

## 柔道練習による生理的変動に及ぼす栄養処方の影響\*

小澤雄二・成松英雄\*\*・小郷克敏・松田芳子

### Investigations of the Effect of Dietary Prescription on Physiological Changes in Judo Practice

Yuji OZAWA, Hideo NARIMATSU\*\*, Katsutoshi OGO and Yoshiko MATSUDA

(Received September 4, 1995)

The purpose of this study was to investigate the effects of nutritive improvement by dietary prescription on physiological changes in Judo practice. The subjects were five male university Judo players, who were divided into two groups. The dietary prescription group (nutritive improvement group) included three players, and the control group included two players. The same practice program was performed in both groups. The average heart rates during the Judo practice were 154-182 beats/minute in the nutritive improvement group, 134-167 beats/minute in the control group. It indicated that the estimated intensity of the Judo practice in the nutritive improvement group was higher than the control group. Although the estimated intensity of the practice was higher in the nutritive improvement group, the increase in rates of serum lactatedehydrogenase (LDH) and creatinephosphokinase (CPK) activities after the practice were lower in this group than in the control group. It indicated that the nutritive improvement brought about a higher physical fitness for vigorous, prolonged exercise through the replenishment of energy demand and the improvement of oxygen transport capacity.

**Key words :** Judo practice, nutrition improvement

#### 緒 言

これまで柔道練習の運動強度については、練習中の呼吸循環機能の反応からの検討<sup>1-7)</sup>が多く行われてきた。その結果、いろいろなスポーツ種目の中でも、比較的運動強度の高い競技であると考えられている。したがって、柔道のトレーニング計画は、選手に及ぼす生理的負担を十分に考慮したものでなくてはならず、同時に適切な栄養摂取と休養のバランスを保っていることが不可欠であると考えられる。まして、日々のトレーニングにより強靱な体力を養い、そして発揮することが必要な競技選手にとって、食事を摂り栄養を摂取することの意味は、一般人以上に大きいものと考えられる。これまで、柔道選手を対象とした栄養・食事に関する研究は、青山たち<sup>8,9)</sup>によって報告されている。しかしながら、実際の現場において、これらの知見は生かされることが少なく、およそ十分とは言えない栄養摂取状態で競技を行う選手も少なくないと考えられる。

本研究では、下宿生活のために日頃から外食が多く、適切な栄養摂取がされているか疑問である大学生柔道選手を被検者とし、柔道練習中の呼吸循環機能の反応および練習前・後の血液性状

\* 日本武道学会第27回大会(平成6年9月3日, 日本体育大学)において発表した。

\*\* 鹿本郡鹿北町立広見小学校

などの生理的変動に及ぼす栄養処方の影響について検討することを目的とした。

## 方 法

### 1. 被検者および実験期日

被検者は、K 大学柔道部に所属する健康な男子大学生 5 名である。なお、栄養処方による影響を検討するため、被検者の了解のもとに検者の準備した食事を摂取する食事給与群 3 名、各自に任せた食事を摂取するコントロール群 2 名に分けた。両群被検者の年齢、身体的特徴および競技歴は、表 1 に示した。実験期日は平成 4 年 8 月、気温は 27~31.6°C、湿度は 65~85%の範囲にあった。

表 1 被検者の年齢、身体特性および競技歴

	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	競技歴 (年)
食事給与群 (n=3)	22 (1)	168.3 (3.1)	78.2 (9.8)	6 (2)
コントロール群 (n=2)	21 (0)	169.7 (1.4)	72.3 (0.8)	3 (0)

[平均値 (標準偏差)]

### 2. 栄養処方について

予備調査として 3 日間、全被検者に対しタイムスタディ法による消費エネルギー調査を行った。また、同時に全被検者の自己記入による摂取食品調査を行い、面接により数量を確認し、各栄養素等の摂取量を算出した。次に 5 日間、食事給与群には予備調査期の 1 日の総摂取エネルギーと消費エネルギーを比較して、後者が高い者に対してエネルギーを補強した食事を給与した。この間のコントロール群の食事摂取は各自に任せた。なお、本研究における食事給与群の摂取する食事は、栄養学専門家に献立作成を依頼し、調理した。

### 3. 酸素摂取量の測定

運動負荷試験として、トレッドミル (クイントン社製) を用いた漸増負荷法によって、最大酸素摂取量を測定した。椅座位で安静時の酸素摂取量を 10 分間測定した後、トレッドミルの速度を 8.0km/h, 9.0km/h にして各々 2 分間走行させた。その後、毎分 1km/h ずつ漸増し、オールアウトに達するまで増加した。その間、連続代謝測定装置 (日本光電社製) によって酸素摂取量を測定し、その最大値を最大酸素摂取量 ( $\dot{V}O_{2max}$ ) とした。なお、同時に胸部誘導法によって心拍数を測定し、その最大値を最高心拍数 (HRmax) とした。

### 4. 柔道練習中の心拍数および推定酸素摂取量の測定

柔道練習の内容は準備運動 (体操, 補強運動, 回転運動) 約 10 分, 懸り練習 (100 本) 約 10 分, 乱取練習 (5 分×6 人) 30 分, 休憩 (水分補給のため) 5 分, 寝技の補助運動 (伏臥前進, エビ, 逆エビ) 約 10 分, 寝技の練習 (4 分×6 人) 24 分の順に行い、合計は約 84 分であった。心拍数の測定は食事給与群への食事給与を開始して 3 日目以降に、各々の練習が終了した直後に 15 秒間触診法によって測定し、1 分間値に換算した。これを用いて、柔道練習中の酸素摂取量を推定した。つまり、漸増負荷法による最大酸素摂取量測定時の、最大下運動時の心拍数と酸素摂取量の関係から算出した各被検者別の回帰方程式に、上記の心拍数を代入して酸素摂取量を求め、運動強度とした。

## 5. 血液性状の分析

血液は食事給与群への食事給与を開始して3日目を以降に、朝食前と練習終了直後の2回採血を行い、乳酸脱水素酵素（以下LDH）、クレアチンフォスホキナーゼ（以下CPK）について検査を行った。

## 6. 資料処理

各項目の値は、すべて平均値と標準偏差で示した。各測定項目の食事給与群、コントロール群および練習前・後の比較は対応のある平均値の差の検定法（t検定）を用い、危険率5%以下を有意とした。

## 結 果

### 1. 最大酸素摂取量，最大換気量，最高心拍数，呼吸商の結果

最大酸素摂取量，最大換気量，最高心拍数，呼吸商の結果は表2に示した。食事給与群では最大酸素摂取量は $4.05 \pm 0.27$  l/分， $52.3 \pm 4.3$  ml/kg/分，最大換気量は $152.6 \pm 10.6$  l/分，最高心拍数は $181 \pm 1$  拍/分，呼吸商は $1.09 \pm 0.04$ であった。コントロール群では最大酸素摂取量は $3.86 \pm 0.27$  l/分， $53.3 \pm 4.1$  ml/kg/分，最大換気量は $135.1 \pm 4.0$  l/分，最高心拍数は $187 \pm 1$  拍/分，呼吸商は $1.05 \pm 0.06$ であり，両群に有意な差は認められなかった。

### 2. 練習中の心拍数，推定酸素摂取量，および最高心拍数，最大酸素摂取量に対する割合

練習中の心拍数，推定酸素摂取量，および最高心拍数，最大酸素摂取量に対する割合は表3，4に示した。準備運動中，食事給与群では心拍数は $154 \pm 12$  拍/分，推定酸素摂取量は $2.78 \pm 0.40$  l/分であり，最高心拍数の $85.0 \pm 6.6\%$ ，最大酸素摂取量の $68.7 \pm 9.8\%$ であった。コントロール群では心拍数は $134 \pm 12$  拍/分，推定酸素摂取量は $2.01 \pm 0.39$  l/分であり，最高心拍数の $71.7 \pm 6.4\%$ ，最大酸素摂取量の $52.2 \pm 10.1\%$ であった。両群を比較すると，全ての項目において食事給与群の方が高値を示し有意（ $p < 0.01$ ）な差が認められた。

懸り練習中，食事給与群では心拍数は $181 \pm 8$  拍/分，推定酸素摂取量は $3.73 \pm 0.29$  l/分であり，最高心拍数の $100.0 \pm 4.4\%$ ，最大酸素摂取量の $92.1 \pm 7.1\%$ であった。コントロール群では心拍数は $165 \pm 20$  拍/分，推定酸素摂取量は $3.03 \pm 0.64$  l/分であり，最高心拍数の $88.2 \pm 10.7\%$ ，最大酸素摂取量の $78.5 \pm 16.7\%$ であった。両群を比較すると，全ての項目において食事給与群の方が高

表2 最大酸素摂取量，最大換気量，最高心拍数，呼吸商の結果

	最大酸素摂取量 (l/分)	最大換気量 (ml/kg/分)	最大換気量 (l/分)	最高心拍数 (拍/分)	呼吸商
食事給与群 (n=3)	4.05 (0.27)	52.3 (4.3)	152.6 (10.6)	181 (1)	1.09 (0.04)
コントロール群 (n=2)	3.86 (0.27)	53.3 (4.1)	135.1 (4.0)	187 (1)	1.05 (0.06)

[ 平均値 (標準偏差) ]

表3 練習中の心拍数および最高心拍数に対する割合〔平均值(標準偏差)〕

測定項目	準備運動	懸り練習 (100本)	乱取練習 (5分×6人)	補助運動	寝技の練習 (4分×6人)
食事給与群 (n=3)					
心拍数 (拍/分)	154** (12)	181 (8)	178** (19)	174 (19)	182* (14)
最高心拍数に対する割合 (%)	85.0** (6.6)	100 (4.4)	98.3** (10.5)	96.1 (10.5)	100.6* (7.7)
コントロール群 (n=2)					
心拍数 (拍/分)	134 (12)	165 (20)	158 (19)	167 (9)	157 (15)
最高心拍数に対する割合 (%)	71.7 (6.4)	88.2 (10.7)	84.5 (10.2)	89.3 (4.8)	84.0 (8.0)

補助運動：寝技の補助運動（伏臥前進，エビ，逆エビ）  
 食事給与群とコントロール群との間の有意差 \* $<0.05$ ，\*\* $<0.01$

表4 練習中の推定酸素摂取量および最大酸素摂取量に対する割合〔平均值(標準偏差)〕

測定項目	準備運動	懸り練習 (100本)	乱取練習 (5分×6人)	補助運動	寝技の練習 (4分×6人)
食事給与群 (n=3)					
推定酸素摂取量 (l/分)	2.78** (0.40)	3.73 (0.29)	3.62** (0.63)	3.48 (0.64)	3.75* (0.46)
最大酸素摂取量に対する割合 (%)	68.7** (9.8)	92.1 (7.1)	89.4** (15.5)	85.9 (15.7)	92.6* (11.3)
コントロール群 (n=2)					
推定酸素摂取量 (l/分)	2.01 (0.39)	3.03 (0.64)	2.80 (0.63)	3.09 (0.30)	2.73 (0.47)
最大酸素摂取量に対する割合 (%)	52.2 (10.1)	78.5 (16.7)	72.6 (16.2)	80.0 (7.9)	70.8 (12.1)

補助運動：寝技の補助運動（伏臥前進，エビ，逆エビ）  
 食事給与群とコントロール群との間の有意差 \* $<0.05$ ，\*\* $<0.01$

値を示したが、両群に有意な差は認められなかった。

乱取練習中、食事給与群では心拍数は $178 \pm 19$ 拍/分、推定酸素摂取量は $3.62 \pm 0.63$  l/分であり、最高心拍数の $98.3 \pm 10.5\%$ 、最大酸素摂取量の $89.4 \pm 15.5\%$ であった。コントロール群では心拍数は $158 \pm 19$ 拍/分、推定酸素摂取量は $2.80 \pm 0.63$  l/分であり、最高心拍数の $84.5 \pm 10.2\%$ 、最大酸素摂取量の $72.6 \pm 16.2\%$ であった。両群を比較すると、全ての項目において食事給与群の方が高値を示し有意 ( $p < 0.05$ ) な差が認められた。

寝技の補助運動中、食事給与群では心拍数は $174 \pm 19$ 拍/分、推定酸素摂取量は $3.48 \pm 0.64$  l/分であり、最高心拍数の $96.1 \pm 10.5\%$ 、最大酸素摂取量の $85.9 \pm 15.7\%$ であった。コントロール群では心拍数は $167 \pm 9$ 拍/分、推定酸素摂取量は $3.09 \pm 0.30$  l/分であり、最高心拍数の $89.3 \pm 4.8\%$ 、最大酸素摂取量の $80.0 \pm 7.9\%$ であった。両群を比較すると、全ての項目において食事給与群の方が

高値を示したが、両群に有意な差は認められなかった。

寝技の練習中、食事給与群では心拍数は  $182 \pm 14$  拍/分、推定酸素摂取量は  $3.75 \pm 0.46$  l/分であり、最高心拍数の  $100.6 \pm 7.7\%$ 、最大酸素摂取量の  $92.6 \pm 11.3\%$  であった。コントロール群は心拍数は  $157 \pm 15$  拍/分、推定酸素摂取量は  $2.73 \pm 0.47$  l/分であり、最高心拍数の  $84.0 \pm 8.0\%$ 、最大酸素摂取量の  $70.8 \pm 12.1\%$  であった。両群を比較すると、全ての項目において食事給与群の方が高値を示し有意 ( $p < 0.05$ ) な差が認められた。

### 3. 練習前後の血清 LDH および CPK 活性の測定結果

練習前後の血清 LDH および CPK 活性の練習前後の変動は表 5, 6 に示した。LDH は食事給与群では  $504.2$  IU/l から  $582.8$  IU/l と練習後に高値であり、練習前と比較した増加率は  $115.6\%$  を示し、練習前後で有意 ( $p < 0.05$ ) な差があることが認められた。コントロール群では  $453.2$  IU/l から  $530.0$  IU/l と練習後に高値であり、練習前と比較した増加率は  $116.9\%$  を示し、練習前後で有意 ( $p < 0.01$ ) な差があることが認められた。

CPK は食事給与群では  $379.8$  IU/l から  $435.5$  IU/l と練習後に高値であり、練習前と比較した増加率は  $114.7\%$  を示し、練習前後で有意 ( $p < 0.01$ ) な差があることが認められた。コントロール群では  $269.7$  IU/l から  $327.2$  IU/l と練習後に高値であり、練習前と比較した増加率は  $121.3\%$  を示し、練習前後で有意 ( $p < 0.01$ ) な差があることが認められた。

表 5 LDH の練習前後の変動〔平均値 (標準偏差)〕

	練習前	練習後	T検定
食事給与群 (IU/l) (n=3)	504.2 (121.4)	582.8 (97.9)	( $p < 0.01$ )
コントロール群 (IU/l) (n=2)	453.2 (99.3)	530.0 (99.1)	( $p < 0.01$ )

表 6 CPK の練習前後の変動〔平均値 (標準偏差)〕

	練習前	練習後	T検定
食事給与群 (IU/l) (n=3)	379.8 (221.4)	435.5 (223.7)	( $p < 0.01$ )
コントロール群 (IU/l) (n=2)	269.7 (208.4)	327.2 (220.3)	( $p < 0.01$ )

## 考 察

### 1. 練習中の呼吸循環機能の反応に及ぼす栄養処方の影響

練習中の心拍数をみると、食事給与群では、懸り練習  $181$  拍/分、乱取練習  $178$  拍/分、寝技の練習  $182$  拍/分であり、最高心拍数の各々  $100.0\%$ 、 $98.3\%$ 、 $100.6\%$  を示した。コントロール群では、懸り練習  $165$  拍/分、乱取練習  $158$  拍/分、寝技の練習  $157$  拍/分であり、最高心拍数の各々  $88.2\%$ 、 $84.5\%$ 、 $84.0\%$  を示した。このように、柔道の主運動と考えられる各種の運動項目全てにおいて、食事給与群の方がコントロール群よりも高い心拍水準で練習を行っている。これまでの報告をみると、金子たち<sup>5)</sup>は柔道練習中の心拍数は、 $170 \sim 180$  拍/分であり、40分間連続の乱取練習では  $180$  拍/分をこえる選手もみられると述べている。猪飼たち<sup>3)</sup>は乱取練習の回数を重ねるにしたがって心拍数水準は次第に上昇し、ほとんどの場合、最高  $180$  拍/分以上を示すと報告している。芳賀た

ちりは女子柔道選手の場合、懸り練習、乱取練習で最高心拍数の80~100%の範囲にあり、その多くは90%以上にあり、中には100%に達していることを報告している。これらの結果は、本研究における食事給与群の練習中の心拍数に近いものであると考えられる。また、食事給与群では最後の練習項目である寝技の練習に最高心拍数を示したが、コントロール群では寝技の補助運動に最高心拍数を示し、寝技の練習では約10拍/分の低下を示した。これまでの報告をみても、長時間運動の持続能力が体内のグルコース、およびグリコーゲン量に依存することが明らかにされている<sup>10)</sup>。また、筋肉のグリコーゲンは筋肉自身によって運動のために使われ、肝臓のグリコーゲンはブドウ糖に分解された後、血液に放出され、筋肉中に取り込まれて運動のエネルギー源となるといわれている<sup>11)</sup>。すなわち、本研究において食事給与群には高強度な練習の持続が可能となりうる、十分な体内グリコーゲンの貯蔵があったが、コントロール群では練習後半には筋肉や肝臓のグリコーゲンが枯渇傾向にあり、運動強度が維持できず、次第に低水準化したものと考えられる。

柔道練習中の推定酸素摂取量は食事給与群では、懸り練習の場合、最大酸素摂取量の92.1%、乱取練習の場合89.4%、寝技の練習の場合92.6%を示し、コントロール群では、懸り練習の場合、最大酸素摂取量の78.5%、乱取練習の場合72.6%、寝技の練習の場合70.8%であり、食事給与群の方がコントロール群よりも練習中の推定酸素摂取量は高値を示し、乱取練習、寝技の練習では両群に有意な差が認められた。この違いからも、食事給与群では非常に高い水準の運動強度でありながらも、かなり確実に酸素供給がなされているが、コントロール群では運動強度が低い水準におさえられる傾向が窺える。

## 2. 練習による血清LDHおよびCPK活性の変化に及ぼす栄養処方の影響

LDHはピルビン酸と乳酸の反応を触媒する酵素であり、代謝経路の中で無氣的解糖系の最終段階でピルビン酸を利用するがATP産生上必須の酵素である。LDHは、あらゆる細胞・組織にほぼ同等の濃度存在するので、どの組織が変性・壊死しても、血清LDH活性はその組織の崩壊程度に比例して高値となる。すなわち、血清LDHが上昇するのはいずれも細胞の損傷によるものであり、激しい運動をし、翌日筋肉痛のあるような場合は、LDH活性は2~10倍の異常値を示すと報告されている<sup>12)</sup>。CPKは主として骨格筋に由来し、運動により高値を示し、激しい運動の後、筋肉痛が残るような場合には、個人差もあるが正常値上限の5~10倍の値を示すといわれている<sup>13)</sup>。CPKは、運動の開始時や10秒以内で終るような無酸素運動の際に重要な酵素である<sup>14)</sup>。

本研究においてLDH、CPKは両群ともに正常値をこえる高値を示し、練習後に増加傾向を示した。これは、練習中の骨格筋群の多大な使用や無酸素的パワーの連続的な発揮により、筋肉の細胞から血中に逸脱したことによるものであろう。すなわち、柔道練習が練習時間からみれば、有酸素的エネルギー系が関与していると考えられるが、その中で、技をかける場合のような瞬間的な筋力の発揮、いわゆる無酸素的エネルギー系の関与も大きいものと考えられる。また、練習中の心拍数が高い水準で推移したことから、心筋からの逸脱も影響している。なお、両群の練習前後での増加率を比較すると、若干ではあるがコントロール群の方が高い結果となった。これは、適切な栄養処方を施した食事給与群の方が呼吸循環機能の反応からみて、より高い水準で練習をしても、筋肉の細胞に与える損傷は比較的軽度であったことを示すものと考えられる。その要因としては、栄養処方の違いによって、血液による酸素運搬能および筋肉や肝臓のグリコーゲン貯蔵量などに影響を及ぼしたことによるものと推察される。

本研究の結果から、適切な栄養処方によって練習による生理的変動に及ぼす影響が大きいことが推察される。したがって、より効果的に競技力を向上させるためには、トレーニング内容を熟

慮するとともに、それに耐えうる生体環境の維持増進に寄与できる、適切な栄養処方による食事を摂取することが重要であると考えられる。

## 要 約

柔道練習による呼吸循環機能の反応および血液性状の変動に及ぼす栄養処方の影響について検討するために、柔道部に所属する健康な男子大学生5名を対象に、専門家の栄養処方による食事を摂取する食事給与群3名、食事を各自に任せたコントロール群2名に分け実験を行った。

結果は以下の通りである。

1. 練習中の心拍数は平均で、食事給与群は154~182拍/分、コントロール群は134~167拍/分であった。
2. 練習中の推定酸素摂取量を最大酸素摂取量に対する割合でみると平均で、食事給与群は68.7~92.6%、コントロール群は52.2~80.0%であった。
3. 練習によって血清LDH、CPK活性は増加し、増加率はコントロール群の方が高かった。

以上の結果から、適切な栄養処方を施した食事給与群の方が呼吸循環機能の反応からみて、より高い水準で練習をしても、筋肉の細胞に与える損傷は比較的軽度であり、適切な栄養処方が定常的な練習強度へ及ぼす影響が大きいことが推察された。

謝辞：本研究を実施するにあたり、教育学部安武律先生に全面的な御協力を頂き、また血液成分の測定は、医療技術短期大学部甲木孝人先生によるものです。ここに記して感謝の意を表します。

## 文 献

- 1) 芳賀脩光, 浅見高明, 小野沢弘史: 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, 1974.
- 2) 芳賀脩光, 貝瀬輝夫, 水田拓道, 植屋清見, 安藤慶子, 杉山允宏, 二星厚子, 老松信一, 大沢慶己: 一流女子柔道選手の合宿練習が生理機能に及ぼす影響について——特に血液生化学からの検討——, 講道館科学研究会紀要, VI, 131-137, 1984.
- 3) 猪飼道夫, 金子公宥: 柔道練習中の心拍数変動——テレメトリー(無線遠隔測定)による——講道館科学研究会紀要, III, 63-68, 1969.
- 4) 貝瀬輝夫, 渡辺雅之, 小野三嗣, 浅野哲男, 久永哲男, 長津平二, 小野寺昇, 菅原正明: 少年期の柔道が身体に及ぼす影響に関する研究(第二報), 講道館科学研究会紀要, VI, 83-89, 1984.
- 5) 金子公宥, 岩田勝, 富岡理: 柔道練習中の酸素摂取量と心拍数, 講道館科学研究会紀要, V, 21-30, 1978.
- 6) 杉山允宏: 柔道における打ち込みの運動強度, 愛媛大学教育学部紀要, 26, 207-220, 1980.
- 7) 杉山允宏: 柔道の運動強度に関する研究(2)連続打ち込みと交互打ち込みの比較, 愛媛大学教育学部紀要, 31, 147-156, 1985.
- 8) 青山晴子, 杉浦克己, 米田実, 山下泰裕, 斉藤仁, 村松成司: 全日本柔道強化選手への栄養・食事の取り組み, 柔道科学研究, 1, 31-38, 1993.
- 9) 青山晴子, 杉浦克己, 米田実, 吉村和郎, 西田孝宏, 村松成司: オリンピック代表選手への食事による減量指導, 柔道科学研究, 1, 39-44, 1993.
- 10) 池田一文: 炭水化物ローディングと運動, 体育の科学, 40 (5), 344-348, 1990.

- 11) 鈴木正成：スポーツの栄養・食事学，第1版，同文書院，pp. 9-43，1988.
- 12) 中山年正：乳酸脱水素酵素 (LDH)，臨床雑誌内科，南江堂，61 (6)，1009-1011，1989.
- 13) 菅野剛史：クレアチンキナーゼ (CK)，臨床雑誌内科，南江堂，61 (6)，1012-1014，1989.
- 14) 伊藤朗 編著：図解・運動生化学入門，第1版，医歯薬出版，pp. 131-146，1988.