

平成27年度  
順天堂大学大学院 スポーツ健康科学研究科 修士論文

柔道選手のための  
ロープトレーニングプロトコルに関する研究

氏名:小菅 亨  
論文指導教員:菅波 盛雄

合格年月日 平成28年 2月 22日

論文審査員 主査 柳谷 隆志

副査 和氣 秀文

副査 菅波 盛雄

## 目次

第1章 緒言	1
第2章 文献交渉	3
第1節 全身持久力測定と上肢運動	3
第2節 スポーツ競技と上肢運動	3
第3節 ロープトレーニング	4
第3章 目的	5
第4章 研究方法	5
第1節 調査方法	6
(1) 対象	6
(2) 期間	6
(3) 調査の手続き	6
(4) ロープトレーニングの内容	6
a) 実施方法	6
b) プロトコル	6
c) 生理学的指標の測定項目	7
(5) 最大酸素摂取量,最大心拍数測定	7
(6) 最大血中乳酸濃度測定	7
(7) 統計処理	8
第5章 結果	9
第1節 最大酸素摂取量,最大心拍数,最大血中乳酸濃度測定	9
第2節 ロープトレーニング中の振幅回数比較	9
第3節 ロープトレーニング中の生理学的反応	9

第6章 考察	10
第1節 心拍数	10
第2節 血中乳酸濃度	10
第3節 酸素摂取量	10
第4節 ロープレニングプロトコルについて	11
第7章 結論	12
謝辞	13
参考文献	14
図表	18
英文要約	29

## 第1章 緒言

柔道競技における国際柔道連盟試合審判規定<sup>45)</sup> (以下, IJF 試合審判規定と略す) は 2008 年に改正が行われた。それを受けて, 柔道競技の試合背景は旗判定や罰則によらず, 投技, 固技の技術によって勝敗が決する「ダイナミック柔道」を促進する方向に向かっている<sup>31)</sup>。田村ら<sup>41)</sup>はこの IJF 試合審判規定改正の背景は「柔道らしさ」を取り戻すといった点に着目されがちではあるが, ゴールデンスコア時間の短縮や場内外の判断基準を緩やかにすることによって「マテ」を少なくし, 試合中断時間短縮させることで, 大会を「スリム化」させようとする意図が感じ取れるとしている。また, 三宅ら<sup>19)</sup>は全日本柔道選手権大会の 2008 年から 2010 年までの 110 試合を講道館柔道試合規定大会, 2011 年から 2013 年までの 111 試合を IJF 試合審判規定大会と規定し, 「マテ」の 1 試合における総時間に及ぼす変遷を調査した。その結果, 講道館規定大会では 105 秒, 国際規定大会では 77 秒と有意に減少していると報告している。このように, 現在の IJF 試合審判規定を導入するにしたがって「マテ」の時間が減少しているということは試合中のインターバル (休憩) が減少していることと同義であり, 柔道競技に必要な練習形態, つまり, 持続的運動と休息の関係を見直す必要があると考えられる。IJF 試合審判規定によると「積極的戦意の欠如は, 約 25 秒間, 一方又は双方の試合者に攻撃の動作が見られないときに与えられるものである」としている。「積極的戦意の欠如」とは「立ち姿勢において, 組み手の前後で, 何の攻撃動作もとらない」ということである。つまり, ルール上, 数秒から約 30 秒間, 攻撃を繰り返さなければ消極的または積極的戦意の欠如で反則が適用されてしまうため, 柔道競技者は約 30 秒の間, 攻撃を継続し続けることのできる能力が求められる。宮脇の報告<sup>20)</sup>によると, 試合によってばらつきはあるものの「マテ」による中断時間は約 10 秒間, 実際に競技を行っている時間は 20 秒間とされ, 1 試合にこれらを 12 回繰り返すとされている。約 6 秒から約 2 分までの運動では, 解糖系のエネルギー供給系が主に利用される<sup>44)</sup>とされているため, 解糖系に繰り返し大きな負荷をかけるような運動様式が柔道競技者のための体力トレーニングには重要と考えられる。

それを受けて, 競技力強化の現場では, 主に上肢と体幹を用いてトレーニングロープを様々に動作すること (以下ロープトレーニング) を体力トレーニングの方法の一つとして行っている。小菅らは, 大学柔道部に所属し週 3 回練習を行う競技者群と週 3 回以上, 筋肉量増加を目的として筋力トレーニングを行う群の上肢無酸素性運動能力を比較した結果, 柔道競技者群のほうが無酸素性持久能力が高いと報告<sup>17)</sup>している。そのため, 上肢・体幹を多く用いて全身を疲労困憊し, 上肢無酸素性持久力向上を目指す「ロープトレーニング」が柔道競技力強化の現場において広く普及していると考えられる。

そうした観点から、小菅ら<sup>16)</sup>は Tabata protocol<sup>33,34,35,36)</sup> に準じた内容でロープトレーニングを実施し、その生理学的反応を調査したところ、解糖系、循環器系に仮定された最大値に近い負荷をかけることができるが、酸化機構には半分程度の負荷しかかけることができなかつたと報告している。Charles J<sup>7)</sup> は「運動 20 秒、休息 40 秒のロープトレーニングは心臓血管系 (HR) と代謝系 (エネルギー消費) に高い負荷をかけることができる」としている。しかし、先行研究ではロープトレーニングに関する研究は少なく、上肢を多く用いる柔道競技者のためのプロトコルは明らかではない。

## 第2章 文献考証

### 第1節 全身持久力測定と上肢運動

これまで、下肢運動（自転車エルゴメータ）を用いて全身持久力を測定することが一般的であった。しかし、近年、間接的な方法として特殊な機器を用いない足踏みテスト<sup>42)</sup>や6分間歩行テスト<sup>21)</sup>、踏み台昇降テスト<sup>43)</sup>などが考案されてきた。荒金ら<sup>3)</sup>の研究では自転車エルゴメータを用いた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している。また、進行性筋ジストロフィー<sup>2)</sup>や慢性閉塞性肺疾患<sup>9,37,38)</sup>という有疾患者に対しては、上肢エルゴメータを用いての全身持久力評価が多く行われてきている。これは、慢性閉塞性肺疾患患者が日常的に引き起こす労作性の呼吸困難が、歩行などの下肢運動時だけではなく、上肢使用日常生活活動等の軽負荷でも訴えることが多いためである<sup>30)</sup>。さらに藍原ら<sup>1)</sup>は上肢日常生活活動において、上肢エルゴメータのような支持上肢運動はほとんど用いられていない運動様式であるとし<sup>6)</sup>、棒を用いた非支持型上肢運動を開発・実施している。

このように先行研究では、疾患や活動様式に合わせ様々な様式を用いて、全身持久力の評価を模索してきている。

### 第2節 スポーツ競技と上肢運動

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。しかし、柔道競技者は上肢無酸素性持久能力が高いという競技特性があると報告されているため、柔道競技者には上肢の運動能力を含んだ全身持久力測定が重要と考えられる。

先行研究では柔道<sup>22,23)</sup>のほかにかヌー<sup>10,12,15)</sup>、水球<sup>11,40)</sup>の競技者において上肢無酸素性パワー発揮を評価するために上肢クランキング運動を用いた研究が行われている。高木らの報告<sup>40)</sup>によると、水球競技者の上肢クランキング運動によって測定された上肢無酸素性パワーとスカーリングによる水中浮上能力に有意な相関関係があるとしている。これは上肢無酸素性パワーを向上させることは、水球競技者の競技力向上に大きく貢献する可能性があるといえよう。

新村ら<sup>24)</sup>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秒間の全力パドルング運動を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と報告している。しかし、 $\dot{V}O_{2max}$ 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だと推測している。また、石井ら<sup>14)</sup>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。

### 第3節 ロープトレーニング

小菅らは、ロープトレーニングを田畑が考案した運動プロトコル（Tabata protocol）に準じた運動様式で実施したところ、酸化機構には半分程度の負荷しかかけることができなかったが、エネルギー供給系では解糖系、心拍数を主要とした循環器系には最大に近い負荷で行えることが明らかであると報告している。したがって、ロープトレーニングは上肢無酸素性パワーが重要な柔道競技において有効なトレーニング方法の可能性があると述べている。Tabata protocol とは厳密な最大酸素摂取量測定から推定される  $170\% \dot{V}O_{2max}$  時の負荷で行われ、段階的に酸素摂取量を最大値に達せしめる事が可能である。この強度で運動をすることで有酸素性および無酸素性エネルギー供給系の両方を強化できるとしている。

Charles はロープトレーニングをフィットネスセンターで行われている有名なカーディオトレーニングとし、運動 15 秒、休憩 45 秒を 10 セット（計 10 分間）行わせ、その代謝要求を調査している。その結果、心臓血管系や代謝機構に大きな刺激を与えると報告している。また、Calatayud<sup>4)</sup> らはロープトレーニング中の筋活動に着目し、表面筋電図で測定してみたところ、三角筋前部線維、外腹斜筋、腰部脊柱起立筋には最大等尺性収縮と比較して 51 - 73% の筋活動が認められたが、中殿筋には 14 - 18% の筋活動しか認められなかったとしている。ゆえに、上肢・体幹を中心にその効果がうかがえる。

### 第3章 研究の目的

本研究の目的は、柔道競技者のための解糖系に大きな負荷をかけることのできるロープトレーニングプロトコルを検討することである。



## 第4章 研究方法

### 第1節 調査方法

#### (1) 被験者

千葉県内にあるA大学柔道部に所属する男子選手8名とし、表1に示すように年齢 $20.3\pm 1.0$ 歳、体重 $75.3\pm 6.2$ kg、身長 $172.0\pm 5.9$ cm、経験年数 $9.8\pm 1.7$ 年、段位 $2.3\pm 0.4$ 段であった。

#### (2) 期間

平成27年6月～10月に実験調査を行った。

#### (3) 実験の手続き

本研究の趣旨を予め本学のスポーツ健康科学研究科研究等倫理委員会に提出し、審査を経て許可を得た。実験の前に被験者に実験の趣旨を説明し、本実験によって個人が特定されることやプライバシーの侵害がないことを書面と口頭によって説明し、被験者から同意を得た。

#### (4) ロープトレーニングの内容

a) 実施方法：実験には長さ15m、重量10kg、直径50mm、ナイロン製のトレーニングロープ（ジムロープ、Fitness Shop、日本）を使用し、トレーニングプロトコルは末端を両手で把持したトレーニングロープを大きく縦に交互に振る動作で行った。疲労困憊になるように最大努力で実施し、力発揮の部位が上肢体幹に限定するよう座位で行わせた。運動条件の一定化を図るため、図1のように座位の状態で見の高さ、膝蓋骨中央の高さに紐を引き、両側上肢がそれぞれ交互に紐に触れるよう指示した。

b) プロトコル：プロトコルAはロープトレーニングを休息时间なしで90秒行わせるものとした。プロトコルBは運動30秒、休息10秒、3セットで行わせ、プロトコルCは運動30秒、休息10秒、3セット行わせた。詳細な実験デザインは図2に示した。

プロトコルAは400m走競技での必要エネルギーの68%（約2/3）を無酸素性エネルギーから受けているという報告<sup>8,13)</sup>や、400m走競技の平均記録が60秒前後<sup>28)</sup>であることを参考に設定した。プロトコルBは宮脇らが「マテ」による中断時間を約10秒間と報告していることを参考に、柔道競技に準じた運動休息比のプロトコルとして設定した。NSCA 決定版ストレングス&コンディショニングによると解答系に主に負荷をかけるような運動時間に対する適切な休息比は1対5

としている<sup>4)</sup>ため、運動30秒、休息150秒の運動様式をプロトコルCとした。

c) 生理学的指標の測定項目：測定項目は酸素摂取量 ( $\dot{V}O_2$ )、心拍数 (HR)、血中乳酸濃度 (La) とした。酸素摂取量 (ml/min) と心拍数 (bpm) はエアロモニタ (AE300S, MINATO, 日本) で経時的にモニタリングし、10秒ごとに平均値を算出した。血中乳酸濃度 (mmol/l) は簡易的血中乳酸濃度計 (ラクテートプロ<sup>TM2</sup> LT-1730, アークレイ, 日本) を用いて、耳朶から採血・測定した。血中乳酸濃度のプロトコルごとの測定時期は表2に示した。また、各プロトコルの運動量一定化を図るために運動中のロープ振幅回数を測定した。酸素摂取量は体格の影響が出ないように測定値を体重で割った値 (ml/kg/min) を算出した。また、自転車ペダリング運動によって測定される、仮定された最大酸素摂取量 (Peak  $\dot{V}O_2$ )、最大心拍数 (Peak HR)、最大血中乳酸濃度 (Peak La) から相対値を算出した。

#### (5) 最大酸素摂取量、最大心拍数測定

最大酸素摂取量、最大心拍数は自転車エルゴメータ (AEROBIKE 75XLII, コンビウエルネス社, 日本) を上肢運動で行い、測定した。運動負荷プロトコルは大槻ら<sup>27)</sup>に準じて、Ramp 負荷法で、安静座位5分間、準備運動を無負荷3分間行った後、25watt から開始し、1分間に5watt ずつ増加させる方法とした。ペダル回転数が50rpm を維持できなくなった時点で終了とし、その時点の  $\dot{V}O_2$  を peak  $\dot{V}O_2$ 、Peak HR とした。上肢運動の測定姿勢は自転車エルゴメータのペダル部分を克蘭キング用に交換し、洲崎ら<sup>32)</sup>の方法に従い、クランク軸を肩峰の高さと一致させ、ペダルが最も上体より遠い肘関節ほぼ伸展位、肩関節屈曲90度の状態で実施した。

#### (6) 最大血中乳酸濃度測定

最大血中乳酸濃度測定は自転車エルゴメータ (POWERMAX VIII, コンビウエルネス社, 日本) を上肢運動で行い、測定した。30秒間の Wingate test における無酸素性および有酸素性エネルギーの供給比は、それぞれ60 - 77% (約2/3) および23 - 40% (約1/3) であることが報告されている<sup>3)</sup>ため、本研究では解糖系に主に負荷をかける運動を Wingate test とした。運動プロトコルは尾懸ら<sup>25)</sup>の方法を模倣し、30秒間の全力ペダリング運動を体重の3.7%の負荷で実施した。運動終了直後、1分後、3分後、5分後に測定した血中乳酸濃度のうち、最大のものを最大血中乳酸濃度 (Peak La) とした。

#### (7) 統計処理

各生理学的指標の Peak 値に対して各ロープトレーニングプロトコル中の生理学的反応はどの程度となるのかを明らかにするために、各生理学的指標の Peak 値と各ロープトレーニング中のそれぞれの Peak 値(Peak  $\dot{V}O_2$ , Peak HR, Peak La)を比較した。統計的検定には対応のある t 検定を用い、有意水準は 5%未満とした。また、各ロープトレーニングの運動条件は一定だったのかを明らかにするためにロープ振幅回数には外れ値検定を行い、統計学的有意点は  $\pm 3$  未満とした。

## 第5章 結果

### 第1節 最大酸素摂取量,最大心拍数,最大血中乳酸濃度測定

Peak  $\dot{V}O_2$ , Peak La, Peak HR の平均値±標準偏差は以下の表3のような結果となった。

Peak  $\dot{V}O_2$ は $36.2 \pm 7.7$  ml/kg/min であった。Peak HR は $197.8 \pm 5.5$  bpm であった。Peak La は $5.4 \pm 1.5$  mmol/l であった。

### 第2節 ロープトレーニング中の振幅回数比較

各ロープトレーニング中の振幅回数を測定した結果,プロトコルAでは,運動1で $269.5 \pm 2.5$ 回であった。プロトコルBでは,運動1で $99.5 \pm 1.1$ 回,運動2で $84.5 \pm 2.5$ 回,運動3で $74.0 \pm 2.2$ 回であった。プロトコルCでは,運動1で $99.5 \pm 1.7$ 回,運動2で $97.3 \pm 1.9$ 回,運動3で $95.9 \pm 2.1$ 回であった。

上記をもとに各ロープトレーニングの運動条件が一定だったことを明らかにするため,外れ値検定で比較したところすべての数値で有意差は認められなかった ( $P < 3$ ) 。

### 第3節 ロープトレーニング中の生理学的反応

各測定値の Peak 値に対するロープトレーニング中測定値の割合 (%Peak  $\dot{V}O_2$ , %HR max, %Peak La) を算出し,表4,5,6にまとめた。

%Peak  $\dot{V}O_2$ の最大値はプロトコルAでは50秒経過時点の57.0%,プロトコルBでは休息1時点の57.4%,プロトコルCでは運動3終了直前の69.5%であった。

%Peak HRの最大値はプロトコルAでは70秒時点で91.7%,プロトコルBでは運動3終了時点で87.2%,プロトコルCでは運動3終了時点で96.6%であった。

%Peak Laの最大値は全てのプロトコルで終了直後であった。プロトコルAで183.8%,プロトコルBで161.4%,プロトコルCで226.5%であった。

測定した数値をもとに各生理学的指標のPeak値と各ロープトレーニング中におけるPeak値を比較するため,対応のあるt検定で比較し,その結果を表7,8,9に示した。

$\dot{V}O_2$ はすべてのプロトコルにおいてPeak値より有意に低かった ( $P < 0.01$ ) 。

HRはプロトコルA,BにおいてPeak値より有意に低かった ( $P < 0.01$ )。プロトコルCはPeak値と有意差はなかった。

LaはすべてのプロトコルにおいてPeak値より有意に高かった ( $P < 0.01$ ) 。

## 第6章 考察

### 第1節 心拍数

心拍数は、Peak HR に対し、プロトコル A,B 中の Peak HR は有意に低いことが明らかとなった。しかし、プロトコル C では有意差がなかった。%Peak HR の最大値はプロトコル A では 70 秒時点 (91.7%)、プロトコル B では運動 3 終了時点 (89.3%)、プロトコル C では運動 3 終了時点 (95.6%) であった。図 3-a,3-b,3-c を見てみるとすべてのプロトコルで、トレーニング中を通して常に最大に近い値で推移した。さらに、先行研究によると<sup>29)</sup> 柔道競技の練習中は 94.5%HRmax に達したとしているので、プロトコル A,B では循環器系に柔道競技中と同程度の負荷をかけることができると考えられる。

### 第2節 血中乳酸濃度

血中乳酸濃度は、すべてのプロトコルで Peak La に対し、有意に高いことが明らかとなった。また、Peak La はプロトコル A では終了直後の 9.5 mmol/l、%Peak La で 183.8%であった。プロトコル B では 8.39 mmol/l、%Peak La で 161.4%であった。プロトコル C では 11.6 mmol/l、%Peak La で 226.5%であった。松坂ら<sup>18)</sup> は女子柔道選手が 4 分以上試合を行った場合における試合終了後の血中乳酸濃度は 8.6 mmol/l と報告している。高橋ら<sup>30)</sup> は乱取練習中の血中乳酸濃度を 5.3 mmol/l とし、OBLA をやや上回るレベルであると述べている。OBLA は血中乳酸の産生と除去のバランスが崩れて継続的な乳酸の蓄積が始まる強度とされている<sup>4)</sup>。したがって、今回使用したすべてのプロトコルで乳酸値は OBLA を上回り、解糖系に柔道競技と同等かそれ以上の負荷をかけることができると推測される。

### 第3節 酸素摂取量

結果より Peak  $\dot{V}O_2$  に対し、すべてのプロトコル中の Peak  $\dot{V}O_2$  は有意に低いことが明らかとなった。また、%Peak  $\dot{V}O_2$  の最大値はプロトコル A では 50 秒経過時点の 57.0%、プロトコル B では休息 1 時点の 57.4%、プロトコル C では運動 3 終了直前の 69.5%であった。小澤ら<sup>29)</sup> が柔道競技の練習強度を下肢運動で算出した  $\dot{V}O_2 \max$  と比較し、85% $\dot{V}O_2 \max$  と報告している。以上のことから、今回使用した運動プロトコルでは、エネルギー供給機構の 1 つである酸化機構に柔道競技者がトレーニング効果を発揮するのに十分な負荷はかけられていないと考えられる。

また、プロトコル B,C において開始前の安静時酸素摂取量と比較して休息時の酸素摂取量が大きくなっている。これは測定はしていないが、酸素負債が高くなっている可能性があるといえる。

つまり、プロトコルB,Cでは無酸素性エネルギー供給系に負荷をかける比率が高い可能性があると考えられる。

#### 第5節 ロープトレーニングプロトコルについて

ロープトレーニングは、重量が一定であり、初期の負荷設定が困難であるため、競技力強化の現場としてはその場の最大努力で行わせる方法がほとんどである。そのため実際の結果としても peak  $\dot{V}O_2$  はすべてのプロトコルで 60%Peak  $\dot{V}O_2$  程度と少なかった。しかし、各プロトコル中の%Peak HR を見てみると (図3-a,3-b,3-c) プロトコルを通して常に最大に近い値で推移している。つまり、何らかの原因で血液は供給しているが酸素を摂取するに至らないということになる。また、すべてのプロトコルで Peak La 値を超え、さらに、プロトコルB,Cは酸素負債が高くなっている可能性があり、無酸素性エネルギー供給系に負荷をかける比率が高い可能性がある。これらは、ロープトレーニングは循環器系、解糖系に大きい負荷をかけているにもかかわらず、酸化機構には最大の半分程度の負荷しかけることができないということになる。これは、上肢・体幹筋に乳酸などの代謝産物が増加し、筋疲労が惹起されることで酸化機構への負荷が十分に高まる前にオールアウトしたことが原因であると考えられる。

今回の研究により、試合中に上肢が疲労困憊になり、それが原因でパフォーマンスが低下してしまうような選手には解糖系能力向上を目的に今回使用した運動プロトコルBでロープトレーニングを行うことは有効である可能性が示唆された。

今後、本研究で用いたプロトコルでのロープトレーニングを用いて縦断的にトレーニング効果を検討することを次回の課題としたい。

## 第7章 結論

プロトコルBが最も、解糖系に大きな負荷をかけることのできるロープトレーニングプロトコルである。

## 謝辞

本研究でご指導いただきました菅波盛雄教授,審査にご協力いただいた柳谷登志雄先生准教授,  
和気秀文先生准教授また,調査にご協力いただいた大学生の方々に深謝いたします.



#### 参考文献

- (1) 藍原章子,玉利光太郎,解良武士ほか (2012) 健常成人男性における上肢運動負荷試験時の气道閉塞圧: 非支持型上肢運動と支持型上肢運動の比較,理学療法学,39,5,314 - 321
- (2) 東章弘,川上英樹,前澤勝之 (2000) 車椅子を使用している進行性筋ジストロフィー患者に対する肥満解消を目的とした運動指導の一例: 腕エルゴメータ作業による有酸素性トレーニングの実践,体育学研究,45,739 - 745
- (3) 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
- (4) Calatayud J,Martin F,Colado JC et al (2015) Muscle activity during unilateral versus bilateral battle rope training,Journal of strength and conditioning research,29,10,2854 - 2859
- (5) Calbet J,Chavarren J,Dorado C (1997) Fractional use of anaerobic capacity during a 30s- and 45s wingate test,Eur J Appl Physiol,76,308 - 313
- (6) Celli B (1994) The clinical use of upper extremity exercise,ClinChest Med,15,2,339 - 349
- (7) Charles J,Brad J (2015) Metabolic cost of rope training,Journal of strength and conditioning research.29.4.889 - 893.
- (8) Dueld R,Dawson B,Goodman C (2005) Energy system contribution to 400-metre and 800- metre track running,J Sports Sci,23,3,299 - 307
- (9) 藤本繁夫,前田如矢,栗原直嗣 (1993) 肺気腫患者の総合体力に及ぼす上肢運動訓練の検討,体力科学,42,6,651
- (10) 橋本亜季,中村夏実,高井洋平ほか (2011) 大学カヌースプリント競技・カヤック選手の形態的特徴および力発揮能力と競漕タイムとの関係,スポーツトレーニング科学,12,1 - 8
- (11) 原朗 (1993) 日本代表水球選手の脚および腕の無酸素性パワー,経営情報科学,6,2,163 - 166
- (12) 平山祐,山本正嘉 (2003) 日本における男子一流カナディアンレーシングカヌー選手の体力特性,スポーツトレーニング科学,4,39 - 46
- (13) Hill D.W (1999) Energy system contribution in middle-distance running events,J Sports Sci,17,477 - 483

- (14) 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,日本体育大学 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)
- (15) 岩本はるみ,山本正嘉 (2005) カヌー競技における高校生期の競技力向上の問題点とその解決策,スポーツトレーニング科学,6,60 - 64
- (16) 小菅亨,岡田隆,増田敦子ほか (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,平成 27 年度了徳寺大学紀要,9,183 - 191
- (17) 小菅亨,増田敦子,山田利彦ほか (2014) 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,平成 26 年度了徳寺大学紀要,8,113 - 117
- (18) 松坂晃,尾形敬史 (1997) 女子柔道選手の試合後の血中乳酸濃度について,日本体育学会大会号,48,520
- (19) 三宅恵介,松井崇,佐藤武尊ほか (2014) 全日本柔道選手権大会における国際柔道連盟試合審判規定の導入が競技内容に及ぼす影響: ダイナミック柔道の観点から,武道学研究,47,1,19 - 27
- (20) 宮脇道生 (2000) ,柔道 強くなるための Q&A,不味堂出版,34 - 35
- (21) 文部科学省 (2004) 新体力テスト - 有意義な活用のために -,ぎょうせい,127 - 128
- (22) 中道泰宏,岡田弘隆,林弘典ほか (2001) 柔道競技者における間欠的な筋力発揮能力に関する研究,Research of Budo,34,42
- (23) 檜崎教子,高松薫,中村勇 (2001) 女子柔道競技者における上肢の間欠的な無氣的パワーの発揮特性,Research of Budo,34,17
- (24) 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
- (25) 尾縣貢,高本恵美,伊藤新太郎 (2003) 上肢の無氣的作業能が 400m 走タイムおよび走速度遞減に及ぼす影響,体育学研究,48,573 - 583
- (26) 小澤雄二,成松英雄,小郷克敏ほか (1994) 生理学的変動からみた柔道練習の運動強度,熊本大学教育学部紀要, 43,63 - 69
- (27) 大槻桂右,渡辺進 (2006) 健常成人男性において上肢エルゴメータを用いて測定した酸素摂取効率勾配の有用性,理学療法科学,21,4,331 - 334.

- (28) 大西崇仁 (2008) 陸上競技 200m・400m 選手におけるインターバル・テストを用いたトレーニング効果に関する研究 - 血中乳酸値を指標として - 松山大学論文集,20,2,225 - 242
- (29) 坂本道人,菅波盛雄,中村勇ほか (2006) オリンピック柔道競技の競技分析—1992年～2000年大会を対象として—,筑波大学体育研究,28,15-22
- (30) 佐々木誠,竹沢実 (2001) 上肢使用日常生活活動時の運動負荷.日本呼吸管理学会誌, 11,255 - 259
- (31) 里宇明元,青柳昭雄,園田茂ほか (1990) 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
- (32) 洲崎俊男 (1994) 上・下肢エルゴメーター運動が呼吸循環系に及ぼす影響—最大随意運動における比較—,運動生理,9,183 - 186
- (33) 田畑泉 (2009) 無酸素性トレーニング?Tabata Protocol とは,体育の科学,59,3,168 - 176
- (34) 田畑泉 (2013) 高強度間欠的トレーニング (HIT) の理論的背景,体育の科学,63,9,683 - 688
- (35) Tabata I,Irisawa K,Kouzaki M et al (1997) Metabolic profile of high intensity intermittent exercises,Med Sci Sports Exerc,29,390 - 395
- (36) Tabata I,Nishimura K,Kouzaki M et al (1996) Effects of moderate intensity endurance and high intensity intermittent training on anaerobic capacity and VO<sub>2</sub>max,Med Sci Sports Exerc,28,1327 - 1330
- (37) 高橋哲也,Sue J,安達仁ほか (2013) 肺気腫患者のための上肢運動負荷試験,THE LUNG-perspectives,9,2,166 - 170
- (38) 高橋哲也,Sue J,Geoff S ほか (1999) 慢性閉塞性肺疾患患者のための上肢運動負荷試験の開発,理学療法学,26,1,1 - 8
- (39) 高橋宗良,岩原文彦,斎藤仁ら (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 SPORT SCIENCE.18,93 - 101
- (40) 高木英樹 (2008) 水球競技の体力化学,筑波大学体育科学系紀要,31,27 - 41
- (41) 田村昌大,森脇保彦,斎藤仁ほか (2013) 国際柔道連盟試合審判規定の改正に伴う大会内容の変化について—改正前後の男子試合を比較して—,国士舘大学武徳紀要,29,15 - 22
- (42) 高波利恵,片瀬由加里,草間朋子 (2006) 高齢者のための足踏みを用いた全身持久力の間接的測定方法,看護科学研究,7,16 - 23

- (43) 東郷史治,宮下充正 (1997) 全身持久力の測定評価のためのステップテストの開発,杏林書店,104 - 109,1997
- (44) Thomas R,Baechle R,Earle W (2010) NSCA 決定版ストレングストレーニング&コンディショニング第3版,有限会社ブックハウス・エイチディ.35 - 544
- (45) 全日本柔道連盟 (2015) ,国際柔道連盟試合審判規定,初版,2015

表 1.被験者の詳細

被験者	年齢(歳)	体重(kg)	身長(cm)	経験年数(年)	段位(段)
A	22.0	81.9	175.0	10.0	3.0
B	20.0	66.1	167.0	8.0	3.0
C	20.0	73.4	170.0	8.0	2.0
D	21.0	76.3	172.0	10.0	2.0
E	20.0	67.8	170.0	12.0	2.0
F	19.0	73.7	163.0	12.0	2.0
G	19.0	77.5	175.0	10.0	2.0
H	21.0	85.9	184.0	8.0	2.0
平均	20.3±1.0	75.3±6.2	172±5.9	9.8±1.7	2.3±0.4

Mean±SD

表2.ロープトレーニング中の血中乳酸濃度測定時期

回数	プロトコル A	プロトコル B	プロトコル C
1	開始前	開始前	開始前
2	30 秒経過時点	1 セット終了後	1 セット終了直後
3	60 秒経過時点	2 セット終了後	2 セット開始直前
4	プロトコル終了直後	プロトコル終了直後	2 セット終了直後
5			3 セット開始直前
6			プロトコル終了直後
計	4 回	4 回	6 回



図 1,ロープトレーニング時の上限と下限の位置

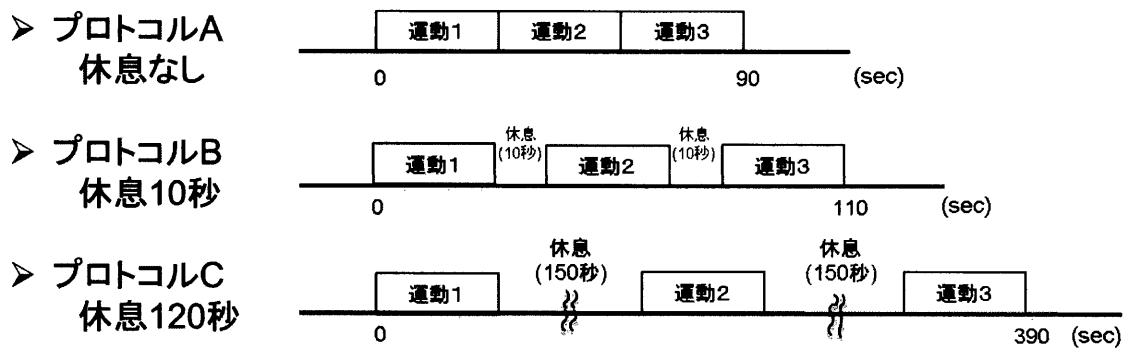


図2.ロープトレーニングプロトコルの実験デザイン



表 3.最大酸素摂取量,最大心拍数,最大血中乳酸濃度の測定値

Peak $\dot{V}O_2$ (ml/kg/min)	Peak HR(bpm)	Peak La (mmol/l)
36.2±7.7	197.8±5.5	5.4±1.5

Mean±SD

表 4.各測定値の最大値に対するロープトレーニング中（プロトコルA）測定値の割合

各 Peak 値との比較	経過時間(sec)	$\dot{V}O_2$ (%Peak)	HR(%Peak)	La(%Peak)
開始前	0	14.1±2.9	45.1±5.4	35.1±10.5
	10	45.5±5.1	83.2±4.8	
	20	45.1±5.5	84.3±4.3	
	30	56.2±7.5	83.9±3.1	
	40	54.0±6.0	84.9±2.6	65.3±19.5
運動 1	50	57.0±6.4	87.3±4.7	
	60	52.4±5.7	89.5±4.0	
	70	46.6±5.7	91.7±6.1	163.5±40.4
	80	51.0±5.8	91.3±6.2	
	90	50.6±4.3	90.3±5.5	
終了直後	100	42.8±7.7	70.7±8.9	183.8±46.8

Mean±SD

表5.各測定値の最大値に対するロープトレーニング中（プロトコルB）測定値の割合

各 Peak 値との比較	経過時間(sec)	$\dot{V}O_2$ (%Peak)	HR(%Peak)	La(%Peak)
開始前	0	9.1±5.4	50.2±9.2	36.1±10.3
	10	29.3±4.4	77.9±12.5	
運動 1	20	39.3±6.9	81.0±10.2	
	30	44.2±7.3	81.4±5.1	
休憩 1	40	57.4±7.5	67.6±8.0	61.9±21.9
	50	47.0±6.4	85.3±3.1	
運動 2	60	46.0±5.5	84.0±5.2	
	70	53.3±5.3	86.5±3.4	
休憩 2	80	50.0±5.3	69.4±10.3	106.4±34.6
	90	46.5±5.5	84.3±5.0	
運動 3	100	43.5±3.4	87.2±3.1	
	110	11.3±5.4	50.2±9.2	
終了直後	120	29.3±4.4	77.9±12.5	161.4±50.3

Mean±SD

表 6.各測定値の最大値に対するロープトレーニング中 (プロトコルC) 測定値の割合

各 Peak 値との比較	経過時間(sec)	$\dot{V}O_2$ (%Peak)	HR(%Peak)	La(%Peak)
開始前	0	20.6±5.7	45.7±5.5	36.5±12.1
運動 1	10	35.9±9.1	87.5±10.1	
	20	46.0±7.7	89.1±10.3	
	30	59.2±7.8	86.4±2.6	
	40	65.3±10.4	66.2±7.9	69.6±23.8
休憩 1	50	62.3±9.0	64.5±6.9	
	60	56.6±11.1	63.2±7.6	
	70	48.7±10.1	60.7±9.7	
	80	40.0±6.4	59.7±8.3	
	90	35.6±7.4	58.6±7.9	
	100	32.4±9.1	57.9±8.4	
	110	28.6±6.1	55.6±8.4	
	120	23.9±4.9	55.7±8.7	
	130	22.9±5.8	55.3±8.5	
	140	22.7±4.0	56.3±10.9	
	150	26.7±7.4	59.8±11.9	110.8±37.0
運動 2	160	39.7±4.9	90.1±10.7	
	170	54.8±5.5	90.3±6.7	
	180	69.3±9.4	87.8±5.5	
休憩 2	190	60.5±9.6	75.7±12.9	154.5±72.1
	200	64.3±12.7	72.0±12.0	
	210	57.7±13.5	69.0±11.7	
	220	48.0±11.5	64.0±12.7	
	230	42.3±13.1	61.9±13.2	
	240	35.0±11.0	61.0±12.0	
	250	29.0±8.6	60.4±13.8	
	260	27.6±8.5	59.4±10.7	

	270	25.2±4.9	57.9±10.3	
	280	22.2±4.8	57.9±11.1	
	290	23.9±5.0	59.1±11.7	
	300	26.0±6.5	65.1±9.3	164.4±56.7
	310	41.6±8.6	91.4±3.2	
運動 3	320	52.9±10.0	92.9±3.8	
	330	69.5±7.4	96.6±3.7	
終了直後	340	58.8±7.0	81.0±5.4	226.5±59.6

Mean±SD

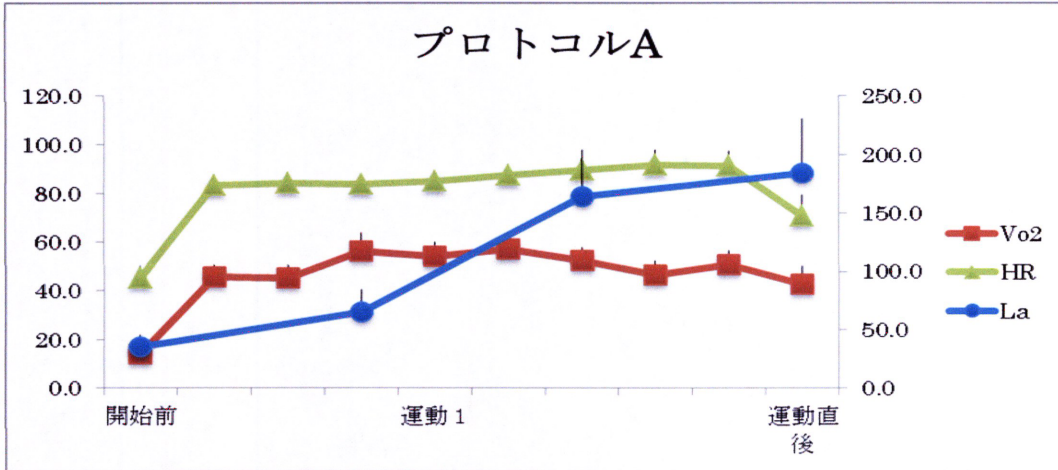


図3-a.プロトコルAの経時的変化

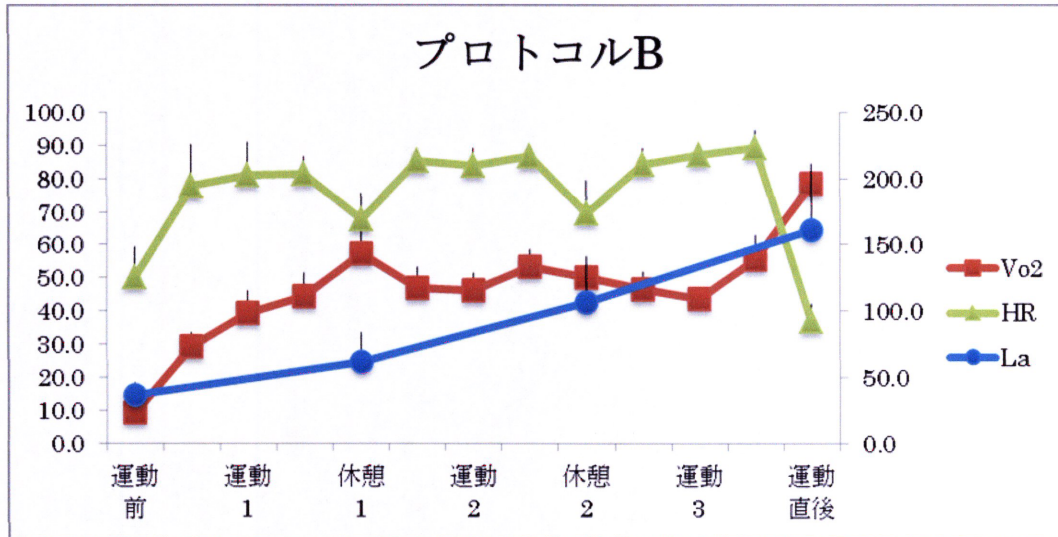


図3-b.プロトコルBの経時的変化

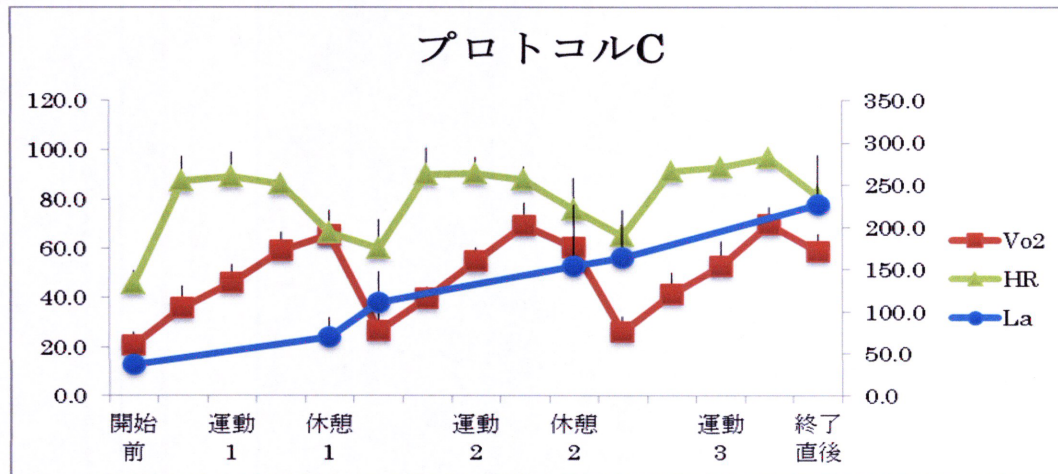


図3-c.プロトコルCの経時的変化

表 7.各生理学的指標の最大値とプロトコル A における最大値の比較

プロトコル A	Peak 値(上肢)	ロープトレーニング中の Peak 値	P 値
$\dot{V}O_2$ (ml /kg/min)	36.2±7.7	20.5±2.0	p<0.01
HR(bpm)	197.8±5.5	181.3±8.0	p<0.01
La (mmol/l)	5.4±1.5	9.5±0.9	p<0.01

Mean±SD

表 8.各生理学的指標の最大値とプロトコル B における最大値の比較

プロトコル B	Peak 値(上肢)	ロープトレーニング中の Peak 値	P 値
$\dot{V}O_2$ (ml /kg/min)	36.2±7.7	20.6±1.9	p<0.01
HR(bpm)	197.8±5.5	176.5±7.7	p<0.01
La (mmol/l)	5.4±1.5	8.3±0.3	p<0.01

Mean±SD

表 9.各生理学的指標の最大値とプロトコル C における最大値の比較

プロトコル C	Peak 値(上肢)	ロープトレーニング中の Peak 値	P 値
$\dot{V}O_2$ (ml /kg/min)	36.2±7.7	25.0±2.5	p<0.01
HR(bpm)	197.8±5.5	191±7.4	n.s
La (mmol/l)	5.4±1.5	11.6±1.5	p<0.01

Mean±SD

## Study of rope training for judo athletes

Toru Kosuge

### Summary

Many Judo athletes do a workout waving a thick rope to improve their upper extremity and trunk muscular endurance and cardiopulmonary function.

A revision of the International Judo match referee provision was made in 2008. In an attempt to shorten matches by reducing the time for the "mate". This reduction has the same meaning as the length of the match interval which has been reduced. From the above, it is necessary to review the type of practice necessary for judo athletes.

The purpose of this study is to clarify the rope training protocols that can place a significant load on the glycolytic pathway for judo athletes.

The subjects were 8 male university judo athletes. Three different protocols (A, B, and C), which placed a heavy load on glycolysis were used in the rope training. Items measured during rope training were oxygen consumption ( $\dot{V}O_2$ ), blood Lactate (La), and heart rate (HR). To compare with maximum value and calculated relative values (% $\dot{V}O_2$ , %La, %HR), we measured assumed maximum values upper body exercise using a bicycle ergometer.

In all the protocols, peak  $\dot{V}O_2$  were significantly lower than the assumed Peak  $\dot{V}O_2$  measured by the upper body exercise assumed.

In protocols A and B, peak HR was significantly lower than the HR max.

In all the protocols, peak La was significantly higher than the assumed peak La upper body exercise.

Exceeds the Peak La value for all protocols by the further protocol B, C has a possibility that oxygen debt is high, it may be a high proportion burdening the anaerobic energy supply system. It is assumed that in the oxidation mechanism in a heavy load on the glycolytic pathway in the local muscles, such as the upper body.

Protocol B is the most, is the rope training protocol that can put a heavy load on the glycolytic.