす影響	-	90.8%HRmax	11.2 ± 1.3 mmol/L
小澤 (1994)	4 (男)	生理的変動からみた柔道練習 の運動強度	71.6 ± 9.2%VO ₂ max	82.0 ± 8.3%HRmax	-
高橋ほか (1999)	12 (男)	連続打ち込み練習後の アクティブレストが柔道選手の 血中乳酸値の変動に及ぼす影響	-	90.8%HRmax	11.2 ± 1.3 mmol/L
宍戸 (2010)	12 (男)	模擬試合実施時における生理応答	94.5 ± 10.9%VO ₂ max	87.6 ± 7.5%HRmax	-
Stavrinou et al. (2017)	9 (男女)	柔道模擬試合における生理応答	-	92.7 ± 4.9%HRmax	10.9 ± 4.0 mmol/L

- : 検討してない

筋パワーを発揮する特徴があり、相手の身体を持ち上げながら股関節伸展筋力や下半身の筋パワーを発揮する技が多いと報告されている (Franchini et al., 2011 ; Zaggelidis and Lazaridis, 2013).

また試合後の血中乳酸濃度の測定によると、無酸素性のエネルギー代謝の貢献度が大きいことが報告されている (表 2-a・b・c). 制限時間内で勝敗が付かない場合、延長戦により試合時間が長くなるため、有酸素性能力の貢献度が高くなることも報告されている (Franchini et al., 2011 ; Bonato et al., 2015). また、一つの大会では決勝戦にたどり着くまで複数の試合が行われることから、有酸素性能力が高いほど、選手は試合実施後の疲労から早く回復できるとされる (Thomas et al., 1989 ; Degoutte et al., 2003).

以上の先行研究を踏まえると、柔道競技のパフォーマンス向上のためには、一つの身体的能力に限らず、複数の能力を高い水準で向上させることが必要と考えられる。

C. 柔道競技の実践現場で行われている体カトレーニングに関する研究

柔道競技における体カトレーニングに関する研究は、有酸素性能力や無酸素性能力の改善に寄与するエネルギー代謝に関係するものや、筋力や筋持久力などの筋に刺激を与えて能力を改善するものが確認された。

無酸素性能力を向上させるトレーニングとしては、腕エルゴメーターや自転車エルゴメーターを用いて、1回あたり5~10分程度の高強度インターバルトレーニングを、週2回の頻度で行っているものがある (佐藤ほか, 2017 ; 2018 ; Branco et al., 2017). 有酸素性能力を向上させるトレーニングとしては、1回あたり30分のランニングや自転車ペダリング運動を週4~6回行うものがあった (Bonato et al., 2015).

また、有酸素性能力や無酸素性能力の2つの能力に着目したトレーニングでは、自転車エルゴメーターやランニングに加え、バトルロープなどを用いて1回あたり30~40分程度の高強度インターバルを週3回実施することで、これらの能力をともに改善させた研究が見られた (小菅ほか, 2015 ; 曾我部ほか, 2009). 筋力を向上させるトレーニングについては、1回あたり2時間程度のレジスタンストレーニングを週4回の頻度で行っているものがあった (Amtmann, 2005 ; Burns and Callan, 2017).

なお実践現場では、技術練習のための時間を十分に確保するために、短時間で効率よくかつ効果の高いトレーニングが求められている (Paton et al., 2005). この点を考えると、

表 2-a. 柔道競技のパフォーマンスに影響する体力要素に関する研究

著者(年号)	n数 (性別)	内容	測定方法	有酸素性 能力	無酸素性 能力	上半身における 最大筋力・筋持久力	下半身 におけるパワー
Almansba et al. (2019)	13 (男女)	アルジェリアのナショナル チームにおける 身体的能力の評価	<ul style="list-style-type: none"> •PWC170 •垂直跳び •Ruffier Dickson Test 	✓	✓	-	-
Bonato et al. (2014)	29 (男)	柔道競技者における 有酸素性能力のキネティックス	<ul style="list-style-type: none"> •最大酸素摂取量(トレッドミルを用いた多段階負荷試験) •スペシヤル柔道フイットネステスト 	✓	-	-	-
Detanico et al. (2012)	18 (男)	柔道競技者に受ける筋力 のパラメーター	<ul style="list-style-type: none"> •柔道着を用いた懸垂 •垂直跳び(フォースプレート) 	-	-	✓	✓
Drid et al. (2009)	16 (女)	セルビアのナショナルチーム における身体的能力の評価	<ul style="list-style-type: none"> •IRMベンチプレス, スクワット •シヤトルランテスト •スペシヤル柔道テスト 	✓	-	✓	✓
Drid et al. (2015)	10 (男)	国際および国内レベルの 中量級選手における身体能力 の比較	<ul style="list-style-type: none"> •握力 •膝伸展力(Biodex) •肩関節屈曲テスト(Biodex) •IRMスクワット, ベンチプレス •スクワット, ベンチプレスの最大反復回数 •垂直跳び, 幅跳び •最大酸素摂取量(トレッドミルを用いた多段階負荷試験) 	✓	-	✓	✓

✓ : 検討している

- : 検討していない

表 2-b. 柔道競技のパフォーマンスに影響する体力要素に関する研究

著者(年号)	n数] (性別)	内容	測定方法	有酸素性能力	無酸素性能力	上半身における 最大筋力・筋持久力	下半身 におけるパワー
Franchini et al. (2005)	13(男)	一流大学生柔道競技者における身体的能力の調査	<ul style="list-style-type: none"> Wingate Test(腕エルゴメーター) スペシヤル柔道フィットネステスト 握力 	-	✓	✓	-
Franchini et al. (2005)	38(男女)	エリートとノンエリート選手における身体能力の比較	<ul style="list-style-type: none"> Wingate Test(腕エルゴメーター) スペシヤル柔道フィットネステスト 握力 	-	-	✓	✓
Franchini et al. (2011)	28(男)	エリートとノンエリート選手における柔道着を用いた握力テストの比較	柔道着を用いた静的およびダイナミック グリップテスト	-	-	✓	-
Franchini et al. (2011)	レビュー	エリート柔道競技者における身体的能力のレビュー	<ul style="list-style-type: none"> IRMベンチプレス、スクワット、デッドリフト、バントオーバーローウなど 膝伸展・屈曲力(Biodex) 肩関節伸展・屈曲力(Biodex) 肘関節伸展・屈曲力(Biodex) 握力 腕立て伏せテスト 上体起こしテスト 懸垂テスト 最大酸素摂取量 Wingate Test(下半身および上半身) 柔道着を用いた静的およびダイナミックなグリップテスト 	✓	✓	✓	✓

✓ : 検討している - : 検討していない

表 2-c. 柔道競技のパフォーマンスに影響する体力要素に関する研究

著者(年号)	n数 (性別)	内容	測定方法	有酸素性能力	無酸素性能力	上半身における 最大筋力・筋持久力	下半身 におけるパワー
福見 (2017)	3(女)	背負投における 筋活動水準	筋電図	-	-	✓	✓
Kons et al. (2018)	38(男女)	短時間とおよび 長時間試合における 身体的能力と攻撃効果 との関係	・垂直跳び ・握力 ・柔道着を用いた静的およびダイナミックな グリップテスト	-	-	✓	✓
Lech et al. (2010)	8(男)	カデット選手における 身体的能力	・最大酸素摂取量(自転車ペダリングを用 いた多段階負荷試験) ・Wingate Test(自転車ペダリング)	✓	✓	-	✓
Palka et al. (2013)	25(男)	柔道選手における 有酸素性能力および 無酸素性能力の違い	・最大酸素摂取量(自転車ペダリングを用 いた多段階負荷試験) ・Wingate Test(自転車ペダリング)	✓	✓	-	✓
Sbriccoli et al. (2017)	11(男女)	イタリアのナショナル チームにおける 身体的能力の評価	・最大酸素摂取量(トレッドミルを用いた 多段階負荷試験) ・Wingate test(自転車ペダリング)	✓	✓	-	✓
Sertić et al. (2009)	122(男)	柔道パフォーマンスに おける運動能力の影響	・重量を用いた上体起こしテスト ・逆手グリップを用いた懸垂テスト ・スクワットテスト ・メデインボールスロー ・幅跳び ・20m走	-	-	✓	✓
Zaggelidis and Lazaridis (2012)	20(男女)	エリート・アマチュア選手 における技を実施時 の床反力	フォースプレート	-	-	-	✓

✓ : 検討している - : 検討していない

上記のような体力要素ごとに別個にトレーニングを行うやり方は、それぞれの能力を確実に向上させる上では有効であるものの、体力トレーニングに費やす時間が長くなり、技術練習のための時間が十分に確保できにくくなるという問題点があるといえる。

(2) サーキットウエイトトレーニング (CWT) とクロスフィットトレーニング (CFT) に関する研究

CWT とは、フリーウエイトやウエイトマシンによるレジスタンストレーニングを用いて、10 分間程度の運動を短時間の休憩を挟みながら繰り返す運動である (Gettman and Pollock, 1981)。運動強度は、ウエイトの挙上重量や休憩時間によって調整することができる (Muñoz-Martinez, 2017)。この運動の生理応答を調査した研究では、13RM の負荷を用いて、13 種目の運動を 15 秒間の休憩時間を挟みながら 30 秒間にできるだけ回数多くを繰り返した結果、心拍数が 80%HRmax 以上であり、血中乳酸値は 10mmol/L 以上であったことが報告されている (表 3)。

また、CWT によるトレーニングの効果に関しては、一般の人を対象とした研究において、身体組成の改善、有酸素性能力の向上や筋力の向上が確認されている (表 4)。

一方で CFT とは、CWT と同様にフリーウエイトを用いたレジスタンストレーニングや自体重の負荷を用いた種目などの様々な運動種目を組み合わせて、トレーニングの量や負荷を設定し、なるべく早く完遂する For Time や、一定時間内で運動種目、トレーニングの量や負荷が決定され、それらを可能な限り繰り返す AMRAP (As Many Repetitions As Possible) と 2 つの実施方法を用いて行うトレーニングである (Glassman, 2002)。近年では、これらのパフォーマンスを競う競技会も開催されている。CWT との相違は、種目間に意図的な休息をはさまないことにするといえる。

筆者の先行研究 (フダラキスほか, 2020) では、代表的な For Time, AMRAP の 1 課題ずつを用い、それらを典型的なレジスタンストレーニングおよびサーキットトレーニングと比較したことにより、CFT と他のトレーニング手法における運動強度の違いを明らかにすることが試みた。それによると、CFT 両課題とサーキットトレーニングは、レジスタンストレーニングよりも心拍数、血中乳酸濃度が高いことが明らかとなった。また、CFT とレジスタンストレーニングは筋活動水準に関して、同等の高い値を報告した。すなわち、CFT のようなトレーニングは短時間で有酸素性、無酸素性のエネルギー代謝系および筋系に対して高い運動刺激をかけられる運動であることを示した。

表 3. CWT における生理応答を検討した文献

著者(年号)	n数 (性別)	負荷(強 度)	種目数	回数・セット数	休息时间	酸素摂取量	心拍数	乳酸	筋電図
Aleazar et al. (2008)	10(男)	6RM	<ul style="list-style-type: none"> ・1(TST) ・3(CWT) 	<ul style="list-style-type: none"> ・疲労困憊までの3セット(TST) ・1種目は疲労困憊まで実施+2種目を各6回(上半身・下半身のペア), 各10回×3サイクル 	<ul style="list-style-type: none"> ・セット間に3分(TST) ・種目間に35秒(CWT) 	-	<ul style="list-style-type: none"> 62%HRmax (TST) 71%HRmax (CWT) 	-	-
Deminice et al. (2011)	11(男)	75%1RM	<ul style="list-style-type: none"> ・6(典型的なレジスタンストレーニング(TST)) ・6(CWT) 	<ul style="list-style-type: none"> ・各種目を10回×3セット(TST) ・2種目ずつ(上半身・下半身のペア), 各10回×3サイクル(CWT) 	<ul style="list-style-type: none"> ・セット間に90秒間(典型的な筋力トレーニング) ・無し(CWT) 	-	<ul style="list-style-type: none"> ・60.6 ± 5.3%HRmax (TST) ・65.2 ± 4.1%HRmax (CWT) 	<ul style="list-style-type: none"> ・9.3 ± 2.5mmol/L (TST) ・9.6 ± 2.1mmol/L (CWT) 	-
Skidmore et al. (2012)	11(女)	13RM	<ul style="list-style-type: none"> 3タイプのCWT ・10 (TRAD) ・13 (ACWT) ・13 (CWT) 	<ul style="list-style-type: none"> ・1種目毎30秒間を実施する (TRAD) ・1種目毎30秒間を実施する (ACWT) ・1種目毎30秒間を実施する (CWT) 	<ul style="list-style-type: none"> ・種目間に30秒 (TRAD) ・種目間に15秒 (CWT) ・種目間に15秒 (CWT) 	-	<ul style="list-style-type: none"> ・90%HRmax程度 (TRAD) ・80%HRmax程度 (ACWT) ・80%HRmax (CWT) 	<ul style="list-style-type: none"> ・4mmol/L程度 (TRAD) ・6mmol/L程度 (ACWT) ・>10mmol/L (CWT) 	-

- : 検討していない

表 4. CWT におけるトレネニング効果を検討した文献

著者(年号)	n数 (性別)	トレネニング目標	トレネニング期間	トレネニング頻度	種目数	回数・セット数	休息時間	トレネニング効果
Chitara et al. (2005)	9(男)	・筋持久力 ・瞬発力	12週間	2	6	各種目を 30秒間実施	30秒間	・最大酸素摂取量の向上 (+5.8%)
Camargo et al. (2007)	7(男)	・最大酸素摂取量 ・筋力	12週間	3	9	各種目を15回× 3サイクル	無し	・最大酸素摂取量の向上 (+12%) ・下半身筋力の向上 (+16%) ・上半身筋力の向上 (+13%)
Haennel et al. (1989)	32(男)	最大酸素摂取量	9週間	3	9	各種目を 20秒間実施	20	・最大酸素摂取量の向上 (+12.5%)
Marx et al. (2001)	12(女)	筋力	12週間	3	10	各種目を8~12回 ×1サイクル	種目間に 1~2分	・下半身筋力の向上 (+11.2%) ・上半身筋力の向上 (+12.2%)

表 5. CFT における生理応答を検討した文献

著者 (年号)	n数 (性別)	負荷 (強度)	種目数	回数・セット数	休息 時間	酸素摂取量	心拍数	乳酸	筋電図
フダラキスほか (2020)	7 (男)	•Fran: 3RMの 50%; 自体重 •Cindy: 自体重	•Fran: 2種目 •Cindy: 3種目	•Franは90回を最短時間に 完遂する •Cindyは懸垂5回, 腕立て伏せ10回, 自体重負荷スクワット15回 を1セットとし, 20分以内に 最高セット数を求めた	無し	-	•Fran: 81.1±10.1 %HRR •Cindy: 79.7±8.3 %HRR	•Fran: 12.1±2.3 mmol/L •Cindy: 12.6±3.7 mmol/L	•Fran: 92.4±18.4%EMGmve (外側広 筋); 63.3±14.8%EMGmve (広背筋); 51.5±13.8%EMGmve (三角筋); 51.8±23.3%EMGmve (上腕二頭筋) •Cindy: 56.2±13.9%EMGmve (外側広 筋); 49.2±16.4%EMGmve (広背筋); 20.0±11.5%EMGmve (三角筋); 47.9±16.5%EMGmve (上腕二頭筋)
Escobar et al. (2017)	18 (男女)	ケトルベルの 重量は 男: 24kg 女: 16kg	3	Rahoiはボックスジャンプ24回, バービー6回, ケトルベル スラスト12回を1セットとし, 12分 間以内に最高セット数を求めた	無し	-	-	12.6±3.9mmol/L	-
Fernandez et al. (2015)	10 (男)	•40kg •自体重	•Fran: 2種目 •Cindy: 3種目	•Franは90回を最短時間に 完遂する •Cindyは懸垂5回, 腕立て伏せ10回, 自体重負荷 スクワット15回を1セットとし, 20分以内に最高セット数を求めた	無し	Franは 56.7±6.2%VO ₂ max Cindyは 66.2±4.8%VO ₂ max	Franは95.4±3.0 %HRmax Cindyは 97.4±2.4 %VO ₂ max	Franは14.0±3.3 mmol/L Cindyは14.5±3.2 mmol/L	-
Kliszczewicz et al. (2015)	10 (男)	自体重	3	•Cindyは懸垂5回, 腕立て伏せ10 回, 自体重負荷スクワットを1セット とし, 20分以内に最高セット数を 求めた	無し	-	97.7±1.9 %HRmax	-	-

- : 検討してない

表 6. CFT におけるトレネニング効果を検討した文献

著者 (年号)	n数 (性別)	トレネニング目標	トレネニング期間	トレネニング頻度	種日数	回数・セット数	休息 時間	トレネニング効果
Borras et al. (2017)	45 (男女)	最大酸素摂取量	8週間	2	8	2セット	無し	•最大酸素摂取量の向上 (+8.6%)
Eather et al. (2016)	51 (男女)	•有酸素性能力 •筋力 •柔軟性	8週間	2	日替わりの運動課題で、毎セッション約3種目	日替わりの運動課題で、毎セッション約10分間以内にできるだけ多く繰り返しAMRAP法	無し	•有酸素性能力の向上 (+29.3%) •筋力の向上 (+4.1%) •柔軟性の向上 (+2.6%)
Özbay (2019)	14 (男)	最大筋力 筋持久力	16週間	3	3	懸垂5回、 腕立て伏せ10回、 自重負荷スクワット15回を1セットとし、20分間以内にできるだけ多く繰り返し返す	無し	•最大筋力の向上 (+11.1%) •筋持久力の向上 (+27.1%)
Yüksel et al. (2019)	16 (男)	跳躍高 (CMJ) 最大筋力	8週間	3	3	懸垂5回、 腕立て伏せ10回、 自重負荷スクワット15回を1セットとし、20分間以内にできるだけ多く繰り返し返す	無し	•CMJの向上 (+9.8%) •最大筋力の向上 (+3.4%)

また CFT を用いたトレーニング効果に関する研究では、1 週間に 2~3 回の頻度で、1 回あたり 10~20 分の CFT トレーニングの効果を検討したものがあり、一般成人や高校生の有酸素性能力や筋力が向上することが報告されている（表 5, 6）。

3. 本研究の目的

前述のように、柔道競技は高い力発揮を間欠的に繰り返す運動であり、有酸素性能力、無酸素性能力、上半身の最大筋力と筋持久力、股関節伸展筋力と下半身のパワーなど様々な身体能力が必要である（Franchini et al., 2011）。したがって、競技パフォーマンスを向上させるには、これらの能力を総合的に改善させていく必要がある。

一方で、柔道競技の実践現場で行われているトレーニングをみると、それぞれの能力の強化を個別に行っている場合がほとんどである。このことは、体力トレーニングに費やす時間を長くさせ、技術練習のための時間が十分に確保できにくくなるという課題が確認された。

近年では、様々な運動種目を組み合わせ、休息を挟まず連続的に行う CFT が提案され、有酸素性能力、無酸素性能力、筋力などを短時間で向上させている報告があることから、柔道の競技特性に合わせた CFT を考案することで、必要な体力を総合的に、また時間的にも効率よく改善できるようなトレーニング法を提案できると考えた。

そこで本研究では、柔道競技を想定したサーキットウエイトトレーニング「クロスフィット」形式プロトコル（CFT-J）を新たに考案し、その有用性を検証することを目的とした。この目的を達成するために以下の 2 つの研究を行った。

研究 1. 柔道競技を想定した CFT-J プロトコルの考案とその生理応答の解明

まず研究 1 では、柔道競技に必要とされる CFT の内容を検討し、柔道競技者を対象としたプロトコル（CFT-J）を考案した。さらに、その生理学的な特性を明らかにすることを目的とした。

研究 2. 柔道競技者に対する CFT-J によるトレーニング効果の検討

研究 1 の結果をもとに、大学生レベルの柔道競技者を対象として本 CFT-J プロトコルを実施し、その際のトレーニング効果を明らかにすることを目的とした。

II. 本研究の目的を達成するために行った2つの研究

研究 1：柔道競技を想定した CFT-J プロトコルの考案とその生理応答の解明

1. 目的

前述したように、CFT の特性を考えると、柔道競技者に対しても有酸素性および無酸素性（特に解糖系）のエネルギー代謝や、筋力・筋パワーに対して、短時間で高い負荷を同時にかけてられる補助トレーニングになる可能性がある。そしてこの性質は、基礎的な体力トレーニングに割く時間を短縮する上で有効と考えられる。そこで本研究では、以下の 2 点について検討を行った。

1) 柔道競技を想定したサーキットウエイトトレーニング「クロスフィット形式」プロトコル（CFT-J）を考案する。

2) 1) で考案した CFT-J の生理応答の特性を明らかにするために、① CFT-J をそのまま行う条件のほかに、次の 2 条件でも運動を行う。② CFT-J を構成する主な種目をそれぞれ個別にオールアウトまで行う条件（以下、「AO」と表記する）、③ CFT-J を構成する主な種目をそれぞれ個別に、従来から行われてきたレジスタンストレーニングの様式で行う条件（以下、「RT」と表記する）とする。これら 3 種類の運動時における心拍数、酸素摂取量、血中乳酸値、筋電図の応答を比較することで、考案した CFT-J プロトコルの特性を明らかにする。

2. 方法

A. 対象者

対象者は、体育大学の柔道部に所属する女子大学生 7 名（年齢： 20.3 ± 1.0 歳，身長： 155.2 ± 4.7 cm，体重： 61.7 ± 8.6 kg）とした。本研究は本学の倫理審査委員会の承認を得た上で、規定に基づき事前に十分な説明を対象者に対して行い、書面にて参加の同意を得て実施した。また未成年の対象者に対しては、保護者の同意を得た上で実施した。

B. CFT-J における実施内容の選別

研究小史で述べた柔道競技の特性、および CFT の特性に関する先行研究を参考にしながら、表 7 に示したような種目と順序を CFT-J のプロトコルとして決定した。これらの種目の選択および順序（回数、セット数、負荷、種目の順番）の決定に際しては、筆者ら（CFT 歴が 6 年で柔道歴が 5 年の大学院生、柔道競技には携わっていない大学院生 2 名（自転車競

表 7. CFT-J プロトコルの実施方法

運動種目	目的	負荷	回数
①デッドリフト	脊柱起立筋の筋力の向上	70%1RM	6
②ジャンピングスクワット	下肢の筋パワーの向上	自重負荷	3
③腕立て伏せ	上腕三頭筋の筋力の向上	自重負荷	18
④ジャンピングランジ	下肢の筋パワーの向上	自重負荷	6
⑤斜め懸垂	引き付ける筋力の向上	自重負荷	6

技のコーチ1名およびストレングストレーナー1名)、柔道競技には携わっていないスポーツ科学の研究者)による話し合いのもと、意見交換をした上で決定した。また、一般的な競技現場ではエクササイズに用いる器具(マシンやフリーウエイト)が十分でないことが多いという現状も考慮して、できるだけ自体重を負荷として実施できるものを選択した。

筋力の面に関しては、①柔道では組み手争いをする場面が多く、上半身で中～高強度の力発揮を多く繰り返すため、上半身(広背筋、大胸筋、上腕二頭筋など)の最大筋力および筋持久力が重要となる(Detanico et al., 2012)。特に、相手の道着を掴んで引き付ける腕や、背筋群が重要であること(Burns and Callan, 2017; Franchini et al., 2005)、②柔道の技をかける際には、瞬時に高い筋パワーを発揮する。その際、相手の身体を持ち上げることが多いため、股関節の伸展筋力(脊柱起立筋、体幹筋群など)や、下半身の筋パワー(大腿四頭筋、ハムストリングスなど)が要求される(Burns and Callan, 2017; Buško, 2015; Franchini et al., 2005)。

このような柔道の特性を考慮した上で、筆者らでプロトコルの内容および種目の回数設定を検討したまたその際には National Strength & Conditioning Association (以下、「NSCA」と表記する)の指導書と斜め懸垂の論文を参考に決定した。

その結果、①に対応するためにデッドリフト6回(負荷は70%)、腕立て伏せ18回、柔道着を用いた斜め懸垂6回を行うこととした。また②に対応するために、ジャンピングスクワット3回とジャンピングランジ6回を行うこととした。なお回数設定についてデッドリフトは最大筋力の回数設定に当てはめ、腕立て伏せは筋持久力、ジャンピングスクワット3回とジャンピングランジ6回はプライオメトリクストレーニングのガイドライン

(Davies et al., 2015) の基準に当てはめた。また、斜め懸垂については筋持久力の基準である 12 回を設定していたが、CFT-J を考案する段階（予備実験）において対象者のほとんどが運動中に休息挟まなければ遂行することができなかつたため、回数を調整し 6 回と定めた。

有酸素性能力および無酸素性能力に関しては、運動時間を 6 分間に設定した。これは柔道競技の試合を想定し、正式試合の時間である 4 分間にゴールデンスコア（延長戦：無制限）を加えた時間である。なお、ゴールデンスコアの時間に関しては、実験的に無制限にするわけにはいかないため、本研究では 2 分間と定めた。また、CFT には For Time と AMRAP という 2 種類の様式があるが、前述のような柔道競技の特性から、6 分間という決められた時間の中でできるだけ多くの技を繰り返すことを想定し、AMRAP 様式を採用することとした。

C. 研究のデザイン

本研究では、作成した CFT-J のプロトコルにおける生理応答を明らかにするため、CFT-J の主な構成種目を取り出して、それぞれを個別にオールアウト様式で行う条件 (AO) と、レジスタンストレーニング様式で行う条件 (RT) とを設定した。表 8 にはこれらの 3 条件

表 8. 各運動課題の実施種目、回数、セット数、負荷およびセット間の休息の時間

運動課題	種目	負荷	セット数	回数	休息
クロスフィット (CFT-J)	①デッドリフト	70%1RM	6分間内でなるべく多いセットを完遂する	6	無
	②ジャンピングスクワット	自重負荷		3	
	③腕立て伏せ	自重負荷		18	
	④ジャンピングランジ	自重負荷		6	
	⑤斜め懸垂	自重負荷		6	
オールアウト (AO)	①デッドリフト	70%1RM	1	疲労困憊に至るまで行う	無
	③腕立て伏せ	自重負荷	1		
	⑤斜め懸垂	自重負荷	1		
レジスタンストレーニング (RT)	①デッドリフト	70%1RM	6	6	2分
	③腕立て伏せ	自重負荷	6	18	2分
	⑤斜め懸垂	自重負荷	6	6	2分

の種目、負荷、セット数、休息時間などを示した。また図 1 は、これを行ったときのイメ

ージ図である。それぞれの概要は以下の通りである。

1) CFT-J 条件

本研究で考案した CFT-J は、表 8 に示すように種目①から⑤までを 1 セットとし、運動時間は 6 分以内でできるだけ多くのセットを繰り返す方法（AMRAP 様式）で行った。

2) オールアウト（AO）条件

1) の構成種目を分解して、運動種目・強度（重量）は 1) と同じに統一し、各種目を別個にオールアウトに至るまで行った。ただし、ジャンピングスクワットとジャンピングランジ（プライオメトリクストレーニング）に関しては、このような様式で行うと怪我を起す可能性も考えられたため、省くこととした。

オールアウトの判断基準は、デッドリフトの場合では対象者自身が重量を連続して挙上できなくなったと判断した場合や、筆者が、フォームが崩れたと判断した場合に運動を中止させた。また、腕立て伏せと柔道着を用いた斜め懸垂においては、前述の基準と同様に、対象者の肘屈曲角度が 90°に至らなくなったと判断した場合、運動を中止することとした。

3) レジスタンストレーニング（RT）条件

2) で行った 3 種目について、一般的なレジスタンストレーニングの様式で別個に行った。すなわち運動種目、各種目の回数と強度（重量）は 1) と同じに統一し、各種目をセット間に 2 分間の休息を設けて 6 セット行わせた。ジャンピングスクワットとジャンピングランジに関しては AO と測定条件（運動種目）を統一するため、RT においても省くこととした。

なお本対象者は、普段からレジスタンストレーニングを実施していたが、筆者が観察したトレーニングフォームは安定性が欠如していた。そこで本測定を実施する前に、各種目のフォームを習得する期間を約 3 週間設け、筆者による指導を行った。

C. 生理応答の測定

各運動課題実施時の生理応答を明らかにするために、動作中の心拍数と酸素摂取量、運動前後での血中乳酸濃度、および動作中の筋活動水準を測定した。

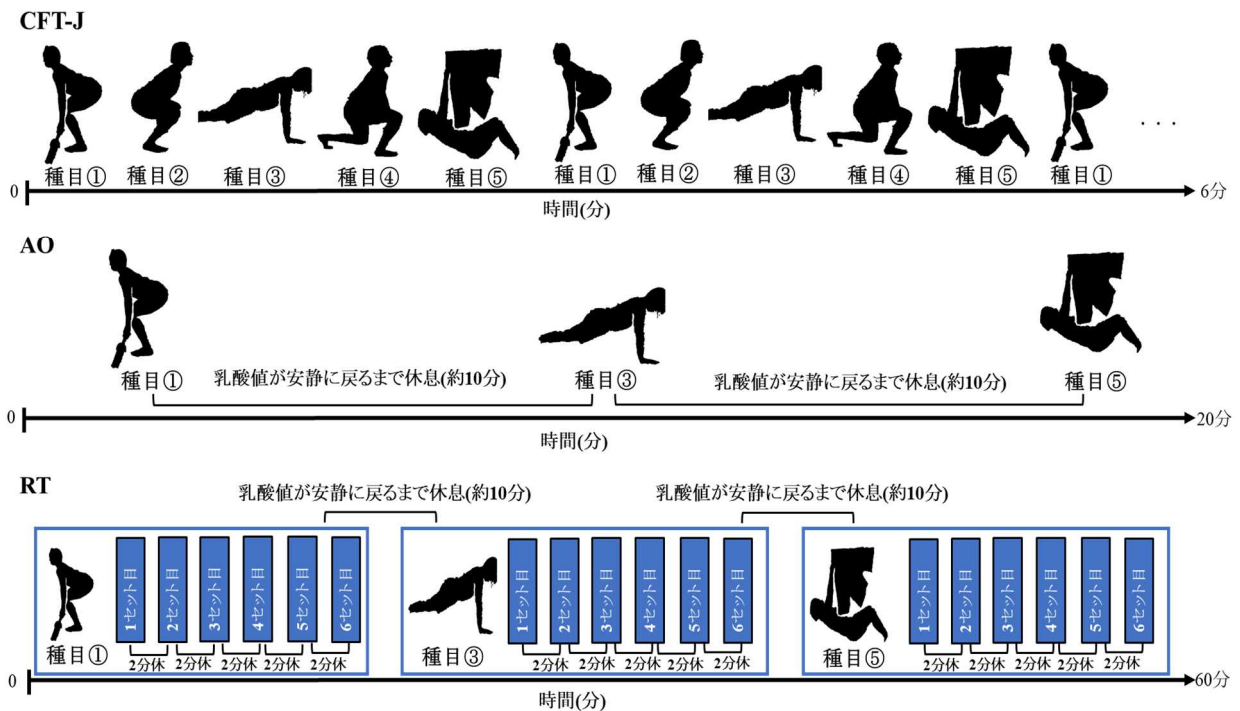


図 1. 各運動課題の遂行パターンのイメージ図

i. 心拍数

各運動課題の実施時における循環器系に対する運動刺激を評価するため、携帯型心拍計 (RC3 GPS, Polar 社製) を胸部に装着し、各運動課題の実施時の心拍数をサンプリング周波数 1Hz で計測した。なお、セット間に休息を設けた課題では、休息時間を除いた。各運動課題実施時の平均心拍数 (HR_{ex}) を対象者の年齢から推定される HR_{max} (HR_{max} = (208 - 0.7) × 年齢; Tanaka et.al, 2001) と安静時 HR (HR_{rest}) からカルボーネンの式を用いて、%心拍予備能 (%HRR = (HR_{ex} - HR_{rest}) / (HR_{max} - HR_{rest}) × 100) で表した。

ii. 酸素摂取量

呼吸循環器系に対する運動刺激を評価するため、携帯型呼吸ガス分析装置 (K4b2, Cosmed 社製) を胸部に固定し、各運動課題実施時の酸素摂取量を計測した。なお、AO と RT では運動を開始する前後にマーカーを入れて分析区間を示し、休息時間を除いて分析した。

iii. 血中乳酸濃度

無酸素性のエネルギー代謝 (主に解糖系) から見た運動刺激を評価するために、指尖より血液を採取し、自動乳酸分析装置 (Lactate Pro2, Arkray 社製) を用いて血中乳酸濃度を

測定した。測定のタイミングは、安静時（運動前）、運動終了直後および3分後とし、運動終了直後および3分後のうちの高い値を代表値として採用した。なお、AOおよびRTでは各種目間で乳酸値が安静レベル（ $<2\text{mmol/L}$ ）に戻るまでに休息を設け、各運動種目の終了時に血中乳酸濃度を測定した。加えて、RTでは各種目を6セット実施したため1セット目を開始する直前および6セット目の直後のみ測定した。

iv. 筋活動水準

各運動課題実施時の筋活動水準を、無線型表面筋電図装置（Mega ME6000 Biomonitor, Mega Electronics 社製）を用いて測定した。被験筋は各種目の動作中の主働筋である8つの筋群（橈側手根屈筋、上腕二頭筋、上腕三頭筋、広背筋、脊柱起立筋、ハムストリングス、外側広筋、内側広筋）とした。各筋の筋腹に送信機を備えた電極（Anbu BlueSensor ECG 社製）を装着し、パーソナルコンピュータに接続された受信機（Megawin, Mega Electronics 社製）を介して各種目の動作中における筋活動量を取得した。電極の貼付に際して、体毛および角質を除去し、アルコール綿で十分に拭き取った後に、規定の位置に貼付した。電極の貼付部位は、表面筋電図マニュアル（下野, 2004）を参考にし、全対象者で右側に貼付した。

随意最大等尺性収縮（EMG_{mvc}）および各運動課題における筋活動量（EMG）は、デジタル変換された後、受信機に接続されたパーソナルコンピュータ内の専用筋電図分析ソフトウェア（Megawin, Mega Electronics 社製）にサンプリング周波数1KHzで出力され、さらにそれをテキストファイルに変換した後、解析用の専用ソフトウェア（Lab Chart 7, AD Instruments 社製）にそのデータを取り組み、分析を行った。各運動課題の全てのセット（CFT-JとRTの場合）および全ての回数（AOの場合）における平均筋電位のRoot Mean Square（RMS）を算出し、各セットの始めと終わりの1回ずつを除いた運動中の平均EMG（EMG_{ex}）を計算し、EMG_{mvc}時の最大筋活動量により規格化し、筋活動水準（ $\%EMG_{mvc} = EMG_{ex}/EMG_{mvc} \times 100$ ）で示した。

各筋のEMG_{mvc}の測定は、いずれの試技においても安静状態から5秒間かけて最大収縮に到達するように力発揮を行わせ、その後約2~3秒間最大努力を維持し、その際のEMGデータを用いた。各筋での測定方法は以下の通りである。



図 2-a. EMGmvc の測定方法（橈側手根屈筋）

1) 橈側手根屈筋：柔道着を用いた握力専用テスト（Franchini et al., 2011）を採用して実施した。柔道着を鉄棒に掛け、対象者に柔道着の両襟を握るように指示をした。対象者はぶら下がった状態から 90°肘屈曲を維持し、限界に達するまで行った（図 2-a）。なお対象者が 90°肘屈曲角度を維持できなくなった時間はおおよそ 5 秒間程度であった。



図 2-b. EMGmvc の測定方法（上腕二頭筋）

2) 上腕二頭筋：対象者は、座位にて前腕部をストラップで椅子の肘掛けに固定した。対象者は肘関節約 90°屈曲位、前腕は中間位の姿勢とし、肘屈曲を行わせた。検者はストラップを押さえ、力発揮に対して抵抗した（図 2-b）。



図 2-c. EMGmvc の測定方法 (上腕三頭筋)

3) 上腕三頭筋：対象者は，座位にて前腕部を椅子の肘掛けに置いた．対象者は肘関節約 90° 屈曲位，前腕は中間位の姿勢とし，椅子の肘掛けに対して肘伸展を最大努力で実施させた (図 2-c)．



図 2-d. EMGmvc の測定方法 (広背筋)

4) 広背筋：対象者は伏臥位の姿勢で両腕を身体の横に置き，右手のひらを天上に向け，肘関節を伸展させた状態で肩関節伸展を行った．検者は腕を押さえて対象者の力発揮に抵抗するとともに，対象者が動かないように身体（腰など）を抑え固定させた (図 2-d)．

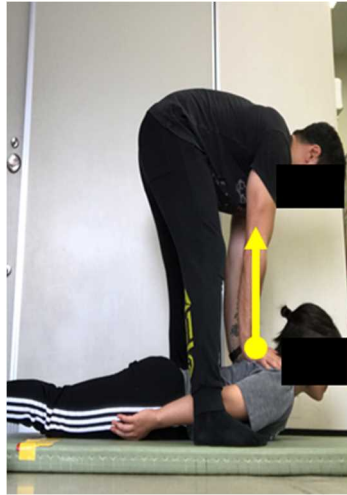


図 2-e. EMGmvc の測定方法（脊柱起立筋）

5) 脊柱起立筋：対象者は伏臥位の姿勢で両腕を身体の横に置き，検者の 1 人は両肩の肩甲骨を押さえ，もう 1 人は対象者の両足首を押さえた．その状態で対象者は骨盤と下半身を地面につけた状態で上半身伸展を行った（図 2-e）．



図 2-f. EMGmvc の測定方法（ハムストリングス）

6) 大腿二頭筋：対象者は，膝関節伸展筋力測定台（D-08011，竹井機器社製）の上で座位にて膝関節 90°屈曲位の状態にて，膝屈曲を行った．対象者は力発揮中の姿勢変化を防ぐため，ストラップを用いて腹部を固定した．検者は，対象者の足首あたりを抑えて対象者の力発揮に抵抗した（図 2-f）．



図 2-g. EMGmvc の測定方法（外側広筋および内側広筋）

7) 外側広筋および内側広筋：対象者は、膝関節伸展筋力測定台（D-08011，竹井機器社製）を用いて膝関節 60°屈曲位の座位姿勢にて，足関節をストラップで固定し，膝伸展を行った．力発揮中の姿勢変化を防ぐため，ストラップを用いて腹部および大腿部を固定した（図 2-g）．

D. プロトコルの強度を決定するための測定

i. 最大酸素摂取量の測定（ $\dot{V}O_{2max}$ ）

最大酸素摂取量の測定は，自転車エルゴメーター（Aerobike, Combi 社製）を用いた漸増負荷試験により実施した．40W の負荷から始め，1 分ごとに負荷を 20W ずつ増加し，対象者の疲労困憊に至るまでに行わせた．ペダリングの回転数は，毎分 60 回転に固定した．測定は携帯型の呼吸ガス分析装置（K4b2, Cosmed 社製）を用いて行った．サンプリング周波数は 1Hz であり，データには 10 秒間ごとの平均値を用いた．

ii. デッドリフトの最大重量挙げ（1RM）の測定

本研究で考案した CFT-J プロトコルでは%RM 法を採用したため，デッドリフトの 1RM を測定した．1RM 測定の実施方法は NSCA（2016）が提唱した方法をもとに行わせた．

E. 統計処理

データとして得られた測定値は，以下の処理方法でまとめた．

1) 各運動課題実施時における酸素摂取量, 心拍数, 血中乳酸濃度および8つの被験筋の筋活動水準の比較には, 平均値 ± 標準偏差で表し, 対応のある一元配置分散分析を行った. 有意差が認められた場合には, Tukey 法による多重比較検定を行った. 有意水準は5%未満とした.

2) 各運動課題における運動強度を示すために総挙上重量の比較を行った. 外的負荷を用いたデッドリフトでは, 表7で示したように各対象者の70%1RMの重量を挙上重量とした. 腕立て伏せについては, 先行研究 (Ebben et al., 2011) において自体重の64%の重量を挙上していると報告されていることから, 各対象者の体重の64%を挙上重量とした. 斜め懸垂においても同様に, 先行研究 (Ronai and Scibek, 2016) では自体重の69%の重量を挙上していると報告していることから, 各対象者の体重の69%を挙上重量とした. 総挙上重量は「挙上重量 × 挙上回数 × セット数」で算出した. 例えばRTの腕立て伏せの場合では, 体重を60kgとした場合, $(60 \times 0.64) \times 18$ 回 (挙上回数) $\times 6$ (セット数) = 4147kg となる.

3. 結果

1) 課題の完遂に要した時間または課題終了まで完遂した回数, セット数, 挙上重量

CFT-Jにおける実施時間は6分間であった. AOの開始から終了までに要した時間は3種目を合わせて約 20 ± 5 分であった (乳酸値が <2 mmol/Lに戻るまでの休息時間を含む). RTの開始から終了までに要した時間は3種目を合わせて 60 ± 10 分 (乳酸値が <2 mmol/Lに戻るまでの休息時間を含む) であった.

各運動条件を完遂できたセット数 (総反復回数) は, CFT-Jでは 6.7 ± 1.1 セット (5種目の合計で 263.3 ± 41.2 回) を完遂した. AOにおけるデッドリフトの完遂回数は 20.1 ± 4.5 回, 腕立て伏せは 42.2 ± 11.1 回, 斜め懸垂は 29.1 ± 8.2 回 (3種目の合計で 91.4 ± 23.8 回) であった. RTにおけるデッドリフトの完遂回数は36回, 腕立て伏せは108回, 斜め懸垂は36回 (3種目合計で180回) であった.

図3-a・bは各運動課題において共通して行っていた3種目について, 総挙上重量 (図3-a) および単位時間当たりの挙上重量 (図3-b) を算出したものである. CFT-Jにおける総挙上重量は 9195 ± 1658 kg (デッドリフト: 2842 ± 362 kg, 腕立て伏せ: 4861 ± 970 kg, 斜め懸垂: 1491 ± 326 kg) であり, AOにおける総挙上重量 4291 ± 899 kg (デッドリフト: 1533 ± 367 kg, 腕立て伏せ: 1622 ± 272 kg, 斜め懸垂: 1533 ± 367 kg) より

も有意に高かった ($p<0.05$).

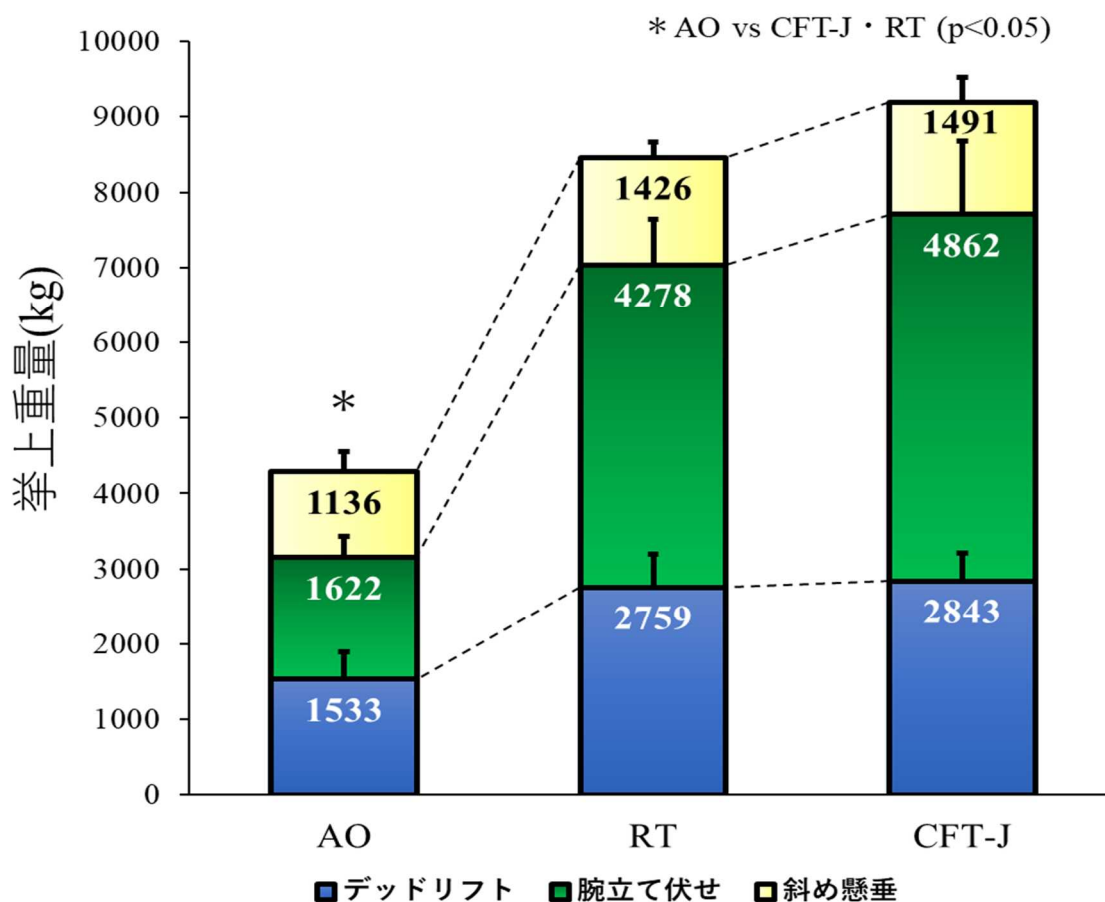


図 3-a. 各運動課題における各種目の総挙上重量

一方で、CFT-J は RT の総挙上重量 8463 ± 1243 kg (デッドリフト： 2759 ± 439 kg, 腕立て伏せ： 4278 ± 602 kg, 斜め懸垂： 1426 ± 200 kg) よりもやや高い傾向がみられたが、有意な差は認められなかった。

また、CFT-J における単位時間当たりの挙上重量は 7670 ± 493 kg/min (デッドリフト： 2211 ± 421 kg/min, 腕立て伏せ： 3121 ± 717 kg/min, 斜め懸垂： 2338 ± 544 kg/min) であり、AO における単位時間当たりの挙上重量 6642 ± 583 kg/min (デッドリフト： 2829 ± 837 kg/min, 腕立て伏せ： 2145 ± 673 kg/min, 斜め懸垂： 1667 ± 570 kg/min) との間に有意な差は認められなかった。一方で、CFT-J は RT の単位時間当たりの挙上重量 5216 ± 151 kg/min (デッドリフト： 1785 ± 411 kg/min, 腕立て伏せ： 1861 ± 533 kg/min, 斜め懸垂： 1570 ± 261 kg/min) よりも有意に高い値を示した ($p<0.05$)。

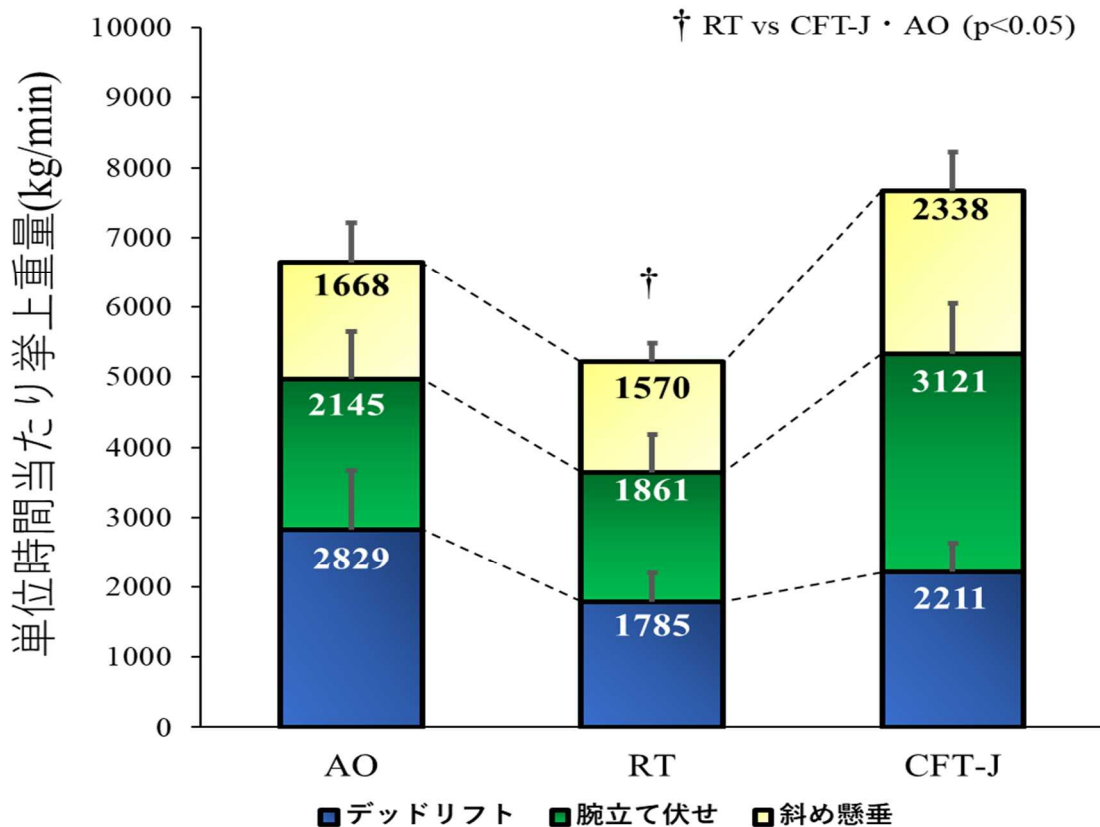


図 3-b. 各運動課題における各種目の単位時間当たりの挙上重量

2) 筋活動水準

図 4-a・b・c は、各運動課題の各種目間における主働筋の筋活動水準を比較した結果である。それぞれの種目間において、いずれの比較においても有意差は認められなかった。

図 4-a に示したようにデッドリフトにおける橈側手根屈筋では、AO が $60.3 \pm 35.7\%$ EMGmvc, RT が $62.8 \pm 28.3\%$ EMGmvc, CFT-J が $54.7 \pm 26.6\%$ EMGmvc の値を示した。脊柱起立筋では、AO が $45.9 \pm 18.1\%$ EMGmvc, RT が $52.4 \pm 12.8\%$ EMGmvc, CFT-J が $51.4 \pm 17.2\%$ EMGmvc であった。ハムストリングスでは、AO が $47.2 \pm 27.2\%$ EMGmvc, RT が $54.4 \pm 22.6\%$ EMGmvc, CFT-J が $65.8 \pm 17.2\%$ EMGmvc であった。

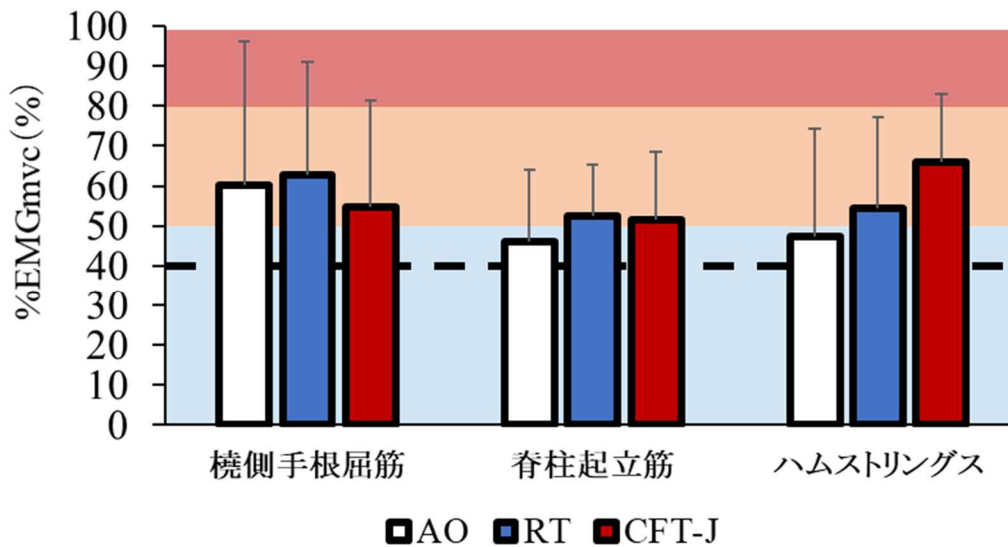


図 4-a. 各運動課題の実施時における主働筋の筋活動水準の強度比較
(デッドリフト)

また、図 4-b の腕立て伏せにおける上腕三頭筋では、AO が $84.2 \pm 31.4\%$ EMGmvc, RT が $91.7 \pm 30.5\%$ EMGmvc, CFT-J が $72.1 \pm 17.3\%$ EMGmvc であった。

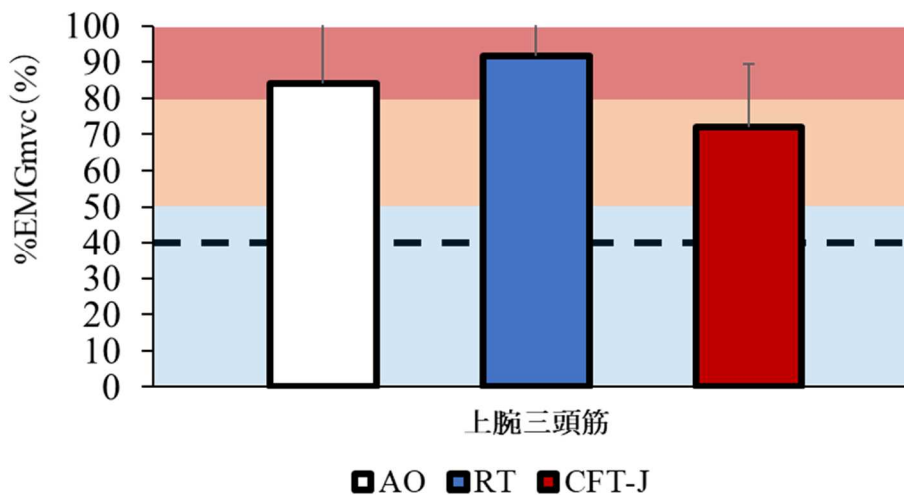


図 4-b. 各運動課題の実施時における主働筋の筋活動水準の強度比較
(腕立て伏せ)

図 4-c の柔道着を用いた斜め懸垂における桡側手根屈筋では、AO が $75.3 \pm 24.7\%$ EMGmvc, RT が $82.6 \pm 14.4\%$ EMGmvc, CFT-J が $58.6 \pm 13.2\%$ EMGmvc であった。

上腕二頭筋では、AOが $50.9 \pm 19.2\%EMGmvc$ 、RTが $69.3 \pm 19.7\%EMGmvc$ 、CFT-Jが $65.1 \pm 22.7\%EMGmvc$ であった。

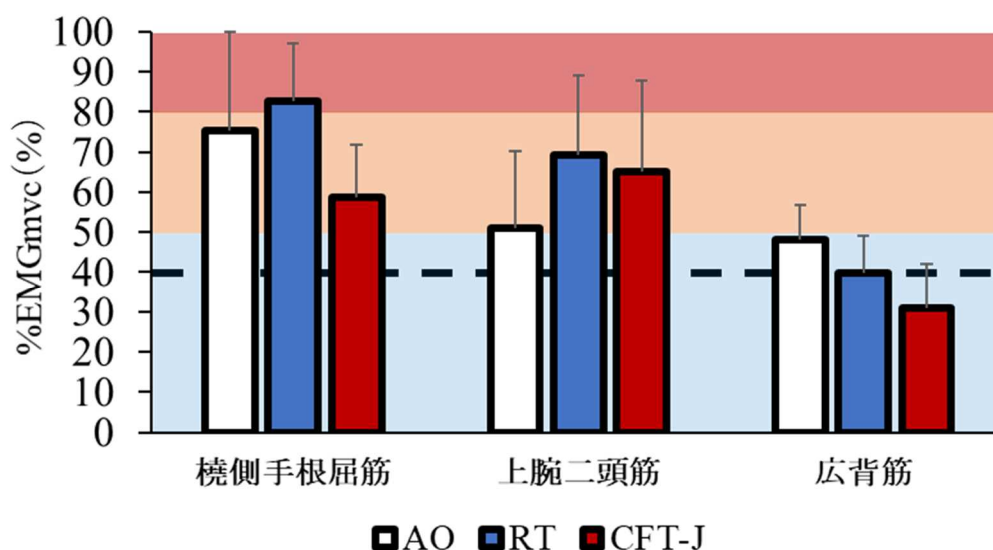


図 4-c. 各運動課題の実施時における主働筋の筋活動水準の強度比較 (斜め懸垂)

3) 運動時の酸素摂取量・心拍数・血中乳酸濃度

図 5 は、CFT-J と AO・RT のデッドリフト、腕立て伏せ、斜め懸垂を実施した際の酸素摂取量を比較したものである。その結果、CFT-J の値 ($84.3 \pm 7.9\% \dot{V}O_2max$) が AO, RT のどの種目よりも有意に高い値を示した ($p < 0.05$)。

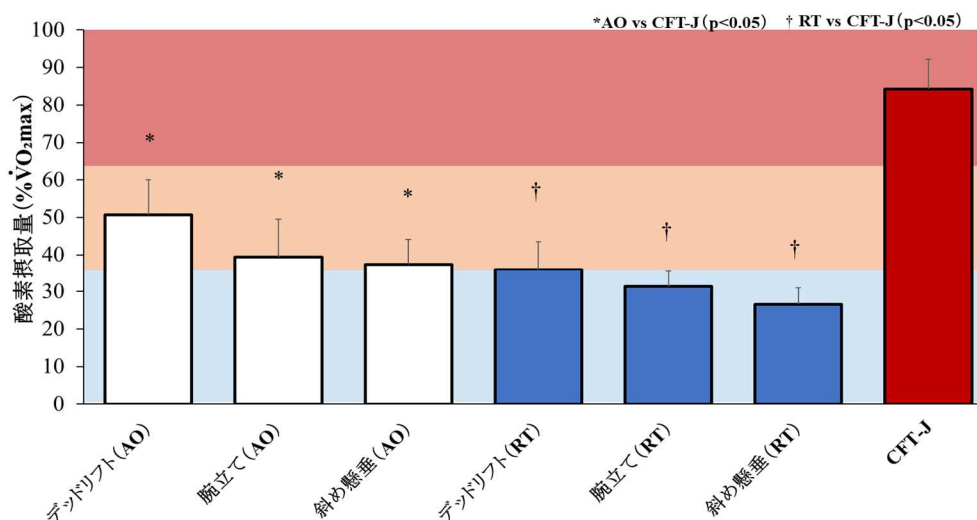


図 5. 各運動課題の実施時における酸素摂取量の比較

図 6 は，図 5 と同様な形で心拍数予備能を比較したものである．酸素摂取量の結果と同様に，CFT-J の値（ $76.3 \pm 4.1\%HRR$ ）が AO・RT のどの種目よりも有意に高い値を示した（ $p<0.05$ ）．

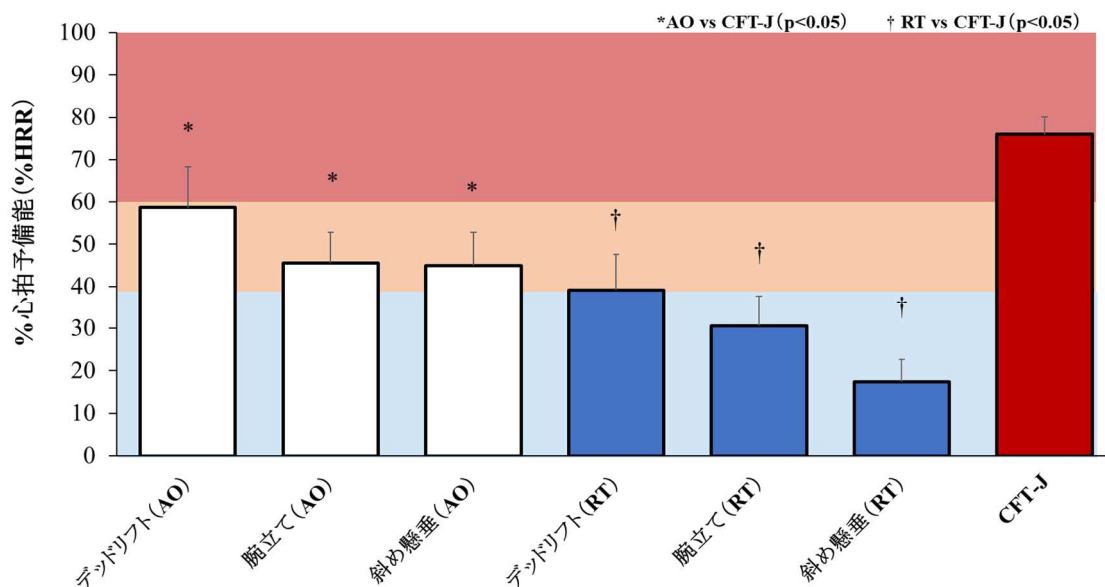


図 6. 各運動課題の実施時における心拍数予備能の比較

図 7 は，各運動課題実施時における血中乳酸濃度を表したものである．酸素摂取量および心拍数の結果と同様に，CFT-J の値（ $10.1 \pm 4.0\text{mmol/L}$ ）が AO・RT の全種目よりも有意に高い値を示した（ $p<0.05$ ）．

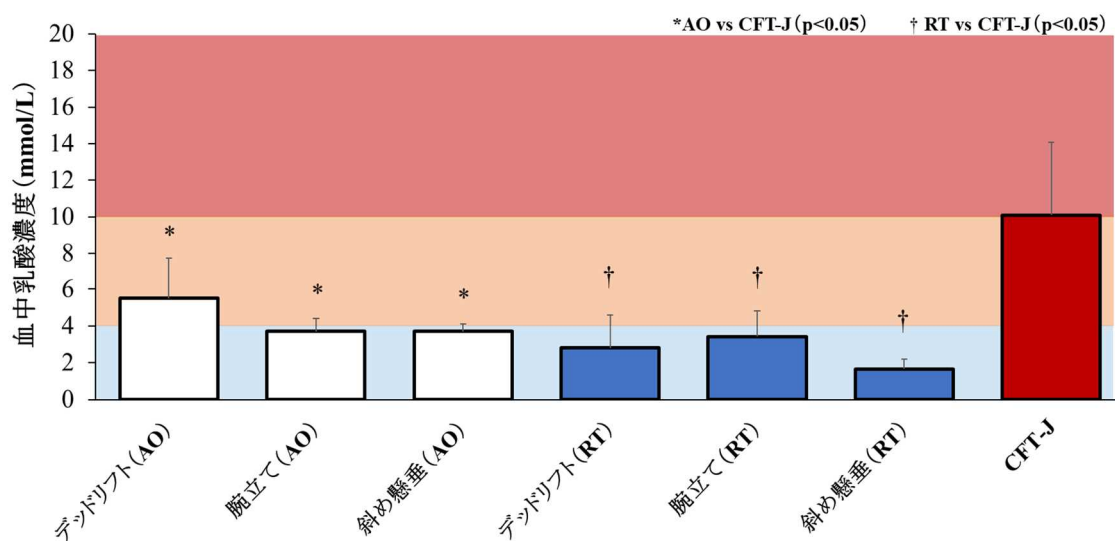


図 7. 各運動課題の実施時における血中乳酸濃度の比較

4. 考察

1) 各運動種目における完遂時間および挙上重量について

本研究で考案した CFT-J は実施時間として 6 分間、AO は 20 分間程度、RT は 60 分程度であり、CFT-J の時間が最も短かった。また、CFT-J は短時間で AO や RT よりも完遂できた回数は多く、総挙上重量も図 3-a に示したように高かった。

CFT-J は 6 分間以内に複数の種目を変えながら、休息を挟まずに全力で行うプロトコルであるため、完遂回数および総挙上重量が高かったと言える。一方で、AO や RT に関しては、どちらもセット間や種目間に休息時間を設けていたため（AO は乳酸値が $<2\text{mmol/L}$ に戻るまでの休息時間、RT はセット間に 2 分間、種目間に乳酸値が $<2\text{mmol/L}$ に戻るまでの休息時間）、CFT-J よりも低い傾向が見られたと考えられる。

2) 筋活動水準から見た筋系に対する負荷の特性

本研究では、デッドリフト、腕立て伏せ、斜め懸垂における主働筋の筋活動水準を AO、RT、CFT-J の 3 運動課題間で比較した。その結果、どの運動課題においても有意な差は認められなかった。また、筋活動水準のレベルを評価するために、各筋活動水準を低水準（49%EMGmvc；水色網掛け）、中水準（50～79 %EMGmvc；オレンジ色網掛け）、高水準（80%EMGmvc 以上；赤色網掛け）の 3 領域（Tsaklis et al., 2015）に分類した。その結果、全ての筋群で中水準以上の負荷であることが明らかとなった（図 4-a・b・c）。

Andersen (2006) は筋力を向上させる筋活動水準としては 40%MVC 以上の強度が必要であることを報告している（図 4-a・b・c の黒い点線）。したがって本研究で実施した 3 運動課題は、筋力向上が望める負荷をかけることができたと考えられた。

なお、CFT-J、AO、RT の 3 運動課題間の筋活動水準に有意な差は認められなかったことは興味深い。なぜならば、結果でも述べたように CFT-J は、AO・RT よりも単位時間あたりの挙上重量が高い値を示しているため、筋活動水準も高くなることが予測される。このような傾向がみられた原因として、主働筋が疲労したことにより、協働筋の貢献度が高くなったことが考えられる。実際に、デッドリフト実施時の主働筋、協働筋における筋活動水準の変動を検討したところ、図 8 に示したように 1 セット目から最終セットにかけて主働筋である脊柱起立筋における筋活動水準が減少し、協働筋であるハムストリングスや橈側手根屈筋が増加する傾向がみられた。このような傾向が各種目にみられた場合、図 4-a・b・c のような結果が得られたことの説明となると考えられる。しかし、この点については

本研究のデータでは十分な検討ができないため、今後の検討課題である。

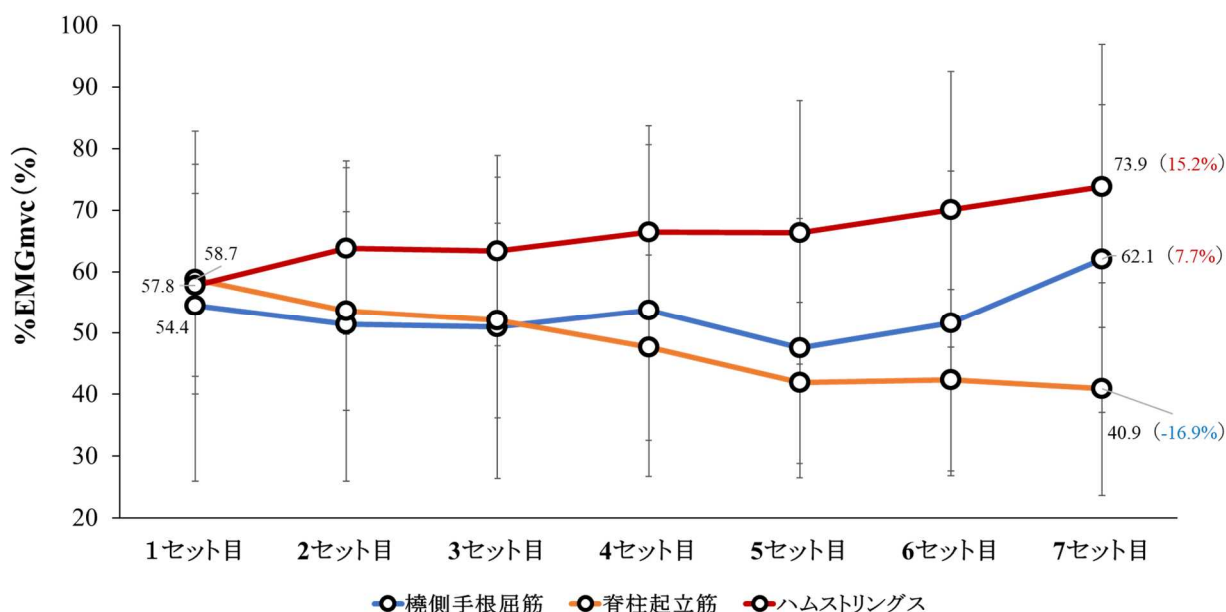


図 8. CFT-J プロトコルにおけるデッドリフト実施時の筋活動水準の変化

3) 有酸素性および無酸素性のエネルギー代謝の負荷指標からみた特性

本研究で考案した柔道競技向けの CFT-J と、その主な構成種目ごとに AO・RT の条件で実施した場合の $\% \dot{V}O_2 \max$ や $\%$ 心拍予備能を比較した結果、CFT-J が有意に高値を示した (図 5, 6)。

各運動課題における強度については、アメリカスポーツ医学会 (ACSM) のガイドライン (Garber et al., 2011) をもとに、 $37\% \dot{V}O_2 \max$ 未満および $39\% \text{HRR}$ 未満を低強度 (水色網掛け)、 $46 \sim 63\% \dot{V}O_2 \max$ および $40 \sim 59\% \text{HRR}$ を中強度 (オレンジ色網掛け)、 $64\% \dot{V}O_2 \max$ 以上および $60\% \text{HRR}$ 以上を高強度 (赤色網掛け) と定義して評価した。その結果、CFT-J は高強度、AO は低強度、RT は低強度の領域に位置していた。このような結果が得られた理由としては、AO や RT では休息を挟みながら行っているが、CFT-J では多関節を用いる運動種目を休息を挟まず実施しているために、単位時間あたりの挙上重量がより大きく、それに伴って呼吸循環系、循環器系に対する負荷が増大したことが考えられる。

本研究で得られた酸素摂取量および心拍数のレベルは、柔道競技者を対象に有酸素性能力の向上を目的として、ランニングや自転車エルゴメーターを用いたインターバルトレーニングを行わせた研究 (曾我部ほか, 2009) の結果と類似していた。加えて、芳賀ほか (1975)

と小澤ほか（1994）は柔道競技の代表的な練習の 1 つである乱取り中の強度が、およそ 80% $\dot{V}O_2\text{max}$, 90%HRmax 程度であることを報告しており、こちらの結果も本プロトコルの傾向と類似している。このようなことから、本プロトコルは柔道競技者にとって、有酸素性能力を向上のためのトレーニングや、乱取りと同様に有酸素性能力に対して向上が望める運動であると考えられた。

無酸素性（特に乳酸系）のエネルギー代謝に対する負荷指標として測定した血中乳酸濃度についても、有酸素性能力と同様、AO や RT よりも CFT-J の方が有意に高値を示した（図 7）。血中乳酸濃度による運動強度の評価については、乳酸閾値（LT）および乳酸蓄積開始点（OBLA）を基準にして評価されることが多い（Yoshida et al., 1982 ; Yoshida, 1984）。ただし CFT-J では全力で複数の種目を実施する事を考慮して、最大酸素摂取量の判断基準として用いられる血中乳酸濃度が 10mmol/L 以上という基準も加味し、血中乳酸濃度が 3.9mmol/L 以下を低強度（水色網掛け）、4.0~9.9mmol/L を中強度（オレンジ色網掛け）、10mmol/L 以上を高強度（赤色網掛け）と定義して評価した。

その結果、CFT-J は高強度、AO は中強度、RT は低強度の範囲に位置していた。この理由についても前述した酸素摂取量や心拍数の結果と同様、CFT-J では大筋群を用いる運動を、休息を挟まず全力で実施しているため、単位時間あたりの挙上重量が増加するとともに、力発揮を繰り返すことで血中乳酸がより大きく蓄積したためと考えられる。

またこの結果は、佐藤ほか（2017, 2018）の間欠的な全力ペダリング（5 秒運動・10 秒休息×10 セット）を検討した研究の結果（14mmol/L 程度）や、小菅ら（2015）のロープを用いたインターバルトレーニングの生理応答を検討した研究の結果（10 mmol/L 程度）と同程度であった。したがって CFT-J は、無酸素性（特に乳酸系）の能力の改善に関しても有効なトレーニングになり得ると考えられた。

4) CFT-J プロトコルの特性

表 9 は、上記の考察をまとめて、本研究で比較した 3 運動課題の特徴について、各種能力のトレーナビリティの観点から負荷のかかり方の大小関係が一覧できるようにしたものである。CFT-J の特徴として、有酸素性および無酸素性（特に乳酸系）のエネルギー代謝に対する負荷としては AO・RT よりも大きく、筋活動水準においては AO・RT と同程度であった。RT については、筋活動水準では筋力向上が望める領域に達しているが、有酸素性および無酸素性（特に乳酸系）のエネルギー代謝に対する負荷については低い傾向がみられ

た。AOでは、筋活動水準ではRTと同様な結果を示していたが、有酸素性および無酸素性（特に乳酸系）のエネルギー代謝に対する負荷では中程度の値であった。このような結果から、本研究で考案したCFT-Jプロトコルは、柔道競技に求められる主な3つの能力（有酸素性能力、無酸素性能力、筋力）に対して、向上が望める負荷がかけられていることが示唆された。

CFT-Jのメリットとして、短い運動時間で有酸素系・無酸素系の代謝および筋に負荷をかけられることがあげられる。本プロトコルは、比較対象としたAO・RTよりも短時間で実施できるという利点があり、冒頭で述べた体力トレーニング時間の増加による技術練習の時間の短縮といった問題についても役立てることができると考えられた。

表 9. トレーナビリティの観点からみた各運動課題における生理応答の位置づけ

運動課題	運動の所要時間	種目の数	酸素摂取量	心拍数	血中乳酸濃度	筋活動水準
クロスフィット(CFT-J)	6分	5	高	高	高	○
オールアウト(AO)	20 ± 5分	3	低	中	中	○
レジスタンス トレーニング(RT)	60 ± 10分	3	低	低	低	○

○: >40%EMGmvcのものは筋力の向上が望める

5) 本研究のリミテーション

本研究ではAO・RTにおいて、怪我の危険性を考慮し、ジャンピングスクワットとジャンピングランジを省いた。しかしながら、この両種目は腕立て伏せや斜め懸垂と異なり、自体重の上下動が激しく（物理的仕事量が大い）、筋量の多い脚の作業であることから、呼吸循環代謝応答も他の種目より高いことが予測される。

本来ならば、本プロトコルとAO・RTが、どの程度違うのかを比較するならば、種目を同じとし、1セットでオールアウトまで行った条件（AO）、および回数を決めて休息を挟

み、反復させた条件（RT）との間で比較すべきである。この点に関しては、本研究におけるリミテーションである。今後は怪我のリスクにも配慮しつつ、可能な範囲でこれらの種目の特性について検討することが必要といえる。

5. まとめ

柔道競技者において、より短いトレーニング時間で各種の基礎体力の改善を図れるトレーニング方法を提案するために、複数の種目を組み合わせて、高強度の負荷で休憩を挟まずに行う CFT-J を考案した。そして柔道競技者 7 名を対象に、① CFT-J をそのまま行う条件、② CFT-J の主な種目を個別にオールアウトまで行う条件（AO）、③ CFT-J の主な種目を個別にレジスタンストレーニングとして行う条件（RT）、という 3 種類の運動様式を設定し、心拍数、酸素摂取量、血中乳酸濃度、筋活動水準を比較し、CFT-J の特性を明確にしようと試みた。

その結果、CFT-J は 3 運動課題の中で、有酸素性および無酸素性（乳酸系）のエネルギー代謝に対してともに最も高い負荷をかけられることが明らかとなった（ $84.3 \pm 7.9\% \dot{V}O_{2max}$, $76.3 \pm 4.1\%HRR$, $10.1 \pm 4.0 \text{ mmol/L}$ ）。また筋系に対しても、各運動課題が強化を狙いとしている主働筋に対して、筋力向上を望める一定水準の負荷（ $> 40\%MVC$ ）をかけることができていた。以上を考察した結果、本研究で考案した CFT-J のプロトコルは、柔道競技者の補助トレーニングとして有用な選択肢となる可能性が示唆された。

研究 2. 柔道競技者に対する CFT-J によるトレーニング効果の検討

1. 目的

研究 1 では、CFT-J 実施時における生理応答を検討した結果、CFT-J は AO・RT とともに総挙上重量、単位時間当たりの挙上重量、酸素摂取量、心拍予備能および血中乳酸濃度に比べてより高い値を示し、筋活動水準に対して AO・RT と同等の高い値を示したことが明らかとなった。これは、CFT-J が柔道競技者に対して時間的に効率よく、様々な基礎体力に対して効果をもたらす可能性を示唆している。

しかし、実際の実施が柔道競技パフォーマンスの向上に有効であるか否かは明らかではない。そこで、研究 2 では大学女子柔道競技者を対象に、CFT-J プロトコルを 1 ヶ月間実施し、そのトレーニング効果を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

A. 対象者

対象者は、体育大学の柔道部に所属する女子大学生 6 名であった（表 10）。本研究における期間の前後の間は、どの対象者も傷害を負っていなかった。

本対象者の大学入学後のトレーニング歴は 1 ± 3 年であった。その内容は、通常の柔道練習（週 6 回、1 日に 2 時間程度）の後に、筋力と持久力の強化を目的に筋力トレーニングとインターバル走を行うというものであった。筋力トレーニングは週に 1~2 回の頻度で、5 種目程度（スクワット、ベンチプレスなど）を 70~80%1RM の負荷で 8~10 回、3~5 セット実施していた。インターバル走は週に 2~3 回の頻度で 400m 走を 90 秒間の休息を挟みながら 5 本行っていた。なお本研究の実施にあたっては、週 6 回の柔道練習は引き続き継続したが、上述の体力トレーニングはすべて中止し、代わりに CFT-J のみを行うこととした。

本研究は所属機関の倫理審査委員会の承認を得た上で、規定に基づき事前に十分な説明を対象者に対して行い、書面にて参加の同意を得て実施した。また未成年の対象者に対しては、保護者の同意を得た上で実施した。

B. CFT-J プロトコルの実施内容とトレーニング実施方法

本研究のプロトコルは、研究 1 を参考に、AMRAP 法を用いて 6 分間の運動を実施した。

運動種目は、表 7 に示した種目と順序を選定した。

対象者はトレーニングを始めるにあたり、各種目におけるトレーニングフォームの指導を筆者（CFT 歴 5 年，トレーニング指導歴 13 年）から 2 週間ほど受けた上でトレーニングを実施した。トレーニングは 4 週間，週 2～3 回の頻度で行わせた。4 週間というトレーニング期間は，Rutherford and Jones（1986）や Gibala et al.（2008）の研究において，神経筋系（2～3 週間）および呼吸循環器系（4 週間）に対しては，この期間で適応が可能であると報告されていることに基づいて決定した。

表 10. 研究 2 の対象者の特徴

対象者	年齢	身長	体重(kg)		階級	段位	成績
			Pre	Post			
A	21	162.8	65.6	65.6	63kg	3段	九州学生優勝
B	20	157.7	67.7	67.1	70kg	3段	九州ジュニア2位
C	21	150.2	53.2	56.2	52kg	3段	九州学生ベスト8
D	21	148.7	51.8	53.1	48kg	3段	九州学生優勝
E	22	156.6	56.5	58.3	48kg	3段	九州学生3位
F	19	161.3	68.1	68.1	70kg	2段	全日本学生団体出場

C. トレーニングの効果を評価

本トレーニングの効果を明らかにするために，トレーニングの前後で以下の測定を実施した。表 7 に示した本 CFT-J プロトコルの実施種目に照らして，動作が類似している測定項目を選ぶようにした。

1. 最大筋力（デッドリフトの 1RM テスト，背筋力測定）

最大筋力への効果を明らかにするために，デッドリフトの 1RM(one repetition maximum) を測定した。1RM 測定の実施方法は NSCA（2016）が推奨した方法をもとに実施した。対象者は，ウォーミングアップ後，3～5 セット以内で 1RM に達するように負荷を増加させて測定した。

足を腰幅に開き，腕幅は膝よりも外側に広げ，背中が真っ直ぐに維持する姿勢でしゃが

んでバーベルを握るよう指示した。グリップの握り方はオルタネイティッドグリップに統一した。そして股関節と膝関節を同時に伸展させ、身体が真っ直ぐ立つまでバーベルを挙げた。1RMに達した基準は、①目的としている重量を挙上できなくなった場合、②フォームが崩れた場合のいずれかとし、トレーニング指導者（筆者）が判断した。

背筋力は、スمدレー式デジタル背筋力計（T.K.K. 5402、竹井機器工業社製）を用いて測定した。対象者は台の上に立ち、背中を伸ばして上体を30°前方に傾けたチェーンの長さを合わせた。その後、ハンドルを順手で握らせ、膝を伸ばしたままで上体を起こした。測定は2回測定し、そのうちの最高値を採用した。

2. 下半身のパワー（脚伸展パワーテスト）

長座位姿勢で脚伸展パワーを測定する装置（レッグパワーT.K.K.1865、竹井機器工業社製）を用い、先行研究（宮下、1986）の方法に従って測定した。フットプレートの移動速度は、対象者の性・年齢による影響を受けないとされる0.8m/sに設定した。

対象者は、測定器のイス部分に腰部を密着させた状態で、長座位姿勢で座り、両足部をフットプレートにのせた。対象者の腹部と足部をそれぞれベルトで固定し、さらにイスの左右両側の手すりを握らせた。対象者の膝関節角度は90°とし、そこから全力で脚伸展動作を行わせた。対象者は3回の試技の練習を行った後に5回の試技を行い、1回ごとに表示される平均パワーのうちの最大値を採用した。

3. 上半身の筋持久力（腕立て伏せテスト、柔道着を用いた斜め懸垂テスト）

NSCA（2016）が推奨しているYMCA（Golding, 2002）ベンチプレステストの手順を応用し、腕立て伏せの最大反復回数を測定した。両手を肩幅の位置で地面に当て、両肘と身体を真っ直ぐ伸ばした姿勢を開始点とした。60bpmに設定したメトロノームの音に合わせて、90°までの肘屈曲を1拍子、肘伸展（肘関節が伸びきるまで）を1拍子として行った。

柔道着を用いた斜め懸垂テストについても、NSCA（2016）が推奨しているYMCA（Golding, 2002）ベンチプレステストの手順を応用して実施させた。対象者は、スクワットラックに固定されたシャフト上にかけた柔道着の上着の両襟を両手で握り、両肘、両足が伸び切った姿勢をとった（開始点）。その後、肘屈曲角度90°までの屈曲を1拍子で行い、肘が伸び切るまで肘伸展を1拍子で行わせた。なお、脚と体幹部を一直線に保つように意識させた。

この2つのテストはどちらも、メトロノームの速度に動作を合わなくなるか、90°の肘屈

曲角度を維持できなくなるかのどちらかがみられた場合にテスト終了とした。試技の成功・失敗の判断は筆者が行った。

4. 持久力（間欠的な全力ペダリングテスト）

先行研究（佐藤ほか，2017；2018）を参考に，柔道競技者に必要とされている持久力を評価するための間欠的な全力ペダリングテストを実施した。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，コンビウエルネス社製）を用いて，負荷重量を各対象者の体重の 7.5%の値に設定し，5 秒間の全力ペダリング運動を 10 秒の休息を挟んで 10 セット反復させ，各セットにおける平均パワーを評価した。

山本ほか（1995）の先行研究を参考に，競技者がペース配分を行わないための配慮をした。すなわち，本テストを行う前に 5 秒間のオールアウトテストを 1 本行わせて，ターゲットの強度（本テストの 1 セット目に目指す回転数）を定めた。その後 5 分間の休息を挟み，本番の測定を実施した。測定の回数は 1 回のみとしたが，1 セット目の回転数がターゲット強度の 5%を下回る場合は，対象者がペース配分をしたものと判断し，後日再測定を行うこととした（本研究ではこのようなケースは起こらなかった）。

5. 柔道パフォーマンス（スピード打ち込みテスト）

先行研究（岡田ほか，1999）をもとに，スピード打ち込みテストを実施した。30 秒間のスピード打ち込みを 30 秒の休息を挟んで 3 セット実施し，その反復回数を測定した。トレーニング前後で，打ち込みで用いる背負い投げで統一し，受けを務める相手も同じとした。また，打ち込み動作時における軸足の戻り具合や，受けの相手との距離などについても統一した。得られた 3 セット分の結果から平均値を求め，その値を採用した。

6. 内省報告

本トレーニングの実施により，練習時や試合時の感覚がどのように変化したのかについて，トレーニング後に選手の内省報告を聴取した。その際には「トレーニング後に，通常の練習や試合でどのような変化があったと感じましたか？」と口頭で質問し，その回答を録音して分析した。

D. 統計処理

トレーニング前後での各測定値は、本研究のデータが正規分布に仮定できないため中央値（Median）と〔四分位偏差〕（Interquartile Range）で示した。前後での変化についてはサンプルサイズが小さいことを考慮し、対応のあるウィルコクソンの符号付き順位検定を採用した。有意水準は5%とした。

また、本研究では対照群を用いていないことを考慮し、対象者の体力の変化がどの程度の価値を有するのかを判断するために、Hopkins（2004）が提唱している最小の価値ある変化（トレーニング介入前の値の標準偏差×0.2）を算出して評価した。なお、各トレーニングセッションのトレーニング量については、研究1で用いた総挙上重量を算出する方法を用いて行った。

III. 結果

A. CFT-Jにおけるトレーニング量の変化

図9は、4週間のトレーニングを1週間ずつに分けて、研究1で定義した「トレーニング量」（トレーニングで挙げた重量×反復回数×セット数）の変化を示したものである。なお自重負荷種目について、腕立て伏せでは自体重の64%（Ebben et al., 2011）、斜め懸垂では自体重の69%（Ronai and Scibek, 2016）の重量を持ち上げた重量とした。

その結果、1週間目に比べて2, 3, 4週間目では有意な増加が見られた（1週間目：8819 [1115.1] kg；2週間目：9848 [802.1] kg；3週間目：10441 [777.8]；4週間目：10855 [830.6] kg）。また、2週間目と4週間目の間にも有意な差が見られた。

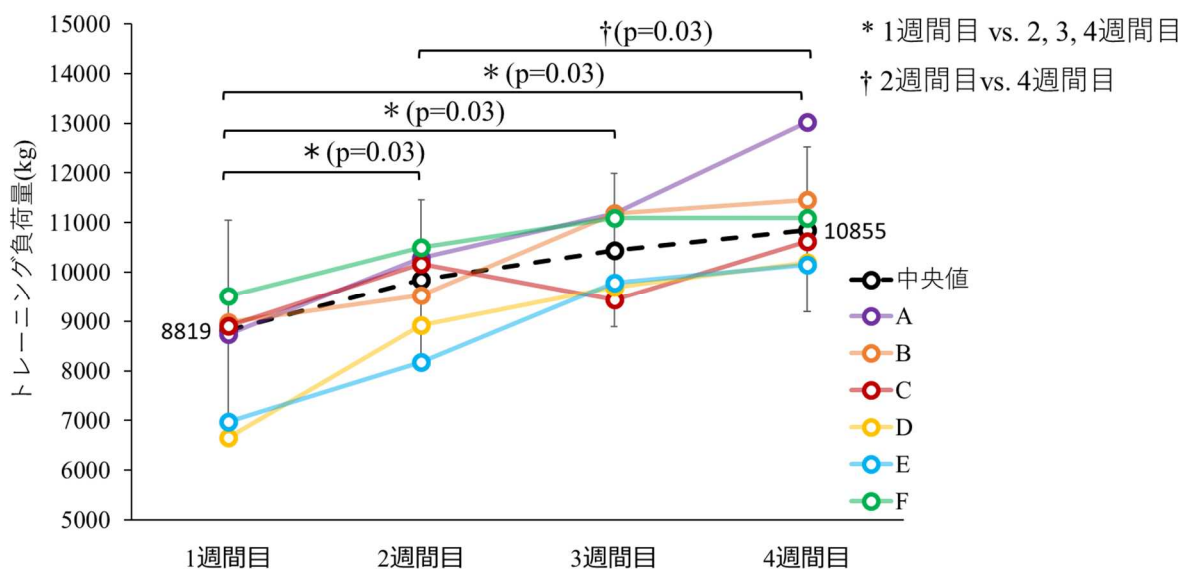


図9. トレーニングの経過に伴うトレーニング量の変化

B. 最大筋力の変化

図 10-a・b は、トレーニング前後におけるデッドリフトの変化を、それぞれの絶対値 (10-a) と体重割の相対値 (10-b) で表したものである。トレーニング後には対象者全員で増加し、いずれも統計的に有意な向上であった (絶対値: 100 [13] kg→107 [15]; 相対値: 1.7 [0.1] →1.8 [0.1] kg/kg)。

図 11-a・b は、背筋力の結果について同様に示したものである。6名中の5名では増加傾向が見られたが有意差は認められなかった (絶対値: 108 [13] kg→118 [9] kg; 相対値: 1.8 [0.2] kg/kg→2.0 [0.2] kg/kg)。

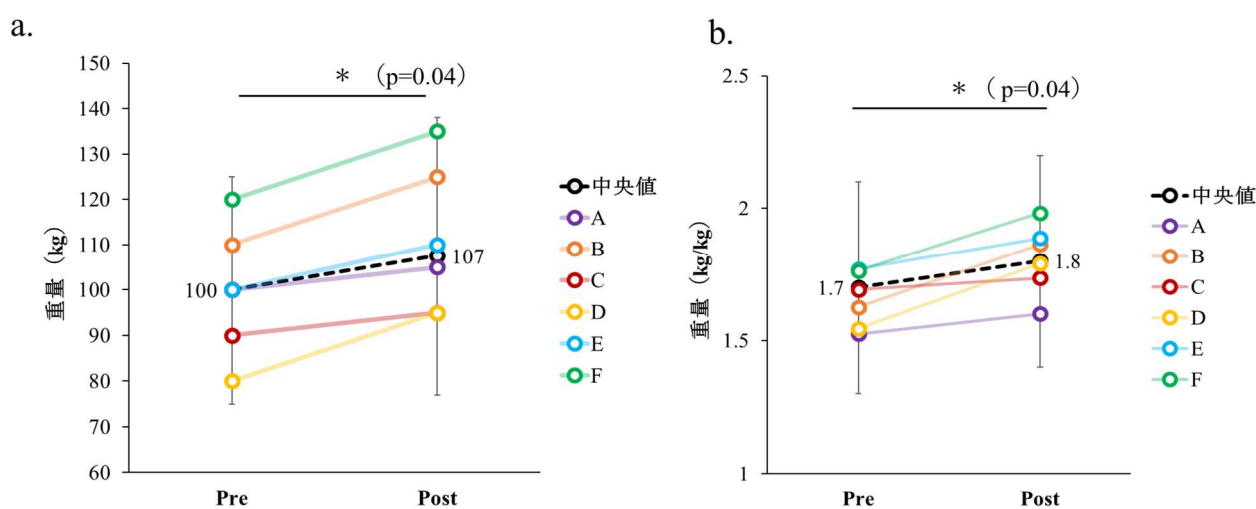


図 10. トレーニング前後でのデッドリフトの挙上重量の変化
(a: 絶対値, b: 体重割の相対値)

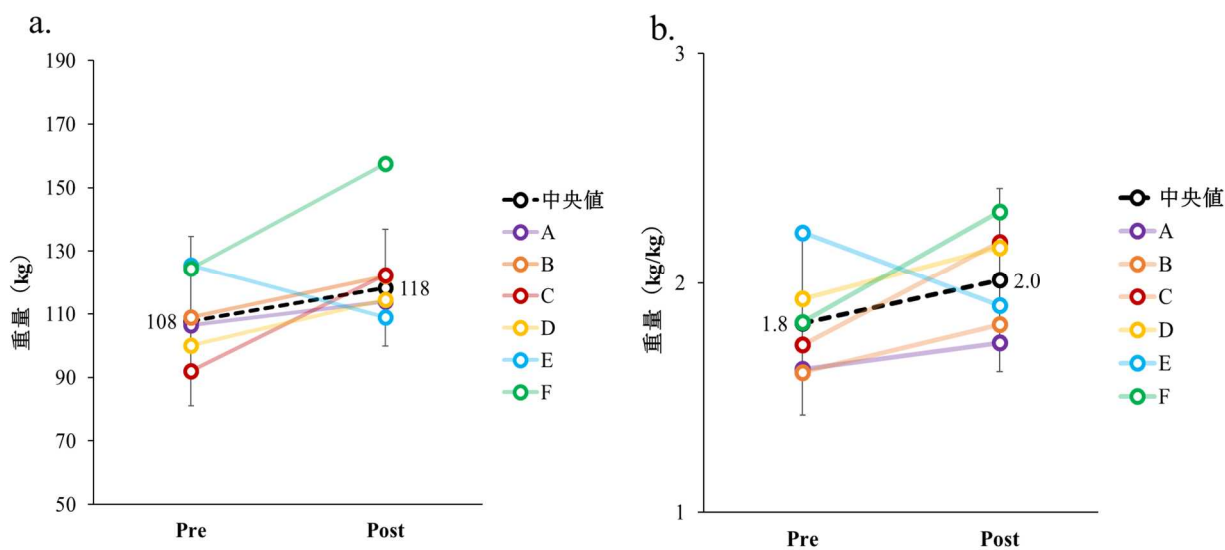


図 11. トレーニング前後での背筋力の変化(a: 絶対値, b: 体重割の相対値)

C. 脚伸展パワーの変化

図 12-a・b は、脚伸展パワーの変化について同様に示したもので、トレーニング後にはいずれも有意な向上が認められた（絶対値：554 [79] W→678 [56] W；相対値：9.9 [0.6] W/kg→10.9 [0.7] W/kg）。

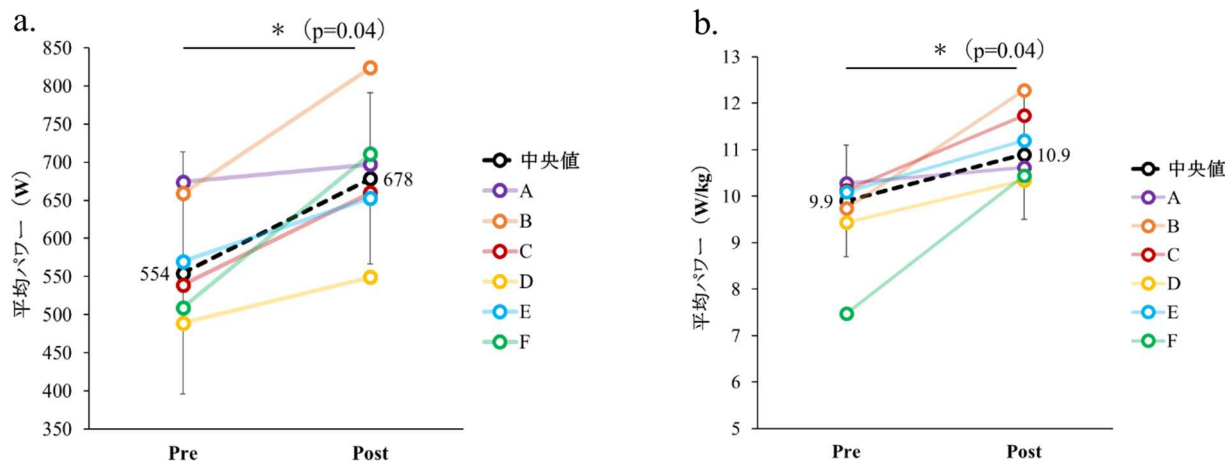


図 12. トレーニング前後での脚伸展パワーの変化
(a : 絶対値, b : 体重割の相対値)

D. 間欠的な全力ペダリングテストの変化

図 13 は、間欠的な全力ペダリングテストの変化を表したものである。10 セットの平均パワーをトレーニング前後で比較すると、有意な向上が見られた（5.8 [0.7] W/kg→6.2 [0.3] W/kg）。また、1 セット目（7.1 [0.4] W/kg→7.6 [0.8] W/kg）、2 セット目（6.6 [0.4] W/kg→7.1 [0.5] W/kg）、3 セット目（6.5 [0.5] W/kg→6.9 [0.4] W/kg）、6 セット目（5.8 [0.4] W/kg→

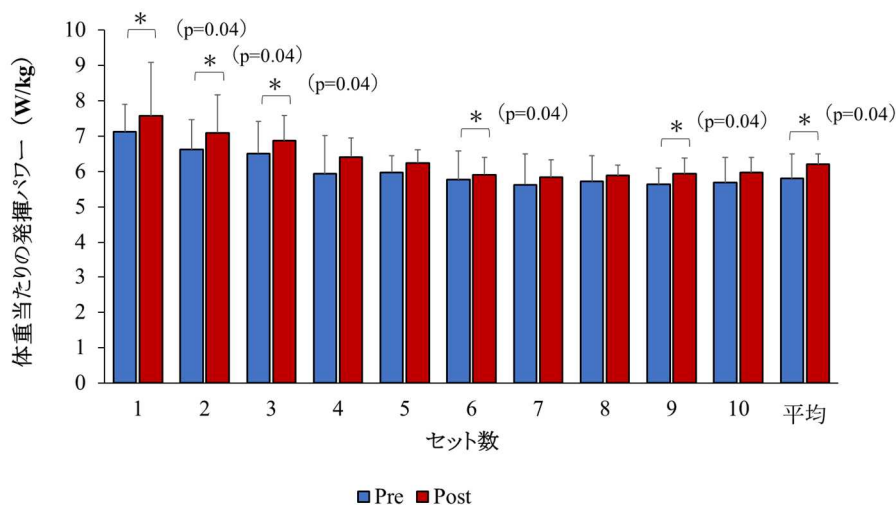


図 13. トレーニング前後での間欠的な全力ペダリングパワーの変化

5.9 [0.2] W/kg) および9セット目 (5.6 [0.2] W/kg→5.9 [0.2] W/kg) では有意な向上が認められた。

E. 腕立て伏せ・斜め懸垂の変化

図 14, 図 15 はそれぞれ, 腕立て伏せおよび斜め懸垂最高回数の変化を表している。トレーニング後には全員で増加傾向が認められ, 統計的にも有意な向上であった (腕立て伏せ: 33 [3] 回→50 [4] 回; 斜め懸垂: 20 [2] 回→23 [5] 回)。

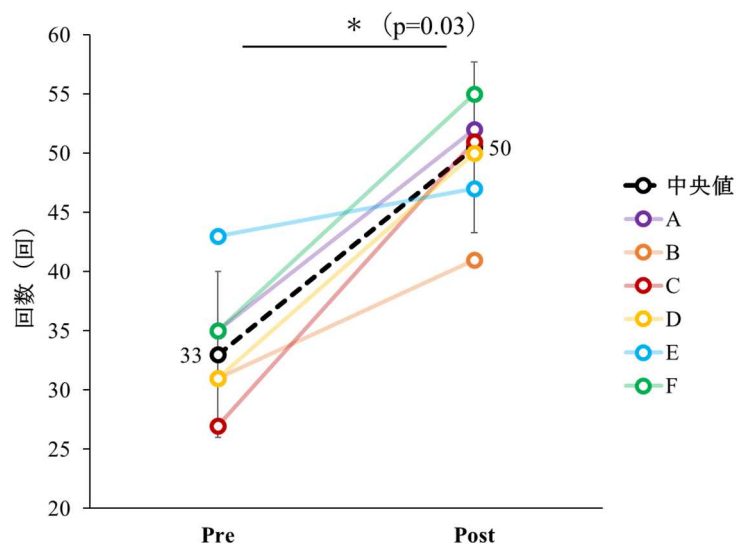


図 14. トレーニング前後での腕立て伏せ回数の変化

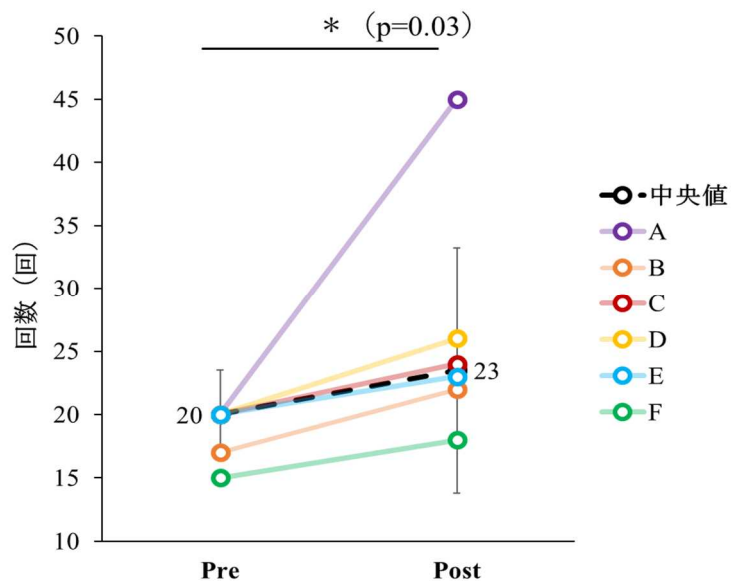


図 15. トレーニング前後での斜め懸垂回数の変化

F. スピード打ち込みテストの変化

図 16 は、スピード打ち込みテストの変化について、3 セットの平均値で表したものである。トレーニング後には全員が増加傾向を示し、統計的にも有意な向上が認められた（28 [2] 回→31 [2] 回）。また、各セット別にも検討したところ、1～3 セット目のいずれにおいても有意な向上が認められた。

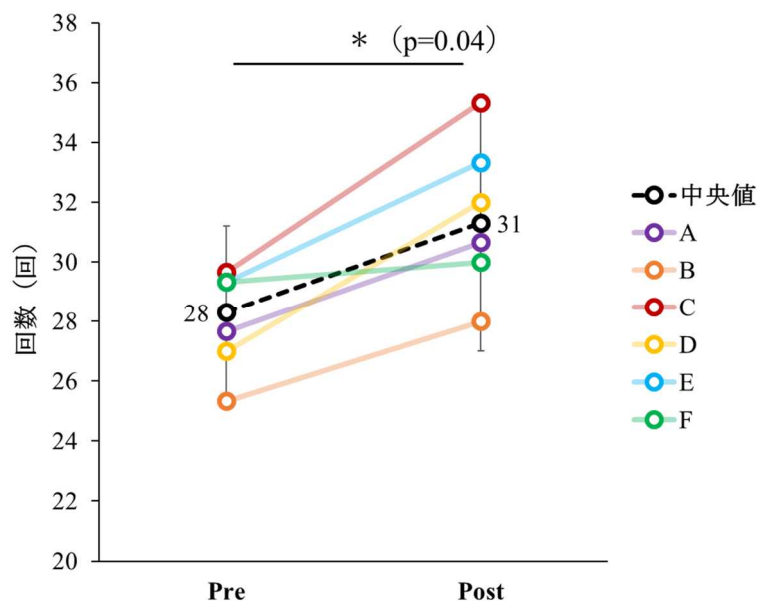


図 16. トレーニング前後でのスピード打ち込みテストの変化

IV. 考察

A. トレーニング量の変化

図 9 に示したように、本 CFT-J の遂行過程で、トレーニング量は 1 週目の 8819kg から 4 週目では 10855kg へと 23.1%増大を示し、その変化も有意であった。このことから、本トレーニングにより各種の体力が次第に改善していたことが窺える。

B. CFT-J が最大筋力に及ぼす効果

最大筋力の指標としたデッドリフトの 1RM は、絶対値および体重割の相対値ともに、トレーニング後に有意に向上した（図 10-a・b）。また個別にみた場合には、対象者全員が最小の価値ある変化（2.8kg）を超えて向上していた。

背筋力（図 11-a・b）では、E 選手のみ値が低下した影響で有意差はみられなかった。しかし、他の 5 名では向上しており、その変化も最小の価値ある変化（2.7kg）を超えていた

ことから、本トレーニングは最大筋力の向上にとって多くの対象者で有効と考えられた。

このような結果が得られた理由として、以下のような神経筋系の適応や筋肥大が起きた可能性が考えられる。Cannon and Marino の先行研究（2010）では、4週間の筋力トレーニングであっても主働筋の動員、発火頻度、放電のタイミングなど神経系の適応が起き、最大筋力が向上する可能性を報告している。また Abe et al.（2005）では、1週間という短期間でも筋肥大が起こることを報告している。本研究では、先行研究で行われたような生理学的な変量は測定していないため断定はできないが、最大筋力の改善に影響を与えた可能性も考えられた。

なお E 選手では、絶対値および体重割の相対値でみた背筋力が、トレーニング前後でそれぞれ 13.1%と 14.5%減少していた。E 選手に内省報告では、体調不良や測定中の違和感はなかったと述べていた。本研究では対象がアスリートであったため、日程上、当該選手の再測定を行うことができなかった。このためその要因については不明である。

C. CFT-J が下半身のパワーに及ぼす効果

図 12-a・b のように、絶対値および体重割の相対値でみた下半身パワーは有意に向上した。また個別にみても、対象者全員が最小の価値ある変化（絶対値：5.5W；相対値：0.2W/kg）を超えて向上していた。

CFT-J では下肢のパワーの向上を意図して、先行研究（Burns and Callan, 2017；Buško, 2015；Zaggelidis and Lazaridis, 2013）を参考に跳躍系種目であるジャンピングスクワットとジャンピングランジの 2 つを採用している。すなわち、本研究の対象者は週 2～3 回、CFT-J を通して 3～6 回の跳躍を平均 6.2 ± 1.2 セットほど、これらの種目を行っており、Davies et al.（2015）が推奨しているプライオメトリックストレージのガイドライン（頻度：週 2 回；回数：5～10 回；セット数：3～5 セット）と同程度の運動量をこなすことができていた。このことが下半身のパワーに正の影響を与えたと考えられた。

D. CFT-J が間欠的なペダリングパワーに及ぼす効果

図 13 に示すように、トレーニング後に間欠的なペダリングテストにおける総合的なパフォーマンス（10 セットの平均パワー）において有意な向上を示した。またセットごとの効果を検討したところ、1, 2, 3, 6, 9 セット目で有意な向上を確認できた。

山本と金久（1990）は、間欠的な全力ペダリングを反復した際の発揮パワーや総仕事量

について検討し、初期のパワーには無酸素性能力（最大無酸素性パワー）が、後期のパワーには有酸素性能力（最大酸素摂取量）が有意な相関を示すと報告している。また総仕事量に対しては有酸素性能力が相関を示すとしている。このことを考慮すると、本トレーニングによって無酸素性能力も有酸素性能力もともに改善していることが予想できる。柔道ではこの両能力が重要であることから、競技力の改善にも寄与する可能性が考えられる。

これらの能力が改善した理由については、以下のような可能性が考えられる。すなわち研究 1 で示したように、CFT-J は 6 分間以内に 5 つの運動種目を素早く、かつ多く繰り返すという目的を持って行うプロトコルである。そして、呼吸循環系に対しては $84.3 \pm 7.9\% \dot{V}O_2\max$ 、循環器系に対しては $76.3 \pm 4.1\%HRR$ 、代謝系（乳酸系）に対しては $10.1 \pm 4.0\text{mmol/L}$ と ACSM における呼吸循環系、循環器系に対する負荷の基準や佐藤ほか（2017）が示した血中乳酸値の範囲内では高強度に値する負荷を与えていた。また本研究ではトレーニングセッションを行う度に心拍数を記録したところ、トレーニング実施時の強度は $81.2 \pm 3.9\%HRR$ であり、心肺機能の向上が望める負荷を与えることができていた。このようなことから、有酸素性および無酸素性能力の向上が可能であったと考えられた。

E. CFT-J が上半身の筋持久力に及ぼす効果

図 14、図 15 に示したように、2 種類の上半身に関する筋持久力テストの結果はトレーニング後に有意に向上した。個人別にみても、対象者全員が最小の価値ある変化（腕立て伏せ：1.1 回；斜め懸垂：0.4 回）を超えて向上していた。このような向上が得られた理由として、以下のようなことが考えられる。

猪飼（1968）によると、筋疲労は、①筋自体で起こる場合、②神経筋接続部で起こる場合、③筋を支配している中枢神経系で起こる場合、の 3 つが考えられると述べている。また Hansen（1967）の筋持久力に関するトレーニング研究では、60%1RM の重量を 1 分間に 28 回挙上するトレーニングを 6 週間実施した結果、等速性肘屈曲の筋持久力において大きな向上（630%以上）が見られたことを報告している。そしてその要因について、神経系（末梢か中枢かについては記述なし）に加え、血管新生が起きた可能性があることを報告している。

本研究で実施した CFT-J は腕立て伏せや斜め懸垂は、Ebben et al. (2011), Ronai and Scibbek (2016) の文献を参考にすると、自体重の 64%（腕立て伏せ）と 69%（斜め懸垂）の負荷をかけることができていると考えられる。また、CFT-J はこれらの種目を 6 分間、できる

だけ多く繰り返すこととしていたため、トレーニング中の反復回数は Hansen の文献のように高回数になっていた。

以上のことを考えると、本研究で筋持久力が向上した理由としては Hansen の文献のように、末梢および中枢のどちらかの神経系の適応が起きた可能性や、血管新生が起きた可能性が推察される。ただし、本研究ではこれらの適応を測定しているわけではないため断定できず、今後の検討課題である。

F. CFT-J が柔道パフォーマンスに及ぼす効果

図 16 に示したように、スピード打ち込みテストではトレーニング後に有意な向上がみられた。個別にみた場合にも、対象者全員で最小の価値ある変化（0.32 回）を超えて向上していた。この要因については、前述の間欠的な全力ペダリングテストによって無酸素系および有酸素性の能力がともに向上したことに加え、最大筋力筋力、下肢のパワー、筋持久力などが向上したことが総合的に影響を与えたものと考えられる。

佐藤ほか（2018）の先行研究では、柔道男子選手 11 名を対象に、普段の柔道練習に加えて間欠的な全力ペダリング（5 秒運動・10 秒休息×10 セット）を用いてトレーニングを行っている。その結果、ペダリングの持久力が向上したことに加えて、スピード打ち込みテストも 38 ± 6 回から 41 ± 3 回へと 7.9% 向上し、その変化も有意であったと報告している。また各選手の内省報告でも、トレーニング後には練習や試合で持久力の改善を実感できたとしている。

本対象者にトレーニング後の様子について内省報告を尋ねてみると、練習時には全員が「最後まで粘れるようになった」「力強い相手に力負けしなくなった」「今までよりも動けるようになった」と述べていた。また本トレーニングの実施後に試合に出場した 3 名（A, B, F 選手）については、「試合の展開がゴールデンスコアになっても、体力に余力があった勝ち残ることができた」と述べていた。このような選手の内省報告や、前述の佐藤ほかの先行研究（2017; 2018）の報告も加味すると、CFT-J は柔道における特異的なパフォーマンスの向上の一助となる可能性が示唆される。

G. 本研究のリミテーションおよび現場での利用について

本研究では、対象者が現在活動中のアスリートであり、本トレーニングの実施がシーズン中の取り組みであったため、対照群を設けることができなかった。そこで、対照群がな

く少人数で行われるトレーニング研究において、その効果を評価するために用いられている最小の価値ある変化や、対応のあるウィルコクソンの符号付き順位検定から CFT-J の効果を検証しようと試みた。

その結果、4 週間の CFT-J の実施により、背筋力を除く全ての測定項目において有意な向上がみられるとともに、対象者全員が最小の価値ある変化を超える向上がみられた。背筋力については E 選手の値が低下していたために有意な変化はみられなかったが、E 選手以外の 5 名では最小の価値ある変化を超えて向上していた。

前述のように、本研究では対照群を設けていないことや、CFT-J を実施する以前の体力の変化様相との比較ができていないことから、本研究の結果のみから CFT-J が柔道競技者にとって最良の方法とは言えない。ただし、短期間（4 週間）および短時間（1 回あたり 6 分間で週に 3 回程度）で多くの能力が向上していることや、このようなタイプの先行研究も見当たらないことから、本知見は体力トレーニングに十分な時間を割けない競技現場に、体力向上を図る上で参考となる事例と考えられる。

なお筆者が本 CFT-J のトレーニングの実施に立ち会った経験から、CFT-J を実践現場で実施するにあたっては、以下のような注意が必要であると考えられた。すなわち、CFT-J は休息を挟まずに連続して各種目を実施するため、トレーニングの後半ではフォームが崩れやすく、怪我の要因となる可能性もある。したがって本トレーニングの実施にあたっては、特に筋力トレーニングの初心者に対して正しいトレーニングフォームを習得するための期間を設けないと怪我をするリスクがあることが考えられる。本対象者の場合は、本トレーニングに取り組む以前にレジスタンストレーニングを行っていたが、さらに約 2 週間の期間を CFT-J の習得に充てたために、トレーニング中には怪我などの問題は起こらなかった。他の選手が本 CFT-J を用いる場合にも同様な注意が必要と考えられる。

V. まとめ

柔道競技者には、有酸素系・無酸素両系が関わる全身持久力、上半身の最大筋力と筋持久力、下半身のパワーといった様々な身体能力が求められ、それらを総合的に改善することが必要である。しかし、これらの能力を別個に鍛えようとする、多くの時間を要する。そこで、これらの能力を 6 分という短時間で総合的に改善するために提案された、柔道競技者向けのクロスフィットトレーニングプロトコル（CFT-J）を、大学女子柔道選手 6 名を対象として週に 2～3 回の頻度で 1 ヶ月間実施した。

その効果について7項目のテストにより検討した結果、背筋力を除く6項目（デッドリフットの1RM、脚伸展パワー、間欠的な全力ペダリングテスト、腕立て伏せ、斜め懸垂、30秒間のスピード打ち込み）で有意な改善が見られた。またこれらの6項目では、全対象者で最小の価値ある変化を超えるような改善が見られた。加えて、本トレーニング後に試合に出場した3名からは、競技力の改善を実感したとの内省報告を得た。本研究では対照群を設けることはできなかったが、これらの結果を考察した結果、本CFT-Jは柔道競技者にとって短時間で実行できる有用なトレーニングの選択肢の一つになり得ると考えられた。

III. 総括論議

1. 本研究で得られた主要知見についての考察

かつての柔道の指導現場では、柔道の練習そのものを行う中で、体力と技術のトレーニングを並行して行うことがほとんどであった (Callister et al. 1990)。しかしスポーツ科学の進歩とともに、柔道競技における生理応答や、必要とされる身体的能力が明らかになり (表 1-a・b・c; 表 2-a・b・c)、柔道の指導現場でも、柔道練習に加えて補助トレーニングを導入して体力トレーニングに取り組むようになった (Amtmann, 2005)。

しかし、柔道競技に求められる体力要素は多様であり、これらの能力を総合的に向上させようとする、体力トレーニングに費やす時間が長くなり、技術練習に振り向ける時間が十分に確保できにくくなるという問題点が生じ、現在でもこの問題は解決されていない。そこで本研究では、これらの能力をより短時間で向上させうる手法として CFT に着目し、柔道競技で必要とされる身体能力を、6 分間という短時間で効果的に高めるための CFT-J プロトコルを考案することを試みた。

研究 1 では、筆者が考案した CFT-J プロトコルの生理学的特性を明らかにするために、CFT-J の種目を個別にオールアウト (AO) まで行う条件とレジスタンストレーニング (RT) の様式で行う条件を比較した。その結果、CFT-J は 3 条件の中で、総挙上重量、単位時間当たりの挙上重量が最も高かった。さらに、CFT-J は有酸素および無酸素系 (乳酸系) への代謝に対しても、それらの能力を改善しうるような高い負荷をかけられることも明らかとなった。筋系に対しても、各運動課題が強化を狙いとしている主働筋に対して、筋力向上を望める一定水準の負荷 (>40%MVC) をかけることができていた。以上を考察した結果、本研究で考案した CFT-J のプロトコルは、柔道競技者の補助トレーニングとして有用な選択肢となる可能性が示唆された。

研究 2 では研究 1 の結果を受けて、大学女子柔道選手 6 名を対象に 4 週間の CFT-J プロトコルのトレーニング介入を実施した。その結果、背筋力を除き、最大筋力 (デッドリフトの 1RM)、下半身の筋パワー (脚伸展パワーテスト)、持久力 (間欠的な全力ペダリングテスト)、上半身の筋持久力 (腕立て伏せ、斜め懸垂)、柔道競技のパフォーマンス (スピード打ち込みテスト) の 6 種目のテストで有意な改善が見られた (項目により 7~34%)。また本トレーニング後に実際の試合に出場した選手からはいずれも、トレーニング効果を実感する内省報告が得られた。

本研究では対照群を設けることはできなかったが、短期間の CFT-J を実施することでほとんどの選手が体力を総合的に向上することができ、柔道競技者にとって、短時間で実行

できるトレーニングの選択肢の一つになり得ると考えられた。

2. 柔道の競技現場における CFT-J プロトコルの実施方法の提案

本研究で考案した CFT-J プロトコルは、6 分間という極めて短い時間で、柔道競技に必要な能力の多くを改善しうることが示唆された。以下、本プロトコルを実際の現場でトレーニングとして活用するための考え方や、その留意点などについて考察を加える。

本 CFT-J プロトコルは、柔道競技の一般的な特性を想定して考案・作成したものである。しかし柔道では、各階級で競技特性が少しずつ異なることや、同じ階級でも個々の選手に独自の個性（得意技など）や長短所があることから、これらの個別性に配慮することも必要である。

たとえば曾我部ほか（2011）は、階級の違いが試合の延長時間に影響を及ぼすことを報告している。この報告によると、軽量および中量級では試合時間が 4 分以上となる確率が高く、有・無酸素性能力が高い者ほど有利であると考えられている。一方で、重量級では試合時間が延長になる確率が低いことから、筋力や瞬発力の能力が高いほど有利であると考えられている。

このような点を考慮すると、軽量級や中量級の選手では、有酸素性能力の改善により重点を置いてトレーニングするために、CFT-J の実施時間を 6 分間以上に延長させることも想定してよいかもしれない。一方で重量級選手の場合では、試合時間が軽量級や中量級よりも短い傾向があることや、より高いパワー発揮が要求されるという特性を考慮して、CFT-J の時間を 6 分間以下に設定したり、デッドリフトの負荷をより増加させたりすることで、さらに効果の高いトレーニングができる可能性がある。

また研究 2 の結果からは、選手個人の長短所や得意技の特徴を考慮する必要性も考えられた。例えば C 選手の得意技は裏投げである。裏投げの実践には、股関節伸展動作が必要である。C 選手は CFT-J プロトコルを通して、背筋力、脚伸展パワー、腕立て伏せ、スピード打ち込みテストは顕著に向上していたが（項目により 14～38%）、デッドリフトの伸び率は小さかった（絶対値：7.7%；体重割の相対値：2.5%）。したがって、C 選手のような裏投げを得意技としている選手には、股関節伸展動作をより強化するためにデッドリフトの負荷を増加したり（>70%1RM）、オリンピックウエイトリフティングの種目（クリーンやスナッチ）などを CFT-J の実施種目に加えることで、トレーニング効果をより高められる可能性も考えられた。

また E 選手の得意技は袖釣り込み腰である。袖釣り込み腰の実践には、より強い引き付けるの動作を実施するための筋力が必要となる。E 選手は CFT-J を通して、デッドリフト、脚伸展パワー、腕立て伏せ、間欠的なペダリング運動において顕著な改善は見られたが（項目により 9~18%）、斜め懸垂は最小の価値ある変化を満たしていたものの、他の項目に比べて改善が少なかった（7%）。このような選手では、引き付ける動作に関連しているの広背筋および上腕二頭筋を強化するために、斜め懸垂の回数を増やし、代わりにデッドリフトの負荷を減少させるなど、引き付け動作の筋力を強化する種目（ベントオーバーロウなど）をより強調することで、トレーニング効果を高められる可能性が考えられる。

以上のように、選手の特성에応じて、本研究で考案した基本の CFT-J プロトコルの種目、負荷重量、時間などを適宜テイラーメイドにアレンジすることで、より効果的なトレーニングになる可能性が示唆される。ただし本研究では、このような部分についての検討は行っていないことから、今後の研究課題としたい。

なお研究 2 の考察でも述べたように、CFT-J は負荷の高い各種の運動を、休息を挟まずに連続して実施するため、トレーニングの後半ではフォームが崩れやすく、怪我の要因ともなる可能性もある。したがって CFT-J の実施にあたっては、CFT の専門家などの指導により、正しいトレーニングフォームを習得するための期間を設けることが不可欠である。対象者のトレーニング状況によっても異なるものの、一般的には 2 週間程度の期間をこれに充てる必要があると考えられる。

IV. 結論

本研究では、柔道競技者に求められる有酸素性能力、無酸素性能力、上半身の最大筋力と筋持久力、下半身のパワーといった様々な身体能力を、短時間で総合的に改善することを目的として、柔道競技の特性を考慮したサーキットウエイトトレーニング「クロスフィット形式」プロトコル（CFT-J）を考案し、その有用性について検討した。

研究1では、柔道競技を想定した6分間で実施可能なCFT-Jプロトコルを考案し、大学女子柔道選手7名を対象としてその生理的特徴を明らかにした。その結果、CFT-Jは呼吸循環系、循環器系、代謝系、筋系への負荷がいずれも、それらの能力を改善しうる水準に達していることを明らかにした。

研究2では、大学女子柔道選手6名を対象に、研究1で考案したCFT-Jプロトコルを用いて、週に2～3回の頻度で、1ヶ月のトレーニングを実施した。その結果、上半身の最大筋力、下半身の筋パワー、全身持久力、上半身の筋持久力、柔道動作のパフォーマンステストなど7項目のうち、背筋力を除く6項目で有意な向上が認められた（向上率は7～34%）。また、本トレーニング後に柔道試合に出場した3名からは、柔道の競技力が向上した実感があったとの内省報告を得た。

研究1および研究2の考察から、本CFT-Jプロトコルは柔道競技者にとって、短時間で実施できる有用なトレーニングの選択肢になり得ると考えられた。なお、本CFT-Jプロトコルは柔道競技の一般的な特性を想定して作成したが、階級による競技特性の違いや、同じ階級でも個々の選手の得意技や長短所などに応じ、実施種目、負荷、回数などを適宜アレンジすることで、各選手の個別性に合わせたテイラーメイド型のCFT-Jプロトコル作成が可能であることも示唆された。

V. 謝辭

本論文の作成にあたり、たくさんの方々にお世話になりました。来日してから、指導教員である鹿屋体育大学の山本正嘉教授に研究のあり方を学び、自分の研究はどういう可能性、どんなふうにスポーツ科学の世界に役に立つのかについて教わり、自分の考えを理解しやすく表す方法沢山教えてくださいました。心より感謝しております。

また、鹿屋体育大学の藤田英二准教授、高井洋平准教授には副指導教員として、トレーニング科学、測定方法、運動処方について学ばせて頂き、有益な助言を頂いたおかげで本論文の内容を改善することができました。心より感謝いたします。

本論文の実験実施、執筆に際して共同研究者の森寿仁さん、小原侑己さん、山口大貴さんに深く感謝申し上げます。ご迷惑をおかけしたにもかかわらず、ご協力していただいたおかげで本論文を完成することができました。

ご協力して下さった鹿屋体育大学柔道部の中村勇監督には、本学の選手を預らせて頂き、誠にありがとうございました。そして、鹿屋体育大学柔道部の皆様にデータの収集、トレーニングの指導をさせていただき、心より感謝いたします。

来日して以来、5年間の間お世話になった山本研究室の皆様、特に院生の同級生の田中耕作さん、松永修司さんには激しいディスカッションをしていただき、意見交換をしてくださったおかげで成長することができました。誠にありがとうございました。

VI. 参考文献

- Abe, T., Yasuda, T., Sato, Y., Kearns, C.F., Inoue, K., Koizumi, and K., Ishii, N. (2005) Skeletal muscle size and circulating IGF-1 are increased after two weeks of twice daily katsu resistance training. *Int J Kaatsu Training Res.* 1: 6-12.
- Almansba, R., Franchini, E., and Sterkowicz, S. (2007) An uchikomi with load, a physiological approach of new special judo test proposal. *Sci Sports.* 22: 216-23.
- Amtmann, J.A., Cotton, A. (2005) Strength and conditioning for judo. *Strength Cond J.* 27: 26-31.
- Andersen, L.L., Magnusson, S.P., Nielsen, M., Haleem, J., Poulsen, K., and Aagaard, P. (2006) Neuromuscular activation in conventional therapeutic exercises and heavy resistance exercises: implications for rehabilitation. *Phys Ther.* 5: 683-697.
- Arazi, H., Asadi, A., Rahimzadeh, M., and Moradkhani, A. (2013) Post-plyometric exercise hypotension and heart rate in normotensive individuals: influence of exercise intensity. *Asian J Sports Med.* 4: 235-240.
- Boguszewski, D. (2011) Defensive actions of world top judoists. *J Hum Kinet.* 27: 113-123.
- Bonato M., Rampichini, S., Ferrara, M., Benedini, S., Sbriccoli, P., Merati, G., Franchini, E., and La Torre, A. (2015) Aerobic training program for the enhancements of HR and VO₂ off-kinetics in elite judo athletes. *J Sports Med Phys Fitness.* 55: 1277-1284.
- Bonitch-Góngora, J.G., Bonitch-Domínguez, J.G., Padial, P., and Feriche, B. (2012) The effect of lactate concentration on the handgrip strength during judo bouts. *J Strength Cond Res.* 26: 1863-1871.
- Boras, A.P., Herrera, J., and Ponseti, F.J. (2017) Effects of CrossFit lessons in physical education on the aerobic capacity of young students. *J Phys Act Health.* 6: 5-11.
- Branco, B.H.M., Massuça, L.M., Andreato, L.V., Marinho, B.F., Miarka, B., Monteiro, L., and Franchini, E. (2013) Association between the rating of perceived exertion, heart rate and blood lactate in successive judo fights (randori). *Asian J Sports Med.* 4: 125-130.
- Burns, A., and Callan, M. (2017) *Strength and conditioning for judo.* The Crowood Press. pp. 15-18.
- Buško, K. (2015) Jumping abilities and power-velocity relationship in judo athletes: comparative analysis among age categories. *Human Movement.* 16: 78-82.
- Callister, R., Callister, R.J., and Dudley, G.A. (1990) Physiological and performance responses

to overtraining in elite judo athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 22: 816-824.

- Camargo, M.D., Stein, R., Ribeiro, J.P., Schwartzman, P.R., Rizzatti, M.O., and Schaan, B.D. (2007) Circuit weight training and cardiac morphology: A trial with magnetic resonance imaging. *Br J Sports Med.* 42: 141-145.
- Cannon, J., and Marino, F.E. (2010) Early-phase neuromuscular adaptations to high and low-volume resistance training in untrained young and older women. *J Sports Sci.* 1505-1514.
- フダラキスイオアニスヨルギオス, 小原侑己, 山口大貴, 小山田和行, 山本正嘉 (2020) 柔道競技を想定したサーキットウエイトトレーニング「クロスフィット形式」プロトコルにおける運動時の生理応答. 鹿屋体育大学学術研究紀要. 57 : 83-94.
- フダラキスイオアニスヨルギオス, 森寿仁, 藤田英二, 山本正嘉 (2020) 心拍数, 血中乳酸, 筋活動水準からみた2タイプのクロスフィットトレーニングの運動強度の特性: レジスタンストレーニングおよびサーキットトレーニングとの比較から. スポーツパフォーマンス研究. 12 : 321-340.
- Chtara, M., Chamari, K., Chaouachi, M., Chaouachi, A., Koubaa, D., Feki, Y., Millet, G.P., and Amri, M. (2005) Effects of intra-session concurrent endurance and strength training sequence on aerobic performance and capacity. *Br J Sports Med.* 39: 555-560.
- Davies, G., Riemann, B.I., and Manske, R. (2015) Current concepts of plyometric exercise. *Int J Sports Phys.* 10: 760-782.
- Deggoute, F., Jouanel, P., and Filaire, E. (2003) Energy demands during a judo match and recovery. *Br J Sports Med.* 37: 245-249.
- Del Vecchio, F.B., Coswig, V.S., Farias, C.B., Dimare, M., and Miarka, B. (2018) Technical-tactical, physiological and neuromuscular effects of opponent number in simulated judo combats: a pilot study. *J Phys Educ Sport.* 18: 1583-1591.
- Deminice, R., Sicchieri, T., Mialich, M.S., Milani, F., Ovidio, P.P., and Jordao, A.A. (2011) Oxidative stress biomarker responses to an acute session on hypertrophy-resistance traditional interval training and circuit training. *J Strength Cond Res.* 25: 798-804.
- Detanico, D., Dal Pupo, J., Franchini, E., and Dos Santos, S.G. (2012) Relationship of aerobic and neuromuscular indexes with specifications in judo. *Sci Sports.* 27: 16-22.
- Detanico, D., Arins, F.B., Pupo, J.D., Dos Santos, S.D. (2015) Strength parameters in judo athletes: An approach using hand dominance and weight categories. *Human Movement.* 13: 330-

336.

- Drid, P., Maksimovic, N., Matic, R., Obradovic, B., Milosevic, Z., and Ostojic, S.M. (2009) Fitness profiles of elite female judokas of the Serbian national team. *Med Sport*. 62: 251-263.
- Eather N., Morgan P.J. and Lubans D.R. (2016) Improving health-related fitness in adolescents; the CrossFit Teens™ randomized controlled trial. *J Sports Sci*. 34: 209-223.
- Ebben, P.W., Wurm, B., VanderZanden, T.L., Spadavecchia, M.L., Durocher, J.J., Bickham, C., and Petushek, E.J. (2011) Kinetic analysis of several variations of push-ups. *J Strength Cond Res*. 25: 2891-2894.
- Escobar, K.A., Morales, J., and Vandusseldorp, T.A. (2017) Metabolic profile of a CrossFit training bout. *J Hum Sport Exerc*. 4: 1248-1255.
- Fernández, J.F., Sabido-Solana, R., Moya, D., Sarabia, J.M., and Moya, M. (2015) Acute physiological responses during CrossFit workouts. *Hum Mov Sci*. 35: 114-124.
- Franchini, E., Takito, M.Y., Nakamura, F.Y., Matsushigue, K.A., and Peduti, M.A. (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*. 43:424-431.
- Franchini, E., Takito, M.Y., Kiss, M.A.P.D.M., and Sterkowicz, S. (2005) Physical fitness and anthropometrical differences between elite and non-elite judo players. *Biol Sport*. 22: 315-328.
- Franchini, E., Miarka, B., Matheus, L., and Del Vecchio, F.B. (2011) Endurance in judogi grip strength tests: Comparison between elite and non-elite judo players. *Arch Budo*. 7: 1-4.
- Franchini, E., Matsushigue, K.A., Del Vecchio, F.B., and Artioli, G.G. (2011) Physiological profiles of elite judo athletes. *Sports Med*. 41: 147-166.
- Franchini, E, Artioli, G.G., and Brito, C.J. (2013) Judo combat: Time-motion analysis and physiology. *Int J Perf Anal Spor*. 13: 624-641.
- 福見有子 (2017) 女子軽量級一流柔道選手の背負投の筋電図分析: けんか四つの場合. 講道館柔道科学研究会紀要. 16 : 85-93.
- Garber, C.E., Blissmer, B., Deschenes, M.R., Franklin, B.A., Lamonte, M.J., Lee, I.M., Nieman, D.C., and Swain, D.P. (2011) American College of Sports Medicine Position Stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 43: 1334-1359.

- Gettman, LR., and Pollock, M.L. (1981) Circuit weight training: A critical review of its physiological benefits. *Phys Sportsmed.* 9: 44-60.
- Gibala, M.J., and McGee, S.L. (2008) Metabolic adaptations to short-term high-intensity interval training: a little pain for a lot of gain. *Exerc Sport Sci Rev.* 36: 58-63.
- Glassman, G. (2002) What is fitness. *CrossFit J.* 10: 1-11.
- Golding, L. (2000) *YMCA Fitness Testing and Assessment Manual*, 4th Edition. Champaign, Illinois: Human Kinetics.
- Haennel, R., Teo, K.K., and Quinney, A. (1989) Effects of hydraulic circuit training on cardiovascular function. *Med Sci Sports Exerc.* 21: 605–612.
- Haff, G.G., and Triplett, N.T. (2016) *Essentials of strength training and conditioning (NSCA)*. 4th edition. pp. 87-88, 260, 276.
- Hansen, J. (1967) Effect of dynamic training on the isometric endurance of the elbow flexors. *Int. Z. Angew Physiol.* 23 367-370.
- 芳賀脩光・浅見高明・小野沢弘史（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* 7-2 : 27-33.
- Hopkins, W. (2004) How to interpret changes in an athletic performance test. *Sportscience.* 88: 1-7.
- 猪飼道夫 (1968) 筋疲労の生理学. *リハビリテーション医学.* 5 : 157-164.
- 金子公宥, 岩田勝, 富岡理 (1973) 柔道練習中の酸素摂取量と心拍数. *柔道.* 44 : 54-60.
- Kliszczewicz, B., Quindry, C.J., Blessing, L.D., Oliver, D.G., Esco, R.M., and Taylor, J.K. (2015) Acute exercise and oxidative stress: CrossFit vs. treadmill bout. *J Hum Kinet.* 47: 81-90.
- Kons, R.L., Franchini, E., and Detanico, D. (2018) Relationship between physical fitness, attacks and effectiveness in short and long-duration judo matches. *Int J Perf Anal Spor.* 00: 1-13.
- 小菅亨・岡田隆・増田敦子・石井孝法・山田利彦・金丸雄介・菅波盛雄（2015）柔道競技者におけるロープトレーニングの生理学的反応. *了徳寺大学研究紀要.* 9 : 183-191.
- Laskowski, R., Kujach, S., Smaruj, M., Grzywacz, T., Łuszczuk, M., Marek, A., and Ziemann, E. (2012) Lactate concentration during one-day male judo competition: A case study. *Arch Budo.* 8: 51-57.
- Lech, G., Pałka, T., Sterkowicz, S., Tyka, A., and Krawczyk, R. (2010) Effect of physical capacity on the course of fight and level of sports performance in cadet judokas. *Arch Budo.* 6:

123-128.

- Marx, J.O., Ratamess, N.A., Nindl, B.C., Gotshalk, L.A., Volek, J.S., Dohl, K., Bush, J.A., Gómez, A.L., Mazzetti, S.A., Fleck, S.J., Häkkinen, K., Newton, R.U., and Kraemer, W.J. (2001) Low-volume circuit versus high-volume periodized resistance training in women. *Med Sci Sports Exerc.* 33: 635-643.
- Maté-Muñoz, J.L., Lougedo, J.H., Barba, M., Cañuelo-Márquez, A.M., Guodemar-Pérez, J., Garcia-Fernández, P., Lozano-Estevan, M.C., Alonso-Melero, R., Sánchez-Calabuig, M.A., Ruiz-López, M., Jesús, F., and Garnacho-Castaño, M.V. (2018) Cardiometabolic and muscular fatigue responses to different CrossFit® workouts. *J Sports Sci Med.* 17: 668-679.
- 増地克之, 町田正直, 松井崇, 薬師寺巨久, 金野潤, 小山勝弘, 岡田弘隆, 金丸雄介, 小俣幸嗣, 武政徹 (2009) 柔道における持久力および筋力トレーニングとしての打ち込みの効果: 運動生理・生化学的観点からの検討. *武道科学研究.* 42 : 1-9.
- 宮下充正 (1986) 一般人・スポーツ選手のための体力診断システム. ソニー企業株式会社. 東京. pp. 64-65.
- Muñoz-Martinez, F.A., Rubio-Arias, J.A., Ramos-Campo, D.J., and Alcaraz, P.E. (2017) Effectiveness of resistance-based circuit training for maximum oxygen uptake and upper-body one-repetition maximum improvements: A systematic review and meta-analysis. *J Sports Med* 47: 2553-2568.
- 小原史朗 (2004) 各種運動の最大負荷算出に係る体力測定に関して. *愛知工業大学報告.* 39 : 79-87.
- 大石康晴, 岩田浩明 (2010) 連続打ち込み練習後のアクティブレストが柔道選手の血中乳酸値の変動に及ぼす影響. *熊本大学教育学部紀要.* 59 : 99-103.
- 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.
- 小澤雄二・成松英雄・小郷克敏・錦井利臣 (1994) 生理的変動から見た柔道練習の運動強度. *熊本大学教育学部紀要. 自然科学.* 43 : 63-69.
- Özbay, S., Akbulut, T., and Cinar, V. (2019) CrossFit trainings as an alternative approach to prevent the performance loss during the rest of the end of season in elite wrestlers. *Hum Sport Med.* 19: 51-57.

- Pałka, T., Lech, G., Tyka, A., Tyka, A., Sterkowicz-Przybycień, S., Cebula, A., and Stawiarska, A. (2013) Differences in the level of anaerobic and aerobic components of physical capacity in judoists at different age. *Arch Budo*. 9: 195-203.
- Rhea, M.R., Phillips, W.T., Burkett, L.N., Stone, W.J., Ball, S.D., Alvar, B.A., and Thomas, A.B. (2003) A comparison of linear and daily undulating periodization programs with equated volume and intensity for local muscular endurance. *J Strength Cond Res*. 17: 82-87.
- Ronai, P., and Scibek, E. (2016) The suspension inverted row. *NSCA*. 38: 106-112.
- Rutherford, O.M., and Jones, D.A. (1986) The role of learning and coordination in strength training. *Eur J Appl Physiol*. 55: 100-115.
- 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.
- 佐藤雄太, 森寿仁, 小山田和行, 藤田英二, 山本正嘉（2018）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なとされる持久力を向上させる, *スポーツパフォーマンス研究*. 10 : 175-187.
- Sbriccoli, P., Bazzucchi, I., Di Mario, A., Marzattinocci, G., and Felici, F. (2007) Assessment of maximal cardiorespiratory performance and muscle power in the Italian Olympic judoka. *J Strength Cond Res*. 21: 738-744.
- 下野俊哉（2004）表面筋電マニュアル. 基礎編. 第5章. 酒田医療, 東京. pp. 82-107.
- 宍戸清恵（2010）柔道の試合中の運動強度：ゴールドেনスコアを含めた試合の検討. 早稲田大学卒業論文.
- Serrano-Huete, V., Latorre-Román, P.A., Garcia-Pinillos, F., Losa, J.A, Castillo, R.M., and Párrage-Montilla, J.A. (2016) Acute effect of a judo contest on muscular performance parameters and physiological response. *Int J Kinesiol Sports Sci*. 4: 24-31.
- Sertić, H., Sterkowicz, S., and Vuleta, D. (2009) Influence of latent motor abilities on performance in judo. *Kinesiology*. 41: 76-87.
- Skidmore, B.L., Jones, M.T., Blegen, M., and Matthews, T.D. (2012) Acute effects of three different circuit weight training protocols on blood lactate, heart rate, and rating of perceived exertion in recreationally active women. *J Sport Sci Med*. 11: 660-668.
- 曾我部晋哉, 有賀誠, 日陰暢年, 松岡義之, 出口達也, 酒井英幸, 岡泉茂, 田辺勝, 園田

- 隆二, 長井敦子, 徳野和彦, 阿武敦子, 林弘典 (2009) ゴールデンスコアで戦える体へ-
2008 北京オリンピックに向けた女子柔道の取り組み. 柔道科学研究. 14 : 1-6.
- 曾我部晋哉, 前原淳, 山崎俊輔 (2011) 試合時間から分析した柔道の競技特性. 講道館柔道科学研究会紀要. 13 : 107-115.
 - Stavrinou, P.S., Argyrou, M., and Hadjicharalambous, M. (2016) Physiological and metabolic responses during a simulated judo competition among cadet athletes. *Int J Perf Anal Spor.* 16: 848-859.
 - Sterkowicz, S., Lech, G., Sterkowicz-Przybycien, K., Chwała, W., Ambrozy, T., and Palka, T. (2018) Relationship of maximal isometric torque produced in flexors and extensors rate to technique by judo athletes. *Acta Bioeng Biomech* 20: 65-71.
 - 高橋宗良, 岩原文彦, 斉藤仁, 森脇保彦, 山内直人, 下川哲徳, 松本高明 (1999) 一流男子柔道選手の乱取り練習の運動強度. THE ANNUAL REPORTS OF HEALTH, PHYSICAL EDUCATION AND SPORTS SCIENCE. 18 : 93-101.
 - Tanaka H., Monahan K.D., and Seals D.R. (2001) Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol.* 37: 153-156.
 - Thomas, S.G., Cox, M.H., Legal, Y.M., Verde, T.J., and Smith H.K. (1989) Physiological profile of the Canadian national judo team. *Can J Spt Sci.* 14:142-147.
 - Tsaklis, P., Malliaropoulos, N., Mendiguchia, J., Korakakis, V., Tsapralis, K., Pyne, D., and Malliaras, P. (2015) Muscle and intensity-based hamstring exercise classification in elite female track and field athletes: implications for exercise selection during rehabilitation. *Open Access J Sports Med.* 6: 209-217.
 - 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. *Jpn J Sports Sci.* 9 : 526-530.
 - 山本正嘉, 山本利春, 湯田一弘, 安ヶ平浩, 前河洋一, 岩壁達男, 金久博昭 (1995) 自転車エルゴメーターの間欠的な全力運動時の発揮パワーによる無酸素性. 有酸素性作業能力の間接評価テスト. *トレーニング科学.* 7 : 37-44.
 - Yoshida T., Suda Y., and Takeuchi N. (1982) Endurance training regimen based upon blood lactate; Effects on anaerobic threshold. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 49: 223-230.
 - Yoshida T. (1984) Effect of exercise duration during incremental exercise on the determination of anaerobic threshold and the onset of blood lactate accumulation. *Eur J Appl Physiol.* 53: 196-

199.

- Yüksel, O. (2019) Effect of CrossFit training on jump and strength. J Educ Train Stud. 7: 121-124.