

## 11. 一流高校柔道選手のコンディショニングの実態 トレーニング期別による形態的, 血液生化学的パラメーターの変動による検討

山梨大学 小山 勝弘  
千葉工業大学 西林 賢武  
明治大学 手塚 政孝  
兵庫医科大学 賀屋 光晴

## 11. Morphological and Biochemical Features of Elite High School Judo Competitors: Their Relevance to the Understanding of “Periodization”.

Katsuhiro Koyama (Yamanashi University)  
Yoshitake Nishibayashi (Chiba Institute of Technology)  
Masataka Tezuka (Meiji University)  
Mitsuharu Kaya (Hyogo College of Medicine)

### Abstract

The purpose of this study was to investigate the variation of morphological and biochemical parameters of elite high school judo competitors from the viewpoint of the concept of “periodization”. August 2000 and January 2001 were the periods studied. In judo, August is considered a competition phase and January is regarded as a preparation phase prior to competition. Body mass, % body fat, and some subcutaneous thicknesses (subscapula, abdomen, and suprailium) were significantly increased in January compared with those in August. In addition, pronounced increases in serum triglyceride, total cholesterol, and leptin concentrations were observed in January. It was noteworthy that serum cortisol, which has a strong catabolic effect, showed a significant elevation in January. This phenomenon should be avoided during the preparation phase in order to produce greater improvements in muscular strength and lean body mass. These results would suggest that scientific training programs for highly trained high school competitors are not appropriately designed.

### 1 緒言

スポーツ科学が進歩した現在, ほとんどのスポーツ種目でトレーニングの期分けを行っている。これはペリオダイゼーション (periodization) と呼ばれ, 競技会においてピークパフォーマンスが

発揮できるようにトレーニングの量や質、あるいは技術練習の量などを時期ごとに調整していくというコンディショニング理論である。基本となるのは1年間というマクロサイクル (macrocycle) とそれらをさらにいくつかに分けて細分化したメゾサイクル (mesocycle) やマイクロサイクル (microcycle) である。様々なスポーツ種目で競技会のある試合期は異なり、またサイクルも同一ではないため、統一的な方法が科学的に確認されているわけではない。むしろ選手や指導者が試行錯誤的に採用しているのが実態であり、柔道競技に関する知見も十分ではないと思われる。しかし、例えば4年ごとに開催されるオリンピックを目指した強化や、年間の主要大会に向けた練習方法の大枠を決定していく作業の中では、必然的に考慮すべき視点といえる。個人が持つ現状での最大パフォーマンスを発揮させるためのピーキング (peaking) の成功は、国際選手だけでなく高校や中学校のクラブで活動する選手も求めるところである。

日本の柔道界に課せられた責務は、柔道の本質を常に探究し続け、柔道を通した人間教育のあり方を提言していくことや、世界の柔道人口を拡大し「柔道」という共通言語を介した交流を促進することなどであろう。しかし昨今の国際大会での結果や、その後に国際柔道連盟において潮流変化が生じることを鑑みた場合、各種国際大会で上位に入賞できる選手を数多く育成し続けることも日本柔道界の使命の一つと考えられる。強化という観点では、柔道選手に必要な体力要素がどのようなものかを明らかにすることが肝要であるが、現在まで様々なレベルの柔道選手を対象にした横断的研究は幾つかなされているものの<sup>1)</sup>、縦断的観察を元にした指導やトレーニング方法を吟味した研究は皆無である。数年間という長いスパンから、数ヶ月、数週間で行う強化方法まで、様々な柔軟性を持った考え方が必要であるが、いずれも時機を得た強化が重要であることに異論はないであろう。このようにペリオダイゼーション等のコンディショニング理論に基づき、柔道選手が行っているトレーニングの現状を評価することは有意義なアプローチであろう。またさらに日本の柔道選手の場合、国際選手として活躍する年齢は平均的に20歳代半ばまでになっており (シドニーオリンピック出場選手の平均年齢、男子26.3歳、女子23.1歳；ミュンヘン世界選手権の平均年齢、男子24.9歳、女子22.6歳)、その土台を形成する段階と思われる高校期に、科学的トレーニングの理解と実践が行われているかは、将来的な選手育成成功の鍵を握る一つのポイントになるとと思われる。

そこで今回は特に高校柔道選手に焦点を当て、高校で行われているトレーニングの実態を、同一選手の形態的、あるいは生化学的変化を縦断的に捉えることで推察することを試みた。

## II 方法

### A. 被験者

被験者は予め本研究の趣旨、具体的な内容を理解し賛同してくれた健常な男子高校生15名とした。被験者は全員、2000年度の全国高等学校総合体育大会・柔道競技に県の代表として出場した高校の柔道部に所属する者であった。

### B. 測定項目

被験者の形態測定、および血液生化学的測定を2000年8月初旬と2001年1月初旬の計2回、5ヶ月間の間隔をあけて同一環境条件下に行った。

形態的測定として身長、体重、生体インピーダンス法による体脂肪率、皮脂厚を計測した。皮脂厚に関してはキャリパー (栄研式) の操作に熟達した同一験者が、胸部、上腕三頭筋、肩甲骨下角、腹部、腸棘上部、大腿前部を対象に測定した。

十分な睡眠後の午前9時から10時の間に、朝食を抜いた状態で末梢血の採取を行った。得られ

た試料に適切な前処理操作を加え、生化学的測定にあてた。血液サンプルの具体的な測定項目としては、インスリン、テストステロン、コルチゾール、レプチン、トリグリセライド、遊離脂肪酸、総コレステロール、尿酸、CPK活性、およびLDH活性を対象にした。

### C. 統計処理

結果は全て平均±標準誤差で表した。測定値の平均値の差の有意差検定にはpaired t-testを用い、有意差の限界を5%未満とした。有意差のあった項目はすべて、図中に「\*」の記号を付して示した。

## III 結果

### A. 形態的变化

被験者の体重、および体脂肪率は8月に比し1月で有意に増大した (Fig. 1, ともに $P < 0.05$ )。また身体各部位の皮下脂肪厚は、全般的に1月で大きな値を示す傾向をみせた。特に肩甲骨下角、腹部、および腸棘上部の1月における皮下脂肪厚は、いずれも8月と比べて有意に増加した (Fig. 2, すべて $P < 0.01$ )。

### B. 生化学的变化

血液中の中性脂肪、および総コレステロール濃度は8月に比し1月で有意に上昇した (Fig. 3, それぞれ $P < 0.001$ ,  $P < 0.01$ )。血清のCPKとLDH活性については、2回の測定間に顕著な変化は認められなかった。また8月の血清尿酸濃度は、1月に比べて有意な高値を示した (Fig. 4,  $P < 0.01$ )。血中のインスリンレベルは全く変動せず、テストステロン濃度も1月の測定ではわずかに上昇したが有意差はなかった。しかしコルチゾールに関しては、8月に比し1月で明らかに増大した (Fig. 5,  $P < 0.05$ )。血漿レプチン濃度は1月の測定時に有意に上昇した (Fig. 6,  $P < 0.01$ )。血液中のテストステロン濃度とコルチゾール濃度の比率を評価したところ、8月に比べ1月で有意に低下した (Fig. 6,  $P < 0.01$ )。

## IV 考察

本研究は高校柔道選手の形態的、血液生化学的パラメーターが、年間のトレーニングサイクルの中でどのように変動するのかを検討し、トレーニングの期分け、ペリオダイゼーション理論に基づいた強化体制が整備されているか否かを評価することを目的として行われた。被験者として参加してもらった高校生は、全国高等学校総合体育大会に県の代表として参加した柔道部員であり、高い競技レベルを有した集団といえる。2回の各種測定は2000年8月と2001年1月に行った。これは高校柔道の競技会シーズンをペリオダイゼーションの理論に基づいて概観したとき、各地方大会や高校総合体育大会などの主要大会が春から夏にかけて開催され、冬には比較的大きな大会が行われていないという事情を考慮したものである。すなわち8月は高校柔道選手にとっての試合期の最終局面であり、1月は春からの競技会に向けて充電をするプレシーズン、準備期間であり、競技力の土台となる基礎体力を向上させる時期と捉えられるであろう。

2回の形態的パラメーター観察の結果、明らかな体重増加が1月の段階で認められた。またこの体重増加は、体脂肪率の有意な増加を伴っていることから、体脂肪量の増大に起因する現象であると考えられる。計算によって求めた体脂肪量の増加は、平均で実に1.41kgにも達していた (data not shown)。わずか5ヶ月間で生じた競技選手の体脂肪増加量としては非常に大きいものである上に、体重変化分のほとんどが体脂肪量の増大、あるいは骨格筋を中心とした除脂肪量の減少 (平均で0.49kg, data not shown) によると推察される点は着目に値する。

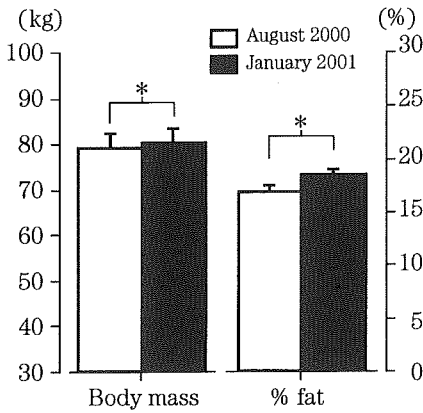


図1 体重, および体脂肪率の変動  
**Fig. 1 Body mass and % fat in elite high school judo competitors, in Aug 2000 and Jan 2001**

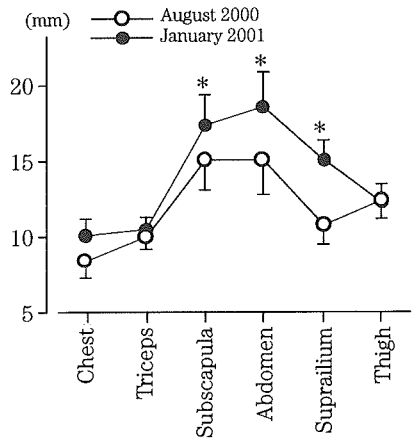


図2 皮下脂肪厚の変化  
**Fig. 2 Subcutaneous thicknesses in elite high school judo competitors, in Aug 2000 and Jan 2001**

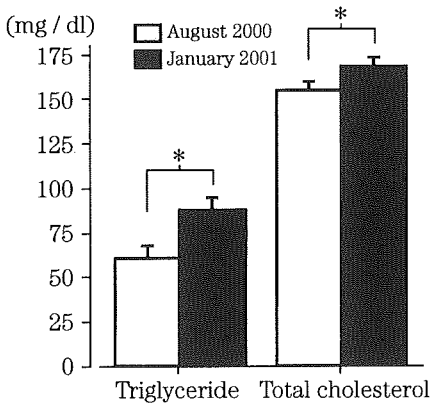


図3 血清中性脂肪, および総コレステロール濃度の変動  
**Fig. 3 Serum triglyceride and total cholesterol concentrations in elite high school judo competitors, in Aug 2000 and Jan 2001**

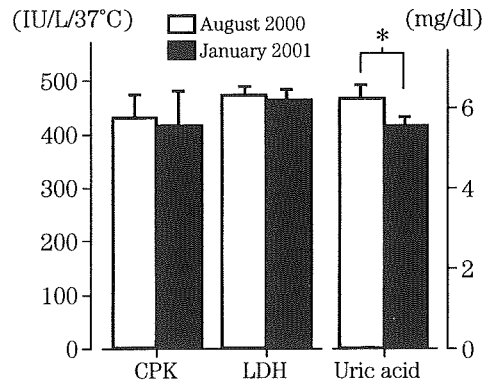


図4 血清CPK, LHD活性および尿酸濃度の変化  
**Fig. 4 Serum enzyme activities (CPK and LDH) and uric acid concentrations in elite high school judo competitors, in Aug 2000 and Jan 2001**

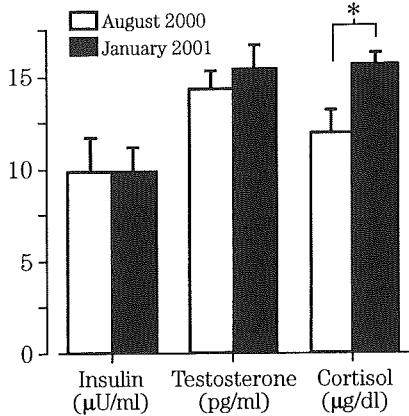


図5 血中インスリン、テストステロンおよびコルチゾールレベルの変動

Fig. 5 Plasma concentrations of insulin, testosterone and cortisol in elite high school judo competitors, in Aug 2000 and Jan 2001

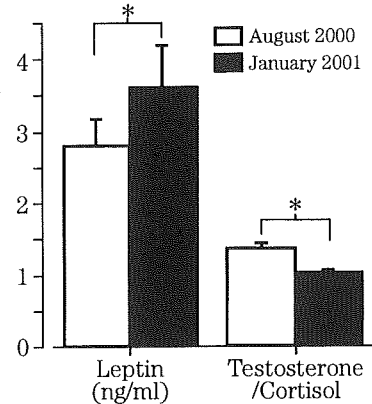


図6 血清レプチン濃度、および血清テストステロン/コルチゾール比の変動

Fig. 6 Serum leptin concentration and the ratio of testosterone/cortisol in elite high school judo competitors, in Aug 2000 and Jan 2001

身体各部の皮下脂肪厚を評価した結果、上腕三頭筋と下腿では大きな差異を認めなかった。しかし肩甲骨下角、腹部、および腸棘上部において、いずれも1月の時点で8月に比し有意に増加していることが示された。いわゆる体幹の皮下脂肪厚の増大が特徴的であり、体重や体脂肪率の変化と相関し、エネルギー収支バランスの崩壊が反映されたものと考えられる。一般に皮下に蓄積する脂肪の代謝特性として、内臓脂肪よりもその合成・分解能が遅いことが指摘されている<sup>2)</sup>。ほぼ全員の被験者に、前述の3部位の皮下脂肪厚増加がみられたことは、非常に重要な意味を持っていると思われる。すなわち、柔道部としての活動内容が全被験者の1月の形態の特性に影響を与え、おそらく1月の測定日以前に長期的なエネルギー過剰状態に曝されていたものと推察される。

このような仮説は血中の中性脂肪、あるいは総コレステロールレベルが、1月の段階で8月に比し有意に上昇していたことから支持される。また血中から血液脳関門を経て髄液中に移動し、視床下部に達して摂食を調節するレプチンについても、血中レベルが1月に著明に増大し、過食(エネルギー摂取過多)や脂肪細胞における脂肪過剰蓄積を示唆する結果を示した。先行研究においても体脂肪率と血中レプチンが正の相関を有することが報告されており<sup>3)</sup>、本研究の結果と矛盾しない。

これらの結果から判断すると、基礎体力の増強を図るべきプレシーズンである準備期に、十分なトレーニング量が確保されず、体脂肪率の上昇などによって示される慢性的なエネルギーインバランスが生じていた可能性があるといえる。また単に脂肪量の増加が生じているだけでなく、骨格筋を主とした除脂肪体重の減少が確認されており、基礎体力要素としての筋量の増大が達成されていなかったものと思われる。

本実験の被験者が1月の準備期間に相当する時期に、十分な量を確保したトレーニング計画を立てて実行していなかった可能性を、他の生化学的パラメーターによってさらに多角的に評価した。血中の逸脱酵素であるCPK、およびLDH活性を比較した場合、8月と1月との間には有意な

差異は認められなかった。筋損傷の間接的マーカーにおいては差が認められないということになる。血清尿酸濃度は8月に有意に高値を示した。尿酸レベルは、高強度運動による骨格筋アデニンヌクレオチド異化亢進によって上昇するとされており<sup>4)</sup>、全国高等学校総合体育大会に向けて稽古を積んできた試合期の8月に、より大きな身体的、代謝的ストレスが生じていたことを示唆している。準備期に量的な負荷をかけたトレーニングを積んでいたならば、8月と1月との間にこのような差異は生じなかったのかも知れない。アナボリックホルモンであるテストステロンと、カタボリックホルモンであるコルチゾールの比(T/C)は、1月の値において有意に低下した。T/Cは慢性的な疲労の目安として活用されるもので、その低下がオーバートレーニング症候群と関連すると報告されている<sup>5)</sup>。本実験における1月のT/C低下は、コルチゾールの有意な増大によるものと思われる。しかし被験者の形態的パラメーターの変動から推測する限り、ストレスホルモンであるコルチゾールが上昇する機序は明らかにならない。ペリオダイゼーションの理論からすれば、基礎体力を養成すべき期間に異化を助長するような生体環境は、明らかにトレーニング効果を減じるマイナス要因と捉えられる。季節間変動が存在するにしても<sup>6)</sup>、試合の無いトレーニング期にコルチゾールレベルが増大するメカニズムについては今後の詳細な検討が必要であろう。

一流高校柔道選手の体幹筋力を評価した先行研究において、高校柔道選手は大学生や一般成人の柔道選手に比較して体幹の筋力が顕著に低いことが指摘されている<sup>7)</sup>。体幹の筋群は、末梢の全ての筋(四肢の筋)が動きを発現する際の支柱(軸)として機能するため、絶対的筋力不足による動揺、不安定性は明らかに不利益となる。柔道競技において高いパフォーマンスを発揮するための前提条件が体幹支持力であり、じっくりと量的に十分なトレーニングを組んでいく最適な時期がプレシーズンであろう。しかし試合の無い時期であることがトレーニングや稽古への集中力を欠く要因になっているとも考えられ、本研究ではその可能性が示されたものと思われる。また今回の結果は、ペリオダイゼーションという期分けの概念や意義、さらには重要性についての認識不足が、高校柔道の世界では残存するという事実を物語っているのかも知れない。

シーズン制のはっきりしているプロ野球やアメリカンフットボールの選手などは、機能的なペリオダイゼーションが構築されたトレーニングを行っている。柔道に関しては大会が各季節に行われ、国外での大会にも参加するケースがあり、単純に期分けの概念を持ち込むことは難しい。しかし少なくとも年間というマクロサイクルではなく、4シーズンに大別したメゾサイクルにおける中期目標を設定し、トレーニングの内容、量、強度や、技術練習の組み入れ方を計画していく姿勢が、個人の最大パフォーマンスを発揮させる鍵となることを認識すべきと思われる。

#### 参考文献

- 1) 西林賢武, 手塚政孝, 佐藤行那, 高橋邦郎, 海老根東雄: 柔道選手における身体組成に関する研究—競技成績による比較—. 講道館柔道科学研究会紀要 8: 57-69, 1999.
- 2) Shimomura I, Tokunaga K, Kotani K, Keno Y, Yanase-Fujiwara M, Kanosue K, Jiao S, Funahashi T, Kobatake T, Yamamoto T, Matsuzawa Y: Marked reduction of acyl-CoA synthetase activity and mRNA in intra-abdominal visceral fat by physical exercise. *Am J Physiol* 265: E44-50, 1993.
- 3) Considine RV, Sinha MK, Heiman ML, Kriauciunas A, Stephens TW, Nyce MR, Ohannesian JP, Marco CC, McKee LJ, Bauer TL, Caro JF: Serum immunoreactive-leptin concentrations in normal-weight and obese humans. *N Engl J Med* 334 (5): 292-295, 1996.
- 4) Koyama K, Kaya M, Tsujita J, Hori S, Ito A: The function of the purine nucleotide cycle in severe con-

- traction of skeletal muscle. *Acta Medica Hyogoensia* 21 (2): 151-158, 1996.
- 5) Urhausen A, Kullmer T, Kindermann W: A 7-week follow-up study of the behaviour of testosterone and cortisol during the competition period in rowers. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 56 (5): 528-533, 1987.
  - 6) Hansen AM, Garde AH, Skovgaard LT, Christensen JM: Seasonal and biological variation of urinary epinephrine, norepinephrine, and cortisol in healthy women. *Clin Chim Acta* 309 (1): 25-35, 2001.
  - 7) 春日井淳夫, 小山勝弘, 賀屋光晴, 山崎俊輔, 高橋邦郎, 手塚政孝: 柔道選手のパワー養成のためのトレーニング処方確立に関する基礎研究-等速性筋力からみた柔道選手の筋力特性について-. *講道館柔道科学研究会紀要* 8: 71-100, 1999.