

《原著》

女子柔道選手における稽古前の筋疲労が稽古時の好中球機能に及ぼす影響

石橋剛士^{1,2}、高橋一平¹、沢田かほり¹、秋元直樹¹、上谷英史³、西村美八³、谷川涼子^{1,4}、伊藤良^{1,5}、赤池あらた^{1,3}、熊谷貴子⁶、中路重之¹

1 弘前大学大学院医学研究科社会医学講座
 2 熊本学園大学社会福祉学部
 3 弘前大学大学院保健学研究科健康支援科学領域
 4 青森県立あすなろ医療療育センター
 5 日本体育大学
 6 青森県立保健大学健康科学栄養学科

キーワード

1. 筋疲労
2. 運動
3. 好中球機能
4. 柔道

【背景・目的】競技選手において、同様の運動をしても運動前の疲労状況でその運動による身体的負荷は異なると考えられている。しかし、運動前の筋疲労状況の違いが運動時の免疫機能に及ぼす影響について調査した研究はみられない。本研究では、女子柔道選手において稽古前のクレアチンキナーゼ (CK) レベルの違いが稽古時の好中球機能の変動に及ぼす影響を調査した。【対象・方法】本対象は全日本柔道強化合宿に参加した女子柔道選手 15 名である。合宿 2 日目の稽古前後に採血し、筋疲労関連項目 (CK, AST, ALT, LDH) 及び好中球機能 (活性酸素種 (ROS) 産生能, 食食能) を測定した。稽古前 CK 値により対象を低 CK 群と高 CK 群に分け、稽古時の好中球機能の変動を比較・評価した。【結果・考察】低 CK 群では稽古後 ROS 産生能が増加したが、高 CK 群では ROS 産生能の増加はみられなかった。すなわち、高 CK 群では、骨髄から未熟な好中球 (ROS 産生能力が低い) が多く動員されたため、低 CK 群のように有意な稽古後の ROS 産生量の増加が見られなかったものと考えられた。したがって、稽古が好中球機能に及ぼす影響は、稽古前の筋疲労状況により異なる可能性が示唆された。

体力・栄養・免疫学雑誌 第 24 卷 第 3 号 135-142 頁 2014 年

I. 諸言

運動は健康の維持・増進に有効であるが、十分な疲労の回復がないままに運動を反復すると、疲労の蓄積が起り、オーバートレーニングとなる。すなわち、通常練習期では競技選手は非競技選手より上気道感染症のリスクは低いが¹⁾、強化トレーニング期では上気道感染症のリスクが高くなることが指摘されている^{2,4)}。つまり、高強度な練習を繰り返すと、慢性的な免疫抑制が生じる可能性が考えられている^{3,5-7)}。

好中球は循環する白血球の中で最も割合が高く、体外から侵入する微生物や体内で発生した異物に対して食食し、活性酸素種 (reactive oxygen species : ROS) 等で破壊・処理をすることによって免疫機能において重要な役割を果たしている。

運動時においては、好中球は末梢または骨髄から循環中に流入して増加し、損傷した筋組織の修復を行う⁸⁾。しかし、高強度なトレーニングにおいては、末梢系のプーリングが枯渇し、これによる好中球数の減少が病原体に対する免疫反応を低下させ、易感染性を引

き起こすことが指摘されている^{9,10)}。一方、通常時の練習において好中球機能は亢進するが¹¹⁾、高強度なトレーニングにおいては逆に低下することが報告されている¹²⁻¹⁵⁾。したがって、高強度の運動を長期間繰り返すと、好中球はその数 (量) と機能の両方が低下すると考えられる。

一方、運動をすることによって生じる筋組織の変性、損傷状況やこの繰り返により蓄積する筋疲労状況を把握する指標として、クレアチンキナーゼ (CK) をはじめとする筋逸脱酵素がよく用いられる¹⁶⁻¹⁹⁾。具体的には、これまで、CK 値が安静時に 500IU/L を超えている場合には、練習時の筋疲労から回復が十分でないため、練習量を減らす必要がある可能性が指摘されてきた²⁰⁾。

近年、運動時の筋疲労と好中球機能が関係することが明らかにされており、運動により筋が損傷すると、その際に生じる筋肉の断裂片のような生理学的異物に対して好中球の異物反応が亢進し、筋肉の回復が促進されると考えられている²¹⁾。しかし、競技選手における運動前の筋疲労レベルが運動時の好中球機能の変動

に及ぼす影響の詳細は明らかにされていない。この関係を明らかにすることで、トレーニングによる生体負担の指標としての筋疲労 (CK) と好中球機能の意義と有用性解明につながる。

そこで本研究では、世界柔道選手権に出場した女子柔道日本代表選手およびシニア強化指定選手を対象に、稽古前の筋疲労状況を CK により評価し、これが稽古時における好中球機能の変動に及ぼす影響を調査した。

II. 方法

1. 対象者および調査期間

本研究における対象者は、世界柔道選手権に出場した女子柔道日本代表選手5名とシニア強化指定選手10名、計15名であった。

本対象者は稽古前における CK の中央値に基づき、CK の値が低かった8名を低CK群、CK の値が高かった7名を高CK群の2群に区分した。なお、稽古前における CK の平均値±標準偏差は、低CK群において 321.0 ± 36.1 IU/l、高CK群において 555.1 ± 151.4 IU/l であった (表2)。階級区分による内訳は、低CK群において48kg以下級2名、52kg以下級1名、57kg以下級1名、70kg以下級2名、78kg以下級2名であった。高CK群において52kg以下級1名、57kg以下級2名、63kg以下級2名、70kg以下級1名、78kg以下級1名であった。

本調査は、北海道釧路町総合体育館にて全日本女子強化合宿が行われた平成21年7月31日午後から8月5日午前までの1週間であった。このうち強化合宿2日目における午後の稽古前と稽古後の計2回行った。調査が強化合宿2日目の午後となったのは、合宿地に向かう選手の移動やトレーニング、その他のチームスケジュールの都合等による制約があったためであった。なお、本強化合宿以外での対象者のトレーニング実施状況は、所属するチーム毎にスケジュールやその内容等も異なる面もあったが、ランニングやウエイトトレーニング、柔道の稽古により構成されたトレーニングを週6日、1日合計約4~5時間実施しており、選手に対するこの影響は除外できない。また、選手に関して、本調査期間中に筋損傷由来の怪我 (障害) による脱落はなく、血液検査の結果は逐次選手とコーチ陣にその内容について説明を行った。

本研究の実験手順については、弘前大学倫理委員会の承認を受けた上で、事前に全対象者へ調査の目的と内容に関して十分な説明を行い、調査への参加、協力の同意を得て実施した。

2. 身体組成値

身体組成値は、(株) タニタ社製・マルチ周波数体組成計 (MC-190, 東京) を用いてインピーダンス測定法にて体重、体脂肪率、除脂肪体重を測定した。なお、稽古後の体重を除く身体組成値は、体重、血液生化学検査の結果から体内水分の喪失が明らかであったことから、稽古前後の変化を比較する場合は、インピーダンス法を用いた測定条件として不適切であると考え、測定結果から除外した。

3. 血液生化学検査

本対象者から稽古開始直前の安静時 (稽古前) と稽古直後 (稽古後) に10ml の採血を座位にて実施した。そのうち末梢血2ml は血球成分と好中球機能の分析に用い、残りの8ml を3000回/分で10分間遠心分離し、血清を分離・抽出した後、血液生化学検査に用いた。

血球成分の中から免疫関連細胞として白血球数・好中球数を測定した。血球成分の全ての項目はシスメックス社の自動血球測定装置 (Sysmex XE-2100 and SE-9000, Kobe, Japan) を用いた。

筋組織の変性・損傷や筋疲労を把握する為に筋逸脱酵素である Creatine Kinase (CK)、Aspartate Aminotransferase (AST)、Alanine Aminotransferase (ALT)、Lactate Dehydrogenase (LDH) をJSCC標準化法により測定した。また、本研究における稽古前の筋疲労状態の評価に用いたCK値は、イアトロ LQ CK レート JII (株式会社 LSI メディエンス) を用い、以下の反応により生成する NADPH の増加速度から求めた。



なお、血球成分および血液生化学検査の全ては、株式会社 LSI メディエンスに委託し、測定した。

4. 好中球 ROS 産生能および貪食能 PA (Phagocytic Activity) の測定方法好中球 ROS 産生能および貪食能は、FAC-Scan (Becton Dickinson, San Jose, USA) を用いた Two-color 法により測定した。ROS 産生能は、蛍光指示剤 Hydroethidine (HE: $44.4 \mu\text{M}$, Polysciences Inc., USA) を用い、貪食能は、蛍光色素 Fluorescein isothiocyanate (FITC: Sigma Chemical Co., St. Louis, USA) で標識したオプソニン化ゼイモザン (FITC-OZ, Sigma Chemical Co., St. Louis, USA) を用い測定した。

ROS 産生能測定用の血液サンプルは、ヘパリンで凝固抑制した全血 $10 \mu\text{l}$ に HE $22 \mu\text{l}$ を加えた後 (最終濃

Table 1. Physical characteristics and the changes in body weight after the training session in the low and high CK groups

	Low CK group (n=8)	High CK group (n=7)
Age (years)	21.6 ± 2.4	23.6 ± 2.6
Height (cm)	162.9 ± 9.5	162.7 ± 3.1
Body weight (kg)		
Pre-training	65.4 ± 13.4	64.4 ± 7.6
Post-training	64.4 ± 13.2 *	63.0 ± 7.4 *
Relative body fat (%)	23.6 ± 5.0	21.2 ± 4.9
Fat-free mass (kg)	49.4 ± 7.2	50.5 ± 3.2

Values are shown as the mean ± standard deviation.

*: p<0.05, significant difference from the pre-value.

Table 2. Changes in serum myogenic enzyme values between the pre- and post-training assessments in the low and high CK groups

	Low CK group (n=8)	High CK group (n=7)
CK (IU/l)		
Pre-training	321.0 ± 36.1	555.1 ± 151.4††
Post-training	502.3 ± 67.1*	860.9 ± 296.9*††
Change ratio (%)	56.4 ± 9.5	53.2 ± 18.8
AST (IU/l)		
Pre-training	24.3 ± 4.8	30.6 ± 5.6†
Post-training	29.3 ± 5.5*	39.1 ± 9.2*†
Change ratio (%)	20.9 ± 5.5	27.2 ± 11.8
ALT (IU/l)		
Pre-training	15.1 ± 2.7	17.7 ± 4.8
Post-training	16.9 ± 2.9*	20.9 ± 6.0*
Change ratio (%)	11.9 ± 5.2	17.3 ± 5.0
LDH (IU/l)		
Pre-training	253.3 ± 25.7	262.9 ± 49.2
Post-training	308.4 ± 39.6*	316.1 ± 70.2*
Change ratio (%)	21.5 ± 6.2	20.0 ± 11.9

Values are shown as the mean ± standard deviation.

Change ratio = (post-value - pre-value) / pre-value × 100.

*: p<0.05, significant difference from the pre-value.

†: p<0.05, ††: p<0.01, significant difference from the value in the low CK group.

度は 8 μM)、37°Cで5分間インキュベートした。食能測定用の血液サンプルは、さらに FITC-OZ25 μl を加え (最終濃度は 5mg/ml)、37°Cで35分間インキュベートした。両サンプルは、インキュベーション終了後、溶血固定試薬 Lyse and Fix (IMMUNOTECH, Marseille, France) により赤血球を溶血し、固定した。その後、アジ化ナトリウム加 PBS にて 2 回遠心洗浄後、FAC-Scan を用い蛍光強度を測定した。また、食能測定用サンプルについては、測定直前に Fluorescence Quenching Method に従って^{22,23)}トリパンブルー 30 μl (0.25mg/ml, pH4.5, Sigma Chemical Co., St. Louis, USA) を加え、好中球に取り込まれず表面に付着しているだけの FITC-OZ を除外し、FAC-Scan で測定した。

FAC-Scan では、各サンプル毎に好中球 10000 個について蛍光強度を測定した。ROS 産生能、食能は活性化された好中球の平均蛍光強度 (fluorescence intensity: FI) を用いて評価した。また ROS 産生好中球、OZ 食能好中球の割合は蛍光陽性細胞率 (%) として求めた。そして、平均蛍光強度と陽性細胞率を乗じ累積蛍光強度 (cumulative fluorescence intensity: CFI) を算出して量的指標とした。

5. 調査期間における稽古内容

本対象者は、強化合宿中に 1日 7時間のトレーニングを実施した。トレーニングメニューは、午前中は、起床後 1時間の「ランニングトレーニング」、その後朝

Table 3. Changes in the values of blood leukocyte and neutrophil cell counts between the pre- and post-training assessments in the low and high CK groups

	Low CK group (n=8)	High CK group (n=7)
Leukocyte counts (/μl)		
Pre-training	7775.0 ± 1967.4	6771.4 ± 878.9
Post-training	7875.0 ± 1724.4	7185.7 ± 1375.3
Change ratio (%)	2.6 ± 9.2	6.4 ± 16.9
Neutrophil counts (/μl)		
Pre-training	5160.6 ± 1507.3	4504.3 ± 1090.6
Post-training	5328.4 ± 1368.8	4974.3 ± 1457.5
Change ratio (%)	4.7 ± 10.3	13.0 ± 29.7

Values are shown as the mean ± standard deviation.

Change ratio = (post-value - pre-value) / pre-value × 100.

Table 4. Changes in neutrophil functions values between the pre- and post-training assessments in the low and high CK groups

	Low CK group (n=8)	High CK group (n=7)
Total ROS production (CFI)		
Pre-training	849.9 ± 795.9	656.4 ± 414.2
Post-training	1593.1 ± 1137.7 *	1186.9 ± 1205.9
Change ratio (%)	280.5 ± 636.0	54.5 ± 94.0
Total PA (CFI × 10 ³)		
Pre-training	458.3 ± 141.1	467.4 ± 79.7
Post-training	487.9 ± 94.8	493.3 ± 61.1
Change ratio (%)	9.7 ± 15.3	8.3 ± 22.6

Values are shown as the mean ± standard deviation.

ROS production: reactive oxygen species production in the neutrophils.

Change ratio = (post-value - pre-value) / pre-value × 100.

PA: phagocytic activity in neutrophils.

*: p < 0.05, significant difference from the pre-value.

食を含めた 2 時間の「休憩」、続いて 2 時間の「寝技の乱取り (寝技主体の試合形式の稽古)」が中心に行われた。午後は、昼食を含めた 3 時間の「休憩」後、4 時間の「立技の乱取り (投技主体の試合形式の稽古)」が中心に行われた。

6. 統計解析

身体組成値・血液生化学検査の結果は、全て平均値 ± 標準偏差にて示した。また、低 CK 群および高 CK 群の 2 群における各測定項目の稽古前後の平均値の違いは Wilcoxon 検定を用い、2 群間における各測定項目の稽古前後の変化率の違いの検定には Mann-Whitney の U 検定を用いた。稽古前後の筋疲労と総 ROS 産生量の変化量および変化率の相関関係については、Spearman の順位相関係数を求めた。

統計学的解析は、いずれの検定も SPSS Statistics 17.0 を利用し、p < 0.05 で有意差あり、p < 0.1 で傾向ありとした。

III. 結果

表 1 は、低 CK 群と高 CK 群における本対象者の身体的特徴と稽古前後の体重の変化を示している。年齢、身長、体脂肪率、除脂肪体重は、両群間で有意な差はみられなかった。体重は、両群とも稽古前に比べ稽古後有意に低下した (ともに p < 0.05)。

表 2 は、低 CK 群と高 CK 群における本対象者の稽古前後の筋逸脱酵素値とその変化率を示している。CK、AST、ALT、LDH は、両群とも稽古前に比べ稽古後有意に増加した (すべて p < 0.05)。また、CK と AST は、稽古前、稽古後ともに低 CK 群に比べ高 CK 群で有意に高値であった (CK はともに p < 0.01、AST はともに p < 0.05)。

表 3 は、低 CK 群と高 CK 群における本対象者の稽古前後の白血球数・好中球数とその変化率を示している。白血球・好中球数は、両群ともに稽古前後値もその変化率にも有意差はみられなかった。

表4は、低CK群と高CK群における本対象者の稽古前後の好中球機能とその変化率を示している。総ROS産生量は、低CK群でのみ稽古前に比べ稽古後有意に増加し ($p < 0.05$)、高CK群では有意な差はみられなかった。総PAは、両群ともに稽古前後値もその変化率も有意な差はみられなかった。

表5は、本対象者の稽古前後のCKと総ROS産生量の変化量および変化率の関係を示している。変化量についてはCKと総ROS産生量の間には負の相関傾向 ($p < 0.1$)がみられたが、変化率については関連がみられなかった。

IV. 考察

女子柔道選手において、稽古前の筋疲労の違いが稽古時の免疫機能に及ぼす影響を調査した。すなわち、稽古前のCK値により対象を低CK群と高CK群に分け、稽古時の好中球機能の変動に2群間で違いがあるか検討した。

激しい運動は、筋組織の変性や損傷、あるいは筋膜の透過性を亢進させ、筋中に存在する各種酵素を血中に湧出させる^{24,25}。このため、筋逸脱酵素であるCK、AST、ALT、LDHの増減は、その競技の練習量や強度を反映し、筋疲労の指標として有効であることが示されている²⁶。本結果では低CK群と高CK群ともに稽古後CK、AST、ALT、LDHが有意に増加していた。すなわち、本対象者の実施した稽古が筋組織を変性、損傷を引き起こすレベルであったことを示唆していた。さらに、高CK群は低CK群と比べ、稽古前だけでなく稽古後も有意にCKおよびASTが高値であった。すでに、筋疲労はインターバルトレーニングのように疲労から回復することなく繰り返すことによって蓄積し、高まることが指摘されている^{21,27}。本対象者は全員ほぼ同じ量の稽古内容と稽古時間が組まれているため、稽古前の筋疲労が大きい群は小さい群と比べ、同様の稽古を行っても、稽古後の筋疲労が大きかった可能性が示唆された。

白血球数は運動により増加し、その増加は運動強度に依存する²⁸。この機序としては、運動により生じる筋組織の変性、損傷に対しての炎症性サイトカインを介した炎症反応であることが明らかにされている²⁹。またこれに加え、ストレス反応としてカテコールアミンやコルチゾールなどのストレスホルモンの関与も示唆されている²⁹。さらに、高強度な運動後はIL-10等の炎症性サイトカインやコルチゾールが増加し^{30,31}、その機能が低下することも指摘されている³²。本結果では、白血球数・好中球数ともに稽古後有意な変化はみられなかった。しかし、白血球数も好中球数も増加

する傾向が観察され、本結果においても、本対象者が実施した4時間の柔道の稽古が、筋の変性、損傷由来の炎症反応、あるいは運動負荷に対するストレス反応を亢進させたと推察された。また、両群間において、稽古前後値およびその変化率においても有意な差はなく、今回の調査では稽古前の筋疲労状況の違いが白血球数・好中球数に及ぼす影響は少ないと考えられた。

柔道選手も含めて競技選手における通常の練習では、練習により好中球のROS産生量は増加する(通常反応)³³⁻³⁶が、試合や強化合宿のような長時間・高強度な練習では、ROS産生量は低下することが報告されている(非通常反応)¹²⁻¹⁴。本調査において、稽古に伴う総ROS産生量は、低CK群では有意に増加したが、高CK群では増加を示さなかった。すなわち、低CK群では通常反応を示したが、高CK群ではその傾向がみられなかった。一方、総PAについては、両群とも有意な変化を示さなかった。言い換えると、同様の稽古を行っても、稽古前の筋疲労が高い選手の方がより相対的に高い運動負荷となり、免疫機能の変動もより高い運動負荷時のパターン(非通常反応に近くなる)になると考えられた。

このように、稽古前の筋疲労レベルにより、稽古時の好中球機能の変動が異なった要因としては、抗炎症性サイトカインやコルチゾールなどのストレスホルモンの関与により機能が低下した^{30,31}とともに運動時に動員される好中球の成熟度の違いが関与する可能性が考えられた^{37,38}。すなわち、筋疲労が生じることで、その回復のため循環中に辺縁帯と肺から成熟した好中球が動員されるが、これで不十分な場合には骨髄から未熟な好中球も動員される。そして、この骨髄由来の好中球の機能は低いことが明らかにされている^{39,40}。したがって、筋疲労が大きくなると、これに伴い未熟な好中球の動員が増え、総ROS産生量は少なくなったと考えられた。

さらに、本結果において、稽古によりCK値、総ROS産生量ともに増加傾向を示したが、その変化量に関しては負の相関関係がみられた(表5)。したがって、高CK群では、骨髄から未熟な好中球(ROS産生能力が低い)が多く動員されたため、低CK群のように有意な稽古後のROS産生量の増加がみられなかったものと考えられた。一方で本調査のHigh CK groupの安静時CK値は、平均555.1IU/L(最大749、最小386)であるため、女性アスリートの安静時CKの上限値である約400~800IU/Lにほとんどが含まれる⁴¹。このためHigh CK groupの選手は筋疲労の上限レベルであり、筋疲労から回復していないと考えられる。つまり、選手が筋疲労の十分な回復のないままに繰り返し稽古を行った場合には、成熟した好中球が消耗されて幼弱な好

中球の動員が増え、それにより ROS 産生の機能が低下し、易感染性を引き起こす可能性も推測された。

以上より、本結果で、血清の筋逸脱酵素 (CK) などが高い状態、すなわち筋疲労が存在する状態が持続することで、幼弱な骨髄由来の好中球が増加して、免疫機能を低下させる可能性が示唆された。したがってオーバートレーニングの予防を目的としたコンディショニングの指標として CK 値など筋逸脱酵素値の有用性が示唆された。

V. 謝辞

研究を行うにあたり、ご理解、ご尽力頂いた全日本誘導連盟の皆様にご心より感謝いたします。また、このような貴重な期間に本研究にご賛同、ご参加頂いた選手に深く感謝いたします。なお、本研究は JSPS 科研費 22500559 の助成を受けたものです。

(受稿 2013/11/14 受理 2013/12/16)

VI. 文献

- 1) Shephard RJ, Kavanagh T, Mertens DJ, Qureshi S, Clark M: Personal health benefits of masters athletics competition. *Br J Sports Med* 1995;29:35-40.
- 2) Nieman DC: Exercise, upper respiratory tract infection, and the immune system. *Med Sci Sports Exerc* 1994;26:128-39.
- 3) Pedersen BK, Bruunsgaard H: How physical exercise influences the establishment of infections. *Sports Med* 1995;19:393-400.
- 4) Nieman DC, Pedersen BK: Exercise and Immune Function. *Sports Med* 1999;27:73-80.
- 5) Mackinnon LT: Chronic exercise training effects on immune function. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:S369-76.
- 6) Smith LL: Overtraining, Excessive Exercise, and Altered Immunity. *Sports Med* 2003;33:347-64.
- 7) Greeson M: Immune function in sport and exercise. *J Appl Physiol* 2007;103:693-9.
- 8) Tidball JG: Inflammatory processes in muscle injury and repair. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2005;288:345-53.
- 9) Pyne DB, Baker MS, Fricker PA, McDonald WA, Telford RD, Weidemann MJ: Effects of an intensive 12-wk training program by elite swimmers on neutrophil oxidative activity. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27:536-42.
- 10) McCarthy DA, Dale MM: The leucocytosis of exercise. *Sports Med* 1988;6:333-63.
- 11) Suda Y, Umeda T, Watanabe K, Kuroiwa J, Sasaki E, Tsukamoto T, Takahashi I, et al. Changes in neutrophil functions during a 10-month soccer season and their effects on the physical condition of professional Japanese soccer players. *Luminescence* 2013;28:121-8.
- 12) Chinda D, Nakaji S, Umeda T, Shimoyama T, Kurakake S, Okamura N, Kumae T, et al. A competitive marathon race decreases neutrophil functions in athletes. *Luminescence* 2003;18:324-9.
- 13) Suzuki M, Umeda T, Nakaji S, Shimoyama T, Mashiko T, Sugawara K. Effect of incorporating low intensity exercise into the recovery period after a rugby match. *Br J Sports Med* 2004;38:436-40.
- 14) Takahashi I, Umeda T, Mashiko T, Chinda D, Oyama T, Sugawara K, Nakaji S. Effects rugby sevens matches on human neutrophil-related non-specific immunity. *Br J Sports Med* 2007;41:13-8.
- 15) Mochida N, Umeda T, Yamamoto Y, Tanabe M, Kojima A, Sugawara K, Nakaji S. The main neutrophil and neutrophil-related functions may compensate for each other following exercise—a finding from training in university judoists. *Luminescence* 2007;22:20-8.
- 16) Flynn MG, Pizza FX, Boone Jr JB, Andres FF, Michaud TA, Rodriguez-Zayas JR. Indices of training stress during competitive running and swimming seasons. *Int J Sports Med* 1994;15:21-6.
- 17) Koutedakis Y, Raafat A, Sharp NC, Rosmarin MN, Beard MJ, Robbins SW. Serum enzyme activities in individuals with different levels of physical fitness. *J Sports Med Phys Fitness* 1993;33:252-7.
- 18) Brancaccio P, Maffulli N, Limongelli FM. Creatine kinase monitoring in sport medicine. *Br Med Bull* 2007;81-2:209-30.
- 19) Kratz A, Lewandrowski KB, Siegel AJ, Chun KY, Flood JG, Van Cott EM, Lewandrowski EL. Effect of marathon running on hematologic and biochemical laboratory parameters, including cardiac markers. *Am J Clin Pathol* 2002;118:856-63.
- 20) Greeson M, Spurway N, MacLaren D, Nieman DC. *Immune Function in Sport and Exercise*. 1st ed. British: Churchill Livingstone 2006:247-52.
- 21) Kudoh H, Yaegaki M, Takahashi I, Umeda T, Sawada K, Okubo N, Yamamoto Y, et al. The relationship between muscle damage and reactive oxygen species production capability after judo exercise. *Hiroaki Med J* 2014;64:176-85.
- 22) Olerud JE, Homer LD, Carroll HW. Incidence of acute

- exertional rhabdomyolysis. Serum myoglobin and enzyme levels as indicators of muscle injury. *Arch Intern Med* 1976;136:692-7.
- 23) Lemon PW, Mullin JP. Effect of initial muscle glycogen levels on protein catabolism during exercise. *J Appl Physiol* 1980;48:624-9.
- 24) Ebbeling CB, Clarkson PM. Exercise-induced muscle damage and adaptation. *Sports Med* 1989;7:207-34.
- 25) Pedersen BK. Exercise immunology. 1st ed. New York:Springer,1997:5-38.
- 26) Pedersen BK. Exercise immunology. 1st ed. New York:Springer,1997:89-111.
- 27) Wozniak EH, Lerezak K, Lutoslawska G, Blach W, Borkowski L. Changes in plasma creatine kinase activity throughout 10 successive days of judo training. *Biology of Sport* 1996;13:197-202.
- 28) Nieman DC, Tan SA, Lee JW, Berk LS. Complement and immunoglobulin levels in athletes and sedentary controls. *Int J Sports Med* 1989;10:124-8.
- 29) Pedersen BK. Exercise immunology. 1st ed. New York:Springer,1997:39-60.
- 30) Kowatari K, Umeda T, Shimoyama T, Nakaji S, Yamamoto Y, Sugawara K. Exercise training and energy restriction decrease neutrophil phagocytic activity in judoists. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:519-24.
- 31) Suzuki K, Yamada M, Kurakake S, Okamura N, Yamaya K, Liu Q, Kudoh S, et al. Circulating cytokines and hormones with immunosuppressive but neutrophil-priming potentials rise after endurance exercise in humans. *Eur J Appl Physiol* 2000;81:281-7.
- 32) MacKinnon LT. Special feature for the Olympics: effects of exercise on the immune system: Overtraining effects on immunity and performance in athletes. *Immunol Cell Biol* 2000;78:502-9.
- 33) Umeda T, Saito K, Matsuzaka M, Nakaji S, Totsuka M, Okumura T, Tsukamoto T, et al. Effects of a bout of traditional and original sumo training on neutrophil immune function in amateur university sumo wrestlers. *Luminescence* 2008;23:115-20.
- 34) Umeda T, Yamai K, Takahashi I, Yamamoto Y, Tanabe M, Kojima A, Katagiri T, et al. The effects of a two-hour judo training session on the neutrophil immune functions in university judoists. *Luminescence* 2008;23:49-53.
- 35) Yamamoto Y, Nakaji S, Umeda T, Matsuzaka M, Takahashi I, Tanabe M, Danjo K, et al. Effects of long-term training on neutrophil function in male university judoists. *Br J Sports Med* 2008;42:255-9.
- 36) Chinda D, Umeda T, Shimoyama T, Kojima A, Tanabe M, Nakaji S, Sugawara K. The acute response of neutrophil function to a bout of judo training. *Luminescence* 2003;18:278-82.
- 37) Hetherington SV, Quie PG. Human polymorphonuclear leukocytes of the bone marrow, circulation, and marginated pool: Function and granule protein content. *Am J Hematology* 1985;20:235-46.
- 38) McCarthy DA, Dale MM. The leukocytosis of exercise. A review and model. *Sports Med* 1988;6:333-63.
- 39) Yang KD, Hill HR. Neutrophil function disorders: pathophysiology, prevention, and therapy. *J Pediatr* 1991;119:343-54.
- 40) Robson-Ansley PJ, Blannin A, Greeson M. Elevated plasma interleukin-6 levels in trained male triathletes following an acute period of intense interval training. *Eur J Appl Physiol* 2007;99:353-60.
- 41) Mougios V. Reference intervals for serum creatine kinase in athletes. *Br J Sports Med* 2007;41:674-8.

Influence of Pre-Practice Fatigue on Neutrophil Functions after Practice in Female Judoists

Goshi ISHIBASHI^{1,2}, Ippei TAKAHASHI¹, Kaori SAWADA¹, Naoki AKIMOTO¹, Hidefumi KAMITANI³, Miya NISHIMURA³, Ryoko TANIGAWA^{1,4}, Ryo ITO^{1,5}, Arata AKAIKE^{1,3}, Takako KUMAGAI⁶, Shigeyuki NAKAJI¹

- 1 Department of Social Medicine, Hirosaki University Graduate School of Medicine
- 2 Faculty of Social Welfare Kumamoto Gakuen University
- 3 Division of Health Sciences, Hirosaki University Graduate School of Health Sciences
- 4 Aomori Prefectural Asunaro Treatment and Care Center
- 5 Nippon Sport Science University
- 6 Department of Nutrition, Aomori University of Health and Welfare

We evaluated the effect of pre-practice muscle fatigue level before transient physical exercise on the physical condition and neutrophil functions in athletes. The changes in and associations between blood creatine kinase (CK) level immediately before practice and neutrophil function at rest were investigated in female judoists participating in a training camp. Fifteen judoists were divided into 2 groups by their median CK levels before practice: 7 subjects were in the High CK group and 8 subjects in the Low CK group. Myogenic enzymes and neutrophil functions such as reactive oxygen species (ROS) production capability and phagocytic activity (PA) were measured. Total ROS production capability increased significantly post-practice in the Low CK group, but was not seen in the High CK group. In conclusion, allowing recovery from muscle fatigue in athletes prior to exercise is suggested to be effective to maintain their normal immune function which is potentially suppressed during training.

Key words: muscle fatigue, exercise, neutrophil function, judoists

別刷請求先：高橋一平

弘前大学医学部大学院医学研究科社会医学講座

TEL: +81-172-39-5041

FAX: +81-172-39-5038

E-mail: ippei@cc.hirosaki-u.ac.jp (2015 年 4 月より ippei@hirosaki-u.ac.jp)