
柔道選手の運動作業能に及ぼす大豆ペプチド長期摂取の効果

村松成司¹ 山崎俊輔² 服部洋兒³ 服部祐兒⁴

¹千葉大学 ²甲南大学 ³大同工業大学 ⁴筑波大学

Effect of soy-peptide intake for long term on exercise performances
of Judo athletes

Shigeji Muramatsu¹ Shunsuke Yamazaki² Yoji Hattori³ and Yuji Hattori⁴

¹ Chiba University ² Konan University ³ Daido Institute of Technology

⁴ University of Tsukuba

Abstract

The present study was carried out to investigate the effect of soy-peptide(SP) intake for 5 months on exercise performances of Judo athletes. Subjects were divided into two groups, one was soy-peptide group (P group) and the other was control group(C group). All subjects were fed their usual diet daily, but the subjects in P group took a SP-drink(contained 10g of SP per can), twice a day(one after exercise training and the other before going to bed).

The results obtained were as follows;

No significant differences of body weight were observed between P and C groups throughout the experimental period. Body fat mass (%Fat) had the tendency of slight decrease at the final month, but with no significances. Lean body mass(LBM) had no significant differences between the two experimental groups, but LBM in P group was significantly higher at the final month compared with that at the initial month. Bench press had no differences at the first stage of experimental period, but, at the second stage, bench press in P group seemed to be higher than that in C group. Upper-back was higher in P group than that in C group throughout the experimental period, and, in particular, significant difference was found at the final month. Leg-extension was significantly higher in P group than that in C group throughout the experimental period. Shoulder-press increased in both groups, and particularly in P groups, significant difference was found at the final month. Squatt increased in both groups, and at the middle stage in P group, significant high value was observed compared with that at the initial month. Grip strength had no changes at the first stage but at the second stage, significantly increased compared with that at the initial month. Maximal anaerobic power(Pmax) significantly increased in P groups, in particular, at the final stage Pmax in P group was significantly higher than that in C group. Revolutions of pedalling significantly increased in both groups compared with those at the initial month, but increment of revolutions was higher in P group than that in C group with significances.(Chiba Journal of Physical Education,18,41-48,1994)

緒言

近年、スポーツ選手の競技力向上のための栄養対策が再度注目を浴びてきている。筋力の向上、呼吸循環機能の充実、体組成の改善、体調管理等に日常の食生活・栄養の果たす役割は大きい。特に筋力の向上には筋肉タンパク質の合成を促すために適切な運動刺激と十分なタンパク質の補給が重要であることは周知の事実である。運動刺激は血液中にタンパク質合成促進ホルモンである成長

ホルモン(GH)の分泌を促すが^{1,8)}、その際血液中にタンパク質(アミノ酸)が供給されていれば効率よく筋肉肥大に利用されることが考えられる。しかしながら、食品中のタンパク質は消化吸収過程を経て比較的長時間かけて血液中に取り込まれること、また、運動後の血液は酸性に傾く傾向にあることから酸性pH領域におけるタンパク質の溶解性が影響することなどからして、運動後の血中GH分泌増加と血中タンパク質・アミノ酸

レベル増加のタイミングの調整が食品からのタンパク質摂取時ではなかなか難しくなることが考えられる。

大豆ペプチド (Soy Peptide; 以下 S P と略す) は大豆タンパク質を酵素処理し、精製過程を経て得られた低分子のペプチドで、摂取後非常に速やかな吸収パターンを示し¹⁾³⁾²²⁾、水溶液の粘度が極めて低いこと、さらに酸性 pH 領域においても比較的高い溶解性を示すこと⁷⁾が特徴である。これらの特徴は先に指摘したタンパク質摂取のタイミングにおける問題点をかなり改善すると考えられることから、S P がスポーツ選手の筋力向上のための補給タンパク質として極めて優れた効果をもたらすことが予想される。

以上の観点から、今回、日常の運動訓練中の S P 長期投与がスポーツ選手の形態および運動作業能にどのような効果をもたらすかを検討した。

実験方法

被験者として K 大学現役柔道部員 10 名を用いた。被験者の身体的特徴を表 1 に示した。彼らはいずれも週 5 日、1 日 3 時間の練習を行い、さらに週 3 日ウェイトトレーニングと走トレーニングを組み入れている。K 大学は大学の全国大会にも出場しており、今回の被験者はいずれも柔道においてかなりの熟練者と考えられる。被験者には事前に実験の目的について説明し、了解を得た。

実験期間は 5 ヶ月とした。被験者を S P 投与群

Table 1. Characteristics of subjects.

Grp.	Sub.	Age (yrs)	BH ^a (cm)	BW ^b (kg)	%Fat (%)
P ^c	A	21	178.7	78.9	14.0
	B	20	178.0	74.8	8.7
	C	19	170.4	67.4	6.7
	D	18	168.8	93.2	27.6
	E	18	170.2	74.6	15.6
C ^d	F	19	178.2	75.9	13.5
	G	22	171.8	70.2	8.2
	H	18	170.3	65.5	9.8
	I	18	178.5	127.5	29.9
	J	18	173.0	62.4	10.3

^aBH;Body height, ^bBW;Body weight

^cP;Soy Peptide Group ^dC;Control Group.

(P 群) と対照群 (C 群) の 2 群に分けた (各群 5 名)。期間中、両群ともに普段の食事を取らせ、P 群の被験者にはさらに S P を一定量混入したドリンクを 1 日 2 本 (練習後および就寝前に各 1 本) 連日与えた。このドリンクの成分値は表 2 に示した。全量 250ml / 本であるが、その中にタンパク質として 10 g の S P を含むように作られている。

Table 2. Contents of nutrients in soy-peptide drink per can.

Water	219ml	Ca	60mg
Protein	10g	P	13mg
Carbohydrate	18.7g	Fe	1mg
Ash	0.7g	Na	257mg
		K	13mg
Vitamin B1	0.1mg		
B2	0.15mg		
B6	0.1mg		
B12	0.1μg		
Vitamin C	3.75mg		
Niacin	1.0mg		
Pantothenic acid	0.5mg		
Total Energy	115kcal		
Total Volume	250g		

測定は実験前と投与期間中 1 ヶ月おきに 5 回、計 6 回、同様の項目を行った。以後測定月を S P 投与前を [0] とし、それ以降を 1 ヶ月ごとに [1], [2], [3], [4], [5] とした。運動作業能の測定としては最大筋力測定装置 (TREMEX SYSTEM) を用いてベンチプレス、アッパーバック、レッグエクステンション、レッグカール、ショルダープレス、スクワットを測定した。また、パワーマックス V (コンビ社製) を用いてすでに装置に組み込まれた 3 段階の設定負荷で全力ペダリング (1 回 10 秒) を行い、最大無酸素パワーを求めた。さらに、最大無酸素パワーの測定とは別に体重の 0.04 を乗じた負荷強度で 7 秒間を 2 回全力で漕がせ、その時の最大回転数を求めた。また、握力、背筋力、上体起こし (30 秒間にできる腹筋動作の回数)、立位体前屈も測定した。

今回のような栄養摂取実験では期間中のエネルギー摂取量、タンパク質摂取量等が正確に管理された実験食をとることが一般には要求される。しかしながら、本実験は 5 ヶ月間と長期実験であるために食事管理が困難であること、また、選手の

日常の食生活を基本にした場合のSP投与の効果を検討することを目的としたので、本実験では特に決められた実験食は計画しなかった。その代わりに、期間中に極端な偏食、絶食等の食生活が続くことのないように日常の食事に関して選手と常時カウンセリングを行い、普段の食生活を維持するように指導した。また、基本となる選手個々の日常の食事状況（食生活スタイル・内容）については事前に調査を行い、両群の選手の間に大きな差がないことを確認した。その結果は表3に示した。

Table 3. Results of food inquiry.

(Mean ± SD)	P ^a	C ^b
Energy kcal	2816.6 ± 369.2 (3045.6 ± 369.2) ^c	3015.4 ± 301.2
Protein g	100.7 ± 19.4 (120.7 ± 19.4) ^c	110.1 ± 30.5
Lipid g	95.4 ± 15.2 (95.4 ± 15.2) ^c	109.9 ± 15.3
Carbohydrate g	364.5 ± 88.2 (401.9 ± 88.2) ^c	363.6 ± 71.5

^aP; Soy Peptide Group, ^bC; Control Group,

^cTotal content in daily food and SP-drink.

実験期間中の柔道練習およびトレーニングについては部としての強化スケジュールに従い、10名全員ほぼ同様なメニューをこなすように指示した。

統計的処理については各群内の変動については対応のある場合の、群間の差については対応のない場合のt-testを用いた。

また、期間中定期的に血液性状を測定し、被験者の臨床上的の問題もチェックした。

結果

体重の変化は、実験期間中、個々においてはやや変動がみられたものの、平均値では両群ともにほとんど変動が見られなかった。血中諸成分の変動についても臨床的に問題となる変動は見られなかった。

トレマックスを用いて測定した筋力および握力、背筋力、上体起こし、立位体前屈の変化を図1に示した。ベンチプレスは[2]、[3]において両群に

差がみられなかったが、[4]、[5]ではP群が高い傾向にあった。アッパーバックは全期間を通してP群が高く、[1]、[4]、[5]では有意な差であった。P群の増加は[0]に比較して[2]、[4]、[5]で有意な増加であった。レッグイクステンションは[2]から[5]までC群よりもP群が高く、[2]、[4]、[5]では有意であった。また、P群の増加は初期の[0]に比較して有意な増加であった。レッグカールはP群、C群ともに[0]と比較して有意な変動は見られなかった。[2]においてP群とC群の間に有意な差がみられたが、これはC群が低下したために見られたものである。ショルダープレスはP群、C群ともに[0]よりも増加傾向を示し、C群では[1]に、P群では[5]に有意な増加を示した。両群間の比較では有意な差は見られなかった。スクワットは両群ともに[0]に比べて増加傾向を示し、特にP群の[2]、[4]では[0]に対して有意な増加であった。両群間では[1]、[3]でほとんど差がみられなかったが、それ以外はC群よりもP群の方が高い傾向にあった。握力はP群の[1]～[3]ではほとんど変化がみられなかったが、[4]、[5]では有意な増加を示した。C群はいずれの月も増加傾向を示したが、有意ではなかった。両群間ではC群が高い傾向にあったが有意な差は見られなかった。背筋力は両群ともに実験の経過とともに漸次増加を示し、[2]～[4]ではいずれも初期値[0]に対して有意な増加であった。両群間にはほとんど差がみられなかった。上体起こしも背筋力同様初期値に対して両群ともに有意に増加した。両群間にはほとんど差がみられなかった。柔軟性（立位体前屈）はP群が初期値[0]よりも増加傾向にあったが、有意な差はみられなかった。C群では後半に増加する傾向がみられた。両群間に有意な差はみられなかった。

パワーマックスVを用いた最大無酸素パワー（Pmax）および体重の0.04を乗じた負荷強度で7秒間を2回全力で漕がせた時の回転数を図2に示した。PmaxはC群がほとんど変化を示さなかったのに対して、P群は[1]より増加傾向を示し、[2]～[5]では有意に増加した。特に[4]、[5]では

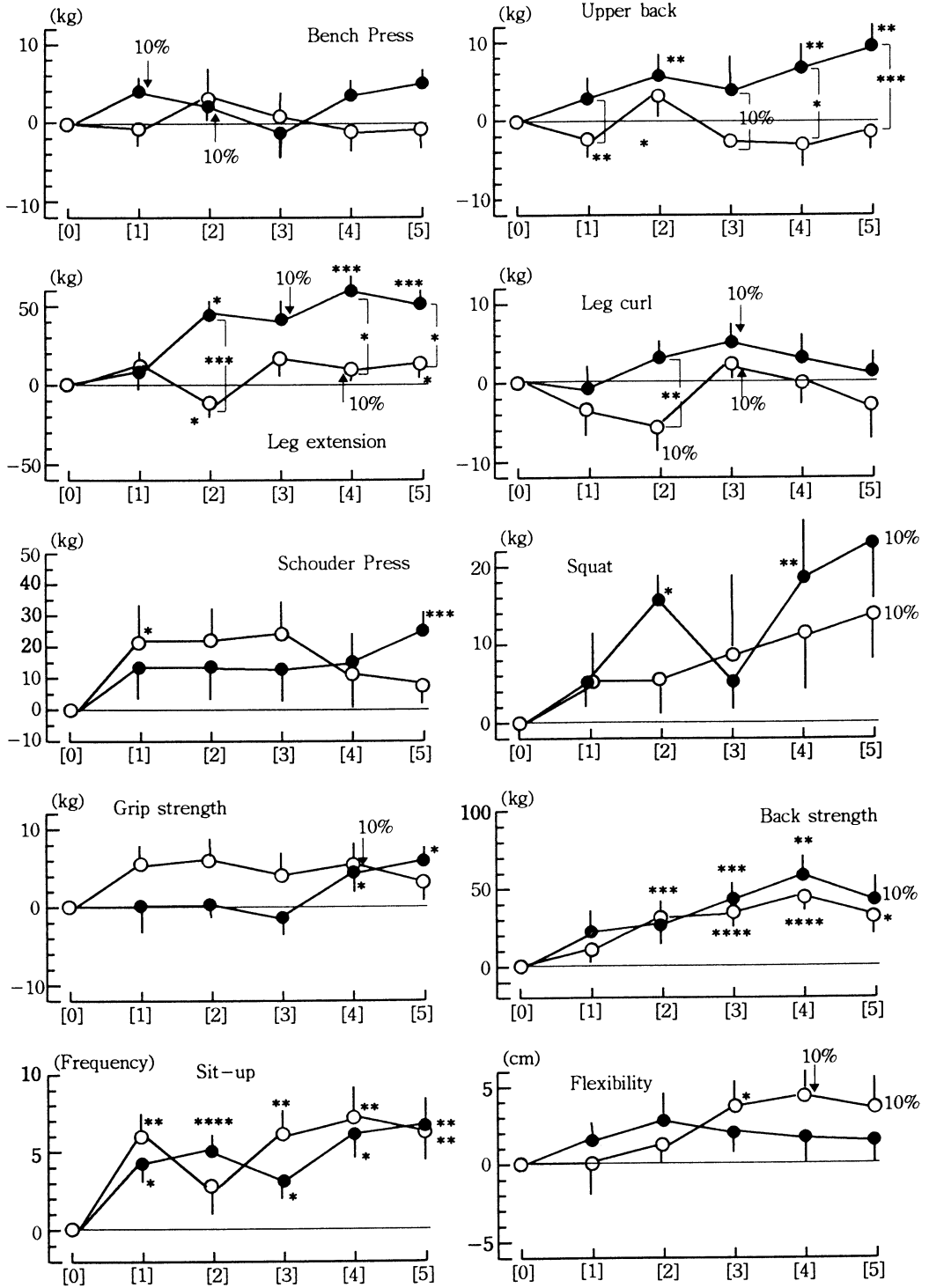


Fig.1. Changes in various types of muscle strength(Mean ± SE).

(Significance * $p < 0.05$, ** $p < 0.025$, *** $p < 0.01$, **** $p < 0.005$)

(● P group ○ C group)

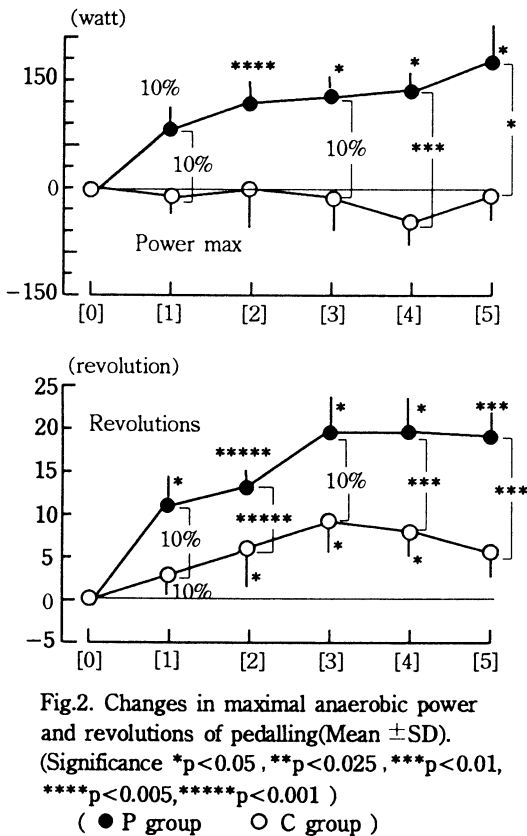


Fig.2. Changes in maximal anaerobic power and revolutions of pedalling(Mean \pm SD). (Significance * $p < 0.05$, ** $p < 0.025$, *** $p < 0.01$, **** $p < 0.005$, ***** $p < 0.001$) (● P group ○ C group)

P群はC群に対して有意な差を示した。7秒間を2回全力で漕がせた時の回転数はP群、C群ともに初期値に対して有意な増加を示したが、その増加量はC群よりもP群の方が大きく、[2]、[4]、[5]では有意な差を持ってP群の方が高かった。

考 察

運動訓練によって筋肥大がもたらされるような場合には筋肉タンパク質の合成が必要であり、これは結局食事からのタンパク質が利用される。したがって、運動選手の筋力アップのためのタンパク質栄養は古くから関心が高く、多くの研究がなされてきている。それらは運動能力^{3) 14)}、窒素出納^{8) 9)}、血漿タンパク質^{20) 21)}、スポーツ性贫血^{23) 24)}、さらには有酸素性エネルギー代謝能力^{3) 25)}など様々な観点からタンパク質の至適摂取量について扱っている。量的な問題に関しては概観するとタンパク質摂取量が不足するような場合

にはスポーツ性贫血等の悪影響が報告されているが、逆に過剰なタンパク質を与えてもさらなる効果は期待できないことを示唆しているように思われる。また、摂取タンパク質の質的な問題については必須アミノ酸である分岐鎖アミノ酸の添加効果^{2) 16)}が検討されており、分岐鎖アミノ酸を合宿時に投与することにより運動訓練の効果を認め¹⁰⁾、さらに減量時において除脂肪体重の減少を低く抑え、体脂肪をより減少させる^{11) 17)}ことなどが報告されている。

このように運動選手の競技力向上のためのタンパク質栄養の摂取効果に関しては多くの報告がなされてきているが、その効果についての意見は一定していない。その原因の一つに運動負荷(トレーニング)の内容の差異があげられる。摂取タンパク質は生体内で筋肉タンパク質として再合成されるが、この時の運動負荷が筋肉タンパク質の再合成を促し、筋肥大をもたらすために質的に十分であるかどうかを考慮しなければならない。タンパク質合成ホルモンであるGHは比較的長い時間をかけて行う運動よりも、短時間であっても最大負荷量を繰り返す運動をおこなうことにより分泌が増加することが報告されている¹⁸⁾。これまでの報告の多くは運動の質的な問題には触れておらず、一般的に自転車エルゴメーターあるいはトレッドミルを用いて時間をかけて追い込むスタイルが多い。今回は大学の現役柔道部員を被験者として用いた。かれらは、日々の柔道の練習に加えウェイトトレーニングも行っており、内容的には最大筋出力を繰り返す形態の運動が多く、筋肥大をもたらすための運動負荷条件としては比較的ふさわしいものであったといえる。

2つ目の問題点として、運動選手のトレーニング効果とタンパク質栄養の関連を検討する場合、タンパク質の摂取タイミングがある。これまでの報告では1日あたりの摂取量については言及しているが、運動時間と関連させてタンパク質摂取の時期について言及している報告は少ない。先に述べたようにタンパク質の合成ホルモンであるGHは運動後あるいは睡眠時に決まったパターンで分

泌が促進されることが報告されている^{6) 18)}。GHの分泌が促進されている状況下で血液中に十分なタンパク質（アミノ酸）が供給されていることがより大きな効果をもたらすための重要な鍵と考えられる。したがって、運動後あるいは睡眠時のGHの分泌パターンに合わせてタンパク質の摂取タイミング（消化吸収時間も考慮にいたした）を調整することが必要となる。そのために比較的消化吸収しやすく、また体内に取り込みやすいタイプのタンパク質の工夫が求められる。

今回は摂取後非常に速やかな吸収パターンを示し^{13) 22)}、水溶液の粘度が極めて低いこと、さらに酸性pH領域においても比較的高い溶解性を示すこと⁷⁾が報告されているSPを運動後および就寝前に摂取させて、非摂取群と比較検討した。

握力、背筋力、上体起こし（30秒間にできる腹筋動作の回数）、立位体前屈などの基本的な筋力および最大無酸素パワーなどの運動機能は全般的にSP摂取群がSP非摂取群に比べて高まる結果を得た。これらはSPが有する特徴とSPの摂取タイミングを工夫したことによってもたらされたものと考えられる。しかしながら、筋力測定を含めた運動能力の諸変化からはSP投与の好影響が認められたが、体組成の状況を示す除脂肪体重および%Fatの変化はSP投与群と非投与群とでほとんど差がみられず、今回得えられた運動能力におけるSP投与の好影響が筋タンパク質の合成促進の結果としての筋肥大によってもたらされたものか否かについては言及できない。SPが摂取後、筋タンパク質合成に積極的に取り込まれたかどうかについては今後の栄養生化学あるいは組織学的な研究を待たなければならない。これまでもSP投与の効果に関して医学的な臨床研究、動物実験を用いた栄養学的な検討はかなりなされてきている。その中で特にスポーツの分野に関係した興味深い結果として「体脂肪減少効果が大きいこと」⁴⁾、「低エネルギー摂取時にも基礎代謝量の低下が認められないこと」⁵⁾、「交感神経の活性化を通して熱産生を亢進させること」¹⁵⁾などの報告がある。これらはスポーツ選手の体組成の改善、

減量対策、さらには交換神経系を介したコンディショニング対策への応用などにおいてSPの貢献度が広いことを示唆するものと考えられる。今後、それらの観点よりスポーツの現場での実用的研究をさらに進めていくつもりである。

まとめ

日常の運動訓練時にSPを長期投与することによりスポーツ選手の形態および運動作業能にどのような効果をもたらすかを検討した。

被験者はK大学現役柔道部員10名を用いた。実験期間は5ヶ月とした。被験者をSP投与群（P群）と対照群（C群）の2群に分けた。期間中、両群ともに普段の食事を取らせたが、P群にはさらに連日SPを10g含むドリンクを1日2本（練習後および就寝前に各1本）与えた。

実験期間中、体重は両群ともにほとんど変動が見られなかった。体脂肪率(%Fat)は最終月には両群ともに減少する傾向を示したが、いずれも有意ではなかった。除脂肪体重もその変化は両群間にほとんど差がみられなかったが、初期値に対して最終月ではP群は有意に増加した。ベンチプレスは初期には両群に差がみられなかったが、後期にはP群が高い傾向にあった。アッパーバックは全期間を通してP群が高く、最終月では有意な差であった。レッグイクステンションは全期間C群よりもP群が高く、有意であった。レッグカールはP群、C群ともに初期値と比較して有意な変動は見られなかった。ショルダープレスはP群、C群ともに初期値よりも増加傾向を示し、P群では最終月に有意な増加を示した。スクワットは両群ともに初期値に比べて増加傾向を示し、特にP群の中期では初期値に対して有意な増加であった。握力はP群が初期にはほとんど変化がみられなかったが、後期には有意な増加を示した。背筋力は両群ともに実験の経過とともに漸次増加を示したが、両群間にはほとんど差がみられなかった。上体起こしも背筋力同様初期値に対して両群ともに有意な増加を示した。両群間にはほとんど差がみられなかった。立位体前屈はP群が初期値よりも

増加傾向にあったが、有意な差はみられなかった。P maxはP群は初期より増加傾向を示し、全般的に有意な増加であった。特に後期ではP群はC群に対して有意な差を示した。回転数はP群、C群ともに初期値に対して有意な増加を示したが、その増加量はC群よりもP群の方が大きく、全般的に有意な差を持ってP群の方が高かった。

参考文献

1) Brozek, J., Grande, F., Anderson, J.T. and Keys, A. : Densitometric analysis of body composition. Ann. N.Y. Acad. Sci. 110:113-114, 1963

2) 服部洋児・村松成司：柔道選手の減量時の形態変化に及ぼす減量食組成の影響。武道学研究 21(1):21-30, 1988

3) Keller, W.E. and Kraut, H.A.: Work and Nutrition. Wld. Rev. Nutr. Diet 3, 65, 1962

4) 小松啓子, 小松龍史, 山岸稔, 野田正紀, 松尾美恵, 永田真人：小児肥満治療におけるやや厳しいエネルギー制限食の試み。第10回日本肥満学会記録 :78-81, 1989

5) 小松龍史, 小松啓子, 松尾美恵, 永田真人, 山岸稔：小児肥満治療におけるエネルギー制限食に対する大豆ペプチドのN補充効果。大豆たん白質栄養研究会誌, 10:84-88, 1989

6) Lucke, C. and Glick, S.M.: Experimental modification of the sleep induced peak of growth hormone secretion. J. Clin. Endocrinol. Metab. 32:729, 1971

7) 松尾高明：大豆ペプチドの開発と利用。月刊フードケミカル 4(8):64-69, 1988

8) 村松成司・山田哲雄・高橋徹三：運動時の尿中窒素排泄量，経皮窒素損失量および窒素出納に及ぼすタンパク質およびエネルギー摂取レベルの影響。日本栄養・食糧学会誌 39:441-447, 1986

9) 村松成司・山田哲雄・高橋徹三：短期運動訓練時の体窒素損失および窒素出納に及ぼす運動強度の影響。日本栄養・食糧学会誌 44:517-521, 1992

10) 村松成司・片岡幸雄・徳山郁夫・高橋徹三

・山田哲雄・服部洋児：柔道選手の合宿訓練時の運動機能に及ぼす分岐鎖アミノ酸投与の影響。千葉体育学研究 7:7-15, 1984

11) 村松成司：柔道選手の減量時におけるガス代謝および運動能力の変化に及ぼす減量食組成の影響。千葉大学教養部研究報告 B-20:213-222, 1987

12) 長嶺晋吉：皮下脂肪厚からの肥満の判定。日本医師会誌 68:919-924, 1972

13) 中坊幸弘・戸田芳子・萩平博：大豆タンパク質の酵素分解によって得られたペプチド混合物の腸管吸収。ペプチド栄養(和田博) 不二製油大阪. 1988

14) Rodahl, K., Horvath, S.M., Birkhead, N.C. and Issekutz, B.Jr.: Effects of dietary protein on physical work capacity during severe cold stress. J. Appl. Physiol. 17:763, 1962

15) 斉藤昌之：交感神経活動に及ぼす大豆タンパク質ペプチドの影響。大豆たん白質栄養研究会誌 11:95-97, 1990

16) 高橋徹三・村松成司・弓狩康三：ラットの自発運動量に及ぼす分岐鎖アミノ酸の影響。日本栄養・食糧学会誌 39:257-263, 1986

17) 高橋徹三, 村松成司・山田哲雄・服部洋児：減量時の体組成，血液性状およびエネルギー利用状況に及ぼす食質の影響。筑波大学体育科学系紀要 9:255-364, 1986

18) Vanhelder, W.P.: Growth hormone responses during intermittent weight lifting exercise in men. Eur. J. Appl. Physiol. 53:31-34, 1984

19) Yamaoka, S.: Studies on energy metabolism in athletic sports. Res. J. Physic. Education, 9: 28-40, 1965

20) 山地廉平：筋労作時の蛋白代謝に関する研究(第1報) 労作訓練時の窒素代謝。日本生理学会誌, 13:476-482, 1951

21) 山地廉平：筋労作時の蛋白代謝に関する研究(第2報) 労作訓練時の血液性状。日本生理学会誌, 13:491-496, 1951

22) 山本孝史・柴田美雪・中坊幸弘・宇都宮玲子・鈴木健史・萩平博・松尾高明・木本実・大島

芳枝：SPIから調整したペプチド混合物の脱塩
精製と精製標品の腸管吸収．大豆たん白質栄養研
究会誌 10:84-88,1989

23) 吉村寿人，山岡誠一：スポーツ選手の貧血と
その対策について（第1報）．栄養と食糧，14:
224-229,1961

24) 吉村寿人，山岡誠一：スポーツ選手の貧血と

その対策について（第2報）．栄養と食糧，14:
231-236,1961

25) Yoshimura, H.: Anemia during physical training
(Sports anemia). Nutr. Rev., 28:251-253, 1970

(平成5年11月25日受付)