

柔道競技者とレジスタンストレーニング実施者における 上肢・下肢無酸素性持久運動の呼気ガス分析及び筋量の関係と比較

小菅 亨¹⁾, 増田 敦子²⁾, 山田 利彦³⁾, 金丸 雄介³⁾, 岡田 隆¹⁾, 石井 孝法⁴⁾

了徳寺大学・健康科学部整復医療・トレーナー学科¹⁾

了徳寺大学・健康科学部医学教育センター²⁾

了徳寺大学・教養教育センター³⁾

了徳寺学園⁴⁾

要旨

柔道競技は競技終盤に近付くと上肢が疲労困憊となるため、競技成績の向上には上肢の無酸素性持久力の強化が重要である。そこで柔道競技者における上肢の無酸素性持久力の評価の知見を得るために、柔道部男子7名とトレーニング部男子7名を対象に上肢・下肢運動を2-3分で疲労困憊になるような固定強度で負荷し、VO₂, VCO₂, HR, RQを経時的に測定した。

上肢運動のHRmax, 下肢運動のVCO₂maxにおいて柔道部はトレーニング部より有意に低かった。その他の項目について有意差はなかった。したがって、柔道部は上肢の無酸素性運動においてトレーニング部より少ない心拍数で運動を行うことができる酸素運搬能力が高いということと、下肢の運動においては無酸素性運動でありながら、トレーニング部より有酸素能力が優れていることが分かった。しかし、この結果からでは、上肢の無酸素性持久力の評価方法を明らかにするには至らなかった。今後、本研究で得られた結果をふまえて、柔道競技者における上肢の無酸素性持久力の評価方法をさらに検討していく必要がある。

キーワード：柔道, 上肢運動, ローイングエルゴメータ, 呼気ガス分析

Relationship and Comparison of Expiration Gas Analysis and Quantity of Muscle of Upper Limbs and Lower Limbs in Judo Contentant and Resistance Training Practitioner

Toru Kosuge¹⁾, Atsuko Masuda²⁾, Toshihiko Yamada³⁾, Yusuke Kanamaru³⁾, Takashi Okada¹⁾, Takanori Ishii⁴⁾

Department of Judotherapy and Sports Medicine, Faculty of Health Sciences, Ryotokuji University¹⁾

Center of Medical Education, Faculty of Health Sciences, Ryotokuji University²⁾

Center of Liberal Art Education, Ryotokuji University³⁾

Ryotokuji Medical College⁴⁾

Abstract

To improve competitive abilities in judo, it's important to strengthen anaerobic endurance of the upper limbs. because the muscles of the arm becomes exhausted as competition continues. So, in order to evaluate anaerobic stamina in the upper and lower limbs exercise in judo athlete, first we imposed load at a fixed strength to the extent that upper limbs and lower limbs were fatigued in 2 -3 minutes, and after that we measured

VO₂, VCO₂, HR and RQ overtime. The subjects were the judo athletes the university judo club and the resistance training club students.

The values of HRmax of upper limb exercise and VCO₂max of lower limb exercise were significantly lower in the judo students than in the training club students. There was no significant difference in other items. Therefore, it can be said that in anaerobic exercises of the upper limbs the judo students have higher oxygen carrying capacity in that they are capable of performing the exercise at lower heart rates than the training students, and that they have higher aerobic capacity even in lower limb anaerobic exercises. However, from these result, we cannot prove the importance of anaerobic endurance in upper-limbs. Based on the results of the present study, we have to try to find a more conclusive evaluation method of anaerobic endurance in judo athletes.

Keywords : Judo, Upper limbs exercise, Rowing ergometer, Analysis of expired gas

I. はじめに

柔道競技では、競技終盤に近付くと道着が掴めないほど、上肢が疲労困憊に陥る事が往々にしてある。これまで、全身持久力の指標としては下肢運動（自転車エルゴメータ）での測定が一般的であり、柔道競技者においても下肢運動で全身持久力を測定していた。最大酸素摂取量と下肢筋量の関係を検討した研究¹⁾では、下肢末梢筋量と最大酸素摂取量は相関があると報告している。また、荒金ら²⁾の研究では上肢最大運動時と下肢最大運動時における心拍数、酸素摂取量の関係は常に上肢運動のほうが低値にあるとの報告がある。しかし、先行研究では柔道競技者における上肢無酸素性持久力の研究は行われていない。上肢の無酸素性持久力の向上を目指したトレーニングプロトコルが開発されれば競技成績も上がると考える。しかし、それを作成する為には上肢の無酸素性持久力を適切に評価する必要がある。

ところで、柔道部は最大酸素摂取量の増加を意図した競技力向上を目的として、トレーニング部は最大酸素摂取量の増加を期待せず、筋肥大だけを目的としてトレーニングしている。そこで、本研究の目的は柔道競技者とトレーニング部の上肢・下肢筋量および上肢を主とした運動（以下、上肢運動）、下肢を主とした運動（以下、下肢運動）における最大酸素摂取量・二酸化炭素排出量・心拍数を測定・比較し、柔道競技者における上肢の無酸素性持久力を適切に評価する知見を得ることである。

II. 対象と方法

4年制大学の柔道部男子7名（平均値±標準偏差，年齢20±2歳，体重71.5±5.5kg）と4年制大学のレジスタンストレーニングを週3回以上行っているトレーニング部男子7名（年齢21±3歳，体重73±9.5kg）を被験者とした。（両部から同じ体格の選手を各7人ずつランダムに選定し，書面で同意を得た。平成25年度了徳寺大学生命倫理委員会の承認を得て実施した。承認番号：2536）。上肢運動にはローイングエルゴメータ（ローイングエルゴメータモデルE，CONCEPT2，日本）を，下肢運動には自転車エルゴメータ（エアロバイク75XL II，コンビウエルネス，日本）を用いた。それぞれの運動を2-3分で疲労困憊になるように固定強度で負荷した。ローイングエルゴメータを用いた測定では，なるべく下肢運動を使用しないように膝関節伸展位に固定し，体幹及び股関節の運動も使用しないよう指示した（図1）。酸素摂取量（VO₂； ml/min），二酸化炭素排出量（VCO₂； ml/min），呼吸交換比（RQ）をエアロモニタ（AE300S，ミナト医科学，日本）で，心拍数（HR； b/min）を心拍計（M5 All Black Pack，SUUNTO，日本）により継続的にモニタリングし，

30秒ごとに平均値を算出した。筋量は身体組成計測器（ITO In Body 370，伊藤超短波，日本）を用いて生体インピーダンス法により測定した。（データ収集期間：2013年5月1日－10月31日）



図1. A



図1. B



図1. C

図1. ローイングエルゴメータ測定スタート (A). ローイングエルゴメータ測定フィニッシュ (B). 膝関節伸展位 (C) 柔道部とトレーニング部は対応ありのt検定を用いて比較し，統計的有意水準は5%とした。

Ⅲ. 結果

表1に柔道部とトレーニング部の筋量を示す。上肢筋は両部で有意差がなく，下肢筋は柔道部よりトレーニング部のほうが多かったが，両部に有意差は見られなかった。

表2に柔道部とトレーニング部の上肢運動における VO_2max ・ VCO_2max ・ $HRmax$ を示す。 VO_2max は柔道部のほうがトレーニング部より多かったが，有意差は見られなかった。 VCO_2max はトレーニング部のほうが柔道部より多かったが，有意差が見られなかった。 $HRmax$ に関しては柔道部のほうがトレーニング部より低く，有意差が見られた。

表3に柔道部とトレーニング部の下肢運動における VO_2max ・ VCO_2max ・ $HRmax$ を示す。 VO_2max は柔道部のほうがトレーニング部より多かったが，有意差は見られなかった。 $HRmax$ は柔道部のほうがトレーニング部より低かったが，有意差は見られなかった。 VCO_2max に関しては柔道部のほうがトレーニング部より少なく，有意差が見られた。

表4に上肢運動および下肢運動における30秒ごとの呼吸交換比を示す。両運動において，柔道部・トレーニング部ともに30－150秒のすべての時間において1.0を超えていた。

表1 柔道部とトレーニング部の筋量

筋量 (kg)	柔道部	トレーニング部	P値
上肢	6.68±0.5	6.66±0.55	n.s
下肢	16.78±1.2	17.33±1.86	n.s

平均±標準偏差

表2 柔道部とトレーニング部の上肢運動における呼気ガス分析と心拍数

上肢運動	柔道部	トレーニング部	P値
酸素摂取量(max)	1554±277.6	1461.3±293.9	n.s
二酸化炭素排出量 (max)	2680.9±484.1	2916.9±688.9	n.s
心拍数(max)	158.9±13.9	174.4±12.3	p<0.05

平均値±標準偏差

表3 柔道部とトレーニング部の下肢運動における呼気ガス分析と心拍数

下肢運動	柔道部	トレーニング部	P値
酸素摂取量(max)	2504.3±296.9	2388.7±364.8	n.s
二酸化炭素排出量 (max)	4169.6±506.1	4873.4±457.1	p<0.05
心拍数(max)	179.6±7.5	186.9±9.0	n.s

平均値 ± 標準偏差

表4 柔道部とトレーニング部の呼吸交換比

呼吸交換比(RQ)	柔道部		トレーニング部		
	時間 (s)	上肢運動	下肢運動	上肢運動	下肢運動
30		1.7	1.6	1.9	1.9
60		1.8	1.8	2.2	2.1
90		1.8	1.8	1.9	2.0
120		1.8	1.8	1.9	1.9
150		1.7	1.6	1.9	1.9

IV. 考察

トレーニング部は基本的に筋肥大を目的とした方法を用いてトレーニングを行っている。一方、柔道部は筋肥大を意識してのトレーニングは行っていないにもかかわらず、筋量に関してはトレーニング部との間に有意な差は見られなかった。また、呼吸交換比は柔道部、トレーニング部ともに、両運動開始30秒から、1.0を超えていた。これは、上肢・下肢運動ともに開始直後から筋グリコーゲンと血中グルコースの利用が促進され、無酸素性のエネルギー供給になっており、上肢・下肢運動ともにその運動強度は柔道部、トレーニング部にとって非常に高いものであったといえる。

上肢運動のVO₂max・VCO₂maxには有意な差は見られなかったが、HRmaxはトレーニング部より柔道部のほうが有意に低かった。つまり、柔道部はVO₂maxの増加を含んだ競技力向上、トレーニング部は筋肥大という、それぞれ違う目的でトレーニングを実施しているにもかかわらず、筋量・VO₂maxにおいて有意差が見られなかったということになる。このことは、どのようなトレーニング方法を用いても筋量が増加すればVO₂maxも増加するということであり、筋量に比例してVO₂maxは増加するということである。また、柔道部、トレーニング部ともに上肢筋量より下肢筋量が多く、それに関係して上肢運動のVO₂maxより下肢運動のVO₂maxが多いことに関してもこれに裏付けされる。このことから、トレーニング部が行っているような、筋肥大を目的としたトレーニング方法で上肢運動におけるVO₂max向上の効果は期待できる。しかし、高強度無酸素性運動を2-3分間維持するような状況においては、少ない心拍数で最大運動を維持することができないことが分かった。つまりトレーニング部と比較して、柔道競技者は循環系に対してより少ない負担で、上肢の最大運動を2-3分間維持できる酸素運搬能力に優れていると考えられる。これは、柔道競技中に上肢が疲労困憊になるという状況に、上肢筋がたびたびさらされるといった競技特異性の影響からだと推測される。

一方、下肢運動におけるVO₂max・HRmaxには有意な差は見られなかったが、VCO₂maxは柔道部よりトレーニング部のほうが有意に高かった。このことは、高い運動強度でも、柔道部の下肢筋はトレーニング部のそれと比べて、無酸素性能力に頼る割合が少ないので、有酸素性能力が高いのではないかと推測される。

以上のことから、柔道競技者はその競技特異性により、循環系に対して少ない負担で、上肢の最大運動維持できる酸素運搬能力に優れていることと、下肢の有酸素性能力も評価する重要性が示唆される。新村ら³⁾の研究では、柔道競技より上肢に特化したボート競技選手を対象とし、20秒間の全力運動を10秒間の休息を挟みな

がら8セット行うというトレーニングプロトコルを6週間（3回/週）実施した。その前後でボート競技2000m-timeを計測してみると、タイムが有意に向上していた。しかし、VO₂maxには変化がなく、新村らは無酸素性持久力の指標である総酸素借の向上によるものと報告している。また、石井ら⁴⁾は柔道用トレーニングプロトコルを開発・実施し、前後で最大有酸素性パワーが向上したが、その評価方法を下肢運動（自転車エルゴメータ）で測定したため上肢の有酸素性と無酸素性エネルギー供給系の評価ができなかったと報告している。

本研究において、目的である柔道競技者における上肢無酸素性持久力の評価方法を明らかにするには至らなかった。これは、今回の被験者が週二回の稽古では上肢に競技特異的な変化が起らなかったからだと推測される。今回の結果より柔道競技者の上肢の無酸素性持久力はHRmaxでも評価できる可能性がある。今後は、本研究で得られた結果をふまえて、柔道競技者における上肢の競技特異的なトレーニングプロトコルを検討・実施していくために、評価方法をさらに詳細に検討する必要があると考える。

V. 結論

柔道部とトレーニング部を対象に上肢・下肢運動を負荷し、以下の結果を得た。

1. 上肢運動において、呼吸交換比が1.0を超えるほどの高強度運動を行うとトレーニング部に比べて柔道部はより低い心拍数で高強度運動を実施することができる。
2. 柔道部のほうがトレーニング部に比べて上肢運動における、酸素運搬能力が優れていることが明らかとなった。
3. 柔道部の下肢運動においては有酸素性能力が優れていると考えられる。これにより下肢の有酸素性能力を評価する必要があることが示唆された。
4. 本研究では、柔道競技者における上肢無酸素性持久力の評価方法は明らかにすることはできなかった。今後、上肢のトレーニングプロトコルの作成の糸口を見つけるために評価方法をさらに検討する必要がある。

VI. 謝辞

本研究の被験者として協力を快諾くださった了徳寺大学柔道部ならびにパーベルクラブの方々に深謝致します。

文献

- 1) 里宇明元, 青柳昭雄, 園田茂ほか (1990/12) 最大酸素摂取量とCTにより求めた下肢の筋量と関係の検討. リハビリテーション医学会誌. 27 (7) 601.
- 2) 荒金圭太, 斎藤辰哉, 高木祐介ほか (2011) 最大運動時における自転車エルゴメータ運動の心拍数, 最大酸素摂取量とハンドエルゴメータ運動の心拍数, 酸素摂取量の比較. 川崎医療福祉学会誌. 21 (1) 151-156.
- 3) 新村優 (2006) ローイングにおける高強度・間欠的トレーニングに関する研究. 人間科学研究. 19, 79.
- 4) 石井孝法, 増田敦子, 横井麻理 (2012) 柔道競技者のためのtabata protocol開発とそのトレーニング効果. 日本コーチング学会第23回大会兼日本体育学会体育方法専門分科会研究会 (ポスター発表).

(平成25年11月29日稿)

査読終了年月日 平成25年12月24日