

慶應義塾大学学術情報リポジトリ

Keio Associated Repository of Academic resources

Title	プロテイン摂取とトレーニングの関係(II) : 身体組成, 血液成分の分析から
Sub Title	The relationship between intake of the protein and training (II) : analysis of body composition and blood ingredient
Author	板垣, 悦子(Itagaki, Etsuko) 飯島, 史朗(Iijima, Shiro) 桜木, 真智子(Sakuragi, Machiko) 木村, 都(Kimura, Miyako) 高久田, 明(Takakuda, Akira)
Publisher	共立薬科大学
Publication year	1997
Jtitle	共立薬科大学研究年報 (The annual report of the Kyoritsu College of Pharmacy). No.42 (1997.) ,p.1- 9
Abstract	
Notes	
Genre	Technical Report
URL	http://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00062898-00000042-0001

プロテイン摂取とトレーニングの関係 (II) (身体組成, 血液成分の分析から)

板垣 悦子, 飯島 史朗*, 桜木真智子**, 木村 都*, 高久田 明

The Relationship between Intake of The Protein and Training (II) (Analysis of Body Composition and Blood Ingredient)

Etuko ITAGAKI, Shiro IJIMA*, Machiko SACRAGI**, Miyako KIMURA* and Akira TAKAKUDA

The purpose of this experiment is to find optimum dose of the protein which fitted dose of exercise.

It is that we examine a quantity of protein that the purpose of experiment was suited for a quantity of physical exercise. Subject is five adult women. Period of training is three months.

As for the contents of training, all the members are equal. We sorted subjects by three group (1 group-1/3, 2 group-2/3, 3 group-3/3). We examined configuration, skin-fold thickness and blood composition.

The results were as follows:

1. The body weight, of all the members increased, and there was no difference by a protein caloric intake.
2. There was no change transition to abdominal, chest and pelvic circumference of the body between the groups 1, 2, 3. But lower the intake of calorie, the skinfold thickness decreased.
3. As for the skinfold thickness of arm, subject of all the members decreased. But, in arm circumference, there was not alteration.
4. As for the body fat, subject of all the members decreased. And, as for the Lean Body Mass (LBM), subject of all the members increased. It was 2 group that body fat (%) decreased most, and LBM increased most.
5. In blood composition, Lactic-dehydro (LDH) showed a difference. As caloric intake of protein increased, LBM decreased. In the 2 group, red blood cell count decreased, and white blood cell count decreased, too.
6. When we obtained this experiment, we had a problem that all members of subjects were suffering from constipation caused by deficiency of moisture.

As a result of superscription, It is thought that 3 group was able to use protein most effectively. And it was 2 group that muscular hypertrophy was the biggest.

I. 緒 言

トレーニングにおけるプロテインの欠乏は、体重減少や発育障害を起こすばかりでなく、基礎代謝量の低下、肝臓障害、また女子選手における無月経など^{1), 2), 3)}、健康を損なうことが知られているが、況して初心者や未熟練者における長期にわたるトレーニング期にプロテインが不足することは、運動性貧血^{4), 5)}などを引き起こすなど、さまざまな障害の原因となり、充分量の摂取が必要である。我々は、トレーニング期におけるプロテイン摂取の重要性から、市販されている「プロテイン・パウダー」に注目し、第1報⁶⁾では、専門的に運動を行っている選手以外の一般人がトレーニングを行いプロテインを摂取した場合、はたして身体に悪影響をおよぼす

* 共立薬科大学毒性学研究室 ** 文京女子大学体育学研究室

ことはないのか、また、運動トレーニングを専門に行っている選手と同様に筋肥大などの効果が得られるのかなどを疑問とした実験を試み、その結果を報告したが、結論として筋肥大が認められ、体脂肪の減少および Lean Body Mass-除脂肪体重 (LBM) の増加にも明らかに摂取効果が得られたが、表示量通り摂取を続けた結果、体調を崩したためトレーニング量とプロテイン摂取量の不適が示唆された。本報では、最も効果が得られると思われる適切なプロテイン摂取量を探る目的で、5名の一般成人女性を対象に、3カ月間同一のトレーニングを行い、被検者群別に異なる摂取量を定め、形態、皮下脂肪厚および血液成分の分析からその効果を検討した結果を報告する。

II. 方 法

A. 被 検 者

運動トレーニングや栄養管理などを特別に行っていない、健常な一般成人女性5名である。被検者の身体特性および運動経験、習慣を **Table 1** に示した。なお、被検者には、実験の目的と実験内容を充分理解してもらった上で、同意を得、積極的に協力してもらった。

被検者の普段の食生活を把握するために、3日間の食事内容の調査を行ったが、全被検者とも、炭水化物、脂肪およびプロテインなどの主要な栄養素の他、ビタミン類、カルシウム、鉄分など比較的栄養バランスのとれた食事内容であり⁷⁾、日常生活の範囲での食事内容であれば、体脂肪分布を変化させるほどの影響はもたないという下方の報告⁸⁾ から、食事における制限はせず、また、生活における条件も全くつけないこととした。

Table 1 Physical Characteristics of Subjects

	Height (cm)	Weight (kg)	Rohrer's index	Fat (%)	Fat (kg)	LBM (kg)	Exercise experience	Custom of exercise	Age (years)	Arm* ¹	Reg* ²
A	150.0	49.0	145.2	17.6	8.6	40.4	○	×	22	R	R
B	153.0	40.0	111.7	12.5	5.0	35.0	○	×	22	R	R
group	151.5	44.5	128.5	15.1	6.8	37.7					
①	SD 1.5	4.5	16.8	2.6	1.8	2.7					
C	157.0	49.0	126.6	16.2	7.9	41.1	○	×	21	R	R
D	153.0	54.5	152.1	21.7	11.8	42.7	×	○ 1/week	22	R	R
group	155.0	51.8	139.4	19.0	9.9	41.9					
②	SD 2.0	2.7	12.7	2.7	1.9	0.8					
E	153.0	52.0	145.2	18.1	9.4	42.6	○	○ 2/week	37	R	R
group											
③											

*¹ The dominant hand

*² Action foot

B. トレーニング期間および内容

トレーニングの強度、時間、頻度は、各被検者の体力の相違とは無関係に全被検者同一とした。期間は3カ月間とし、週に4日（火曜日～金曜日）午前と午後にそれぞれ2時間行った。1日の内容は、ダンベルによるウェイトトレーニング、有酸素運動トレーニングそしてバランスよく身体を鍛えるために、テニス、バドミントンなどの球技を取り入れた。また、トレーニング前後には、充分なウォーミングアップとクーリングダウンを行うよう指導した。

Table 2 に1日のウェイトトレーニング内容を示した。ウェイトトレーニングにおけるダンベルの重さ、1セットに行う回数は、トレーニング開始前に、全被検者が全種目を行い、各被検者の Repetition Maximum (RM) の1/2を基準⁹⁾に、平均をとり決定した。トレーニング中間期より週1回、ダンベルを持っての20分間のエアロビクスも取り入れた。

有酸素運動トレーニングは、トレッドミル (Leopard jox-810 型ヤガミ社製) および自転車エルゴメーター (モナーク社製) を使用したが、予備実験としてトレッドミルでは、全員に時速8kmを危険の伴わないでできるだ

Table 2 Weight training item and Condition (dunvel) *¹

item	the number of times
standidg front bress	10 * ²
two hands bent over lowing	10
squwat	10
twist of abdomen	20
lateral raise lining	5
lateral raise side lining	10
bent over side raise	5
standing dunvel curl	10
two hands curl	10
back hands curl	10
one hand over lowing	10
tryseps push away	10
standing french bress	10

*¹ weight : 2 kg, all 4 sets*² The number of times : 1/2 RM
RM : Repetition Maximum

け長い時間を個人の意志で走らせ、最も長かった時間（30分間）と最も短かった時間（15分間）を除き平均し、1回に走る時間を20分間と決定した。また自転車エルゴメーターについても全員が出来る範囲内で行えるように、負荷強度に幅を持たせ、1.0~1.5 kp の範囲で20分間とした。なお設備の関係上、双方のいずれか1つを選択させ、各被検者のバラツキがないようにそれぞれを1日交代で行わせた。運動強度は、全被検者を平均した結果、% H. Rmax の70~80%で、H. R 130~140 beat/min である。

Table 3 Nutritive substance of Protein powder (a day)

Nutrient	Protein (g)	Lipid (g)	Glucocide (g)	Ca (mg)	Fe (mg)	Vitamin A (I.U.)	Vitamin B ₁ (mg)	Vitamin B ₂ (mg)	Vitamin B ₆ (mg)
Protein powder	16.7	0.3	1.7	216	4.3	1,758	0.8	1.1	2.52
Milk	6.5	7.1	10.1	21	0.2	252	0.06	0.34	0.5

Energy-quantity Protein powder 76.2 Kcal
Milk 132 kcal

C. プロテイン量

プロテインパウダー（ザバス、Protein GO 明治製菓株式会社）の飲用開始時間は、前回の実験では、摂取表示量の1/2を午前と午後のトレーニング前に計2回飲用したが、表示量通りに摂取した後に体調を崩したため、本実験では、1日1回の飲用とし、摂取量も被検者別3段階に分けた（表示量を最高摂取量とした）。摂取する時期を考える上で、体タンパク質の分解が亢進する運動中では、体タンパク質合成は抑制され、運動後に上昇するという報告^{10,11)}、またタンパク質の合成は、運動後しばらくたってから活発になり、運動後や睡眠前にはタンパク質を多めに採ることが適当であるとする中野¹²⁾らの報告、また、成長ホルモンの分泌が著しい睡眠時の前、すなわち夕食時に高蛋白食を摂取することで、より一層の筋力トレーニング効果が期待できるという勝田の報告¹³⁾などから、プロテインパウダーの飲用は、トレーニング前よりもトレーニング後の方が重要であると考え、1日のトレーニングを終了した後に飲用することとした。摂取量は被検者A、Bが表示量の1/3（1群）、被検者C、Dが2/3（2群）、被検者Eは表示量通りの3/3（3群）とした。

Table 3 に、3群が1日に摂取したプロテインパウダーの栄養素とカロリーを示した。（1群は**Table 3** に示す表示量の1/3で、プロテイン摂取量は7.4 g、摂取カロリーは69.4 kcal、また、2群は、表示量の2/3の摂取で、プロテイン摂取量が14.8 g、摂取カロリーが138.8 kcalである。）なお、飲用時は、牛乳と混ぜて、飲みやすくしたので、併せて栄養素を記した。また日常の食生活におけるプロテイン摂取量は、全群とも「日本人の栄

養所要量—生活活動強度 III¹⁴⁾を参考にした結果、70gである。また水分補給の指示は特にせず、各被検者ともに、トレーニングの合間に自由に採れるものとした。

D. 形態計測

計測は、実験開始前および終了後の計2回とし、各回の計測を同一条件で行うために、計測直前には排尿をすませ、各被検者とも計測開始時刻を同一時間に定めた。周囲はプラスチック製メジャーを用い、直接肌にあて計測するため、着衣はショーツのみとし、皮下脂肪厚は、栄研式皮脂厚計（明興社）を使用した。また同一箇所を計測可能にするため、一部、日本人体力標準値第4版¹⁵⁾、体脂肪分布⁸⁾の計測方法に従い、我々独自の計測方法を考案した。なお、皮下脂肪厚の計測は、誤差を最小とするために同一人が行うものとした。

E. 計測箇所

下記の計測区分は、「A Colour Atlas of Human Anatomy (Third Edition)」¹⁶⁾を参考に体幹部、上肢部、下肢部に分類した。本稿では便宜上、上肢、下肢を体肢とした。

体重 (SYSTEM 602 タニタ社製)

周 囲：体幹部—胸囲、腹囲（寛上最小囲）、腰囲

上肢部—伸展位の上腕囲（左右）、前腕囲（左右の最大囲）

下肢部—大腿囲（左右）、下腿囲（左右の最大囲、最小囲）

皮下脂肪厚：体幹部—肩甲骨下部（広背筋）、腹部（腹直筋）

上肢部—上腕部の前背面（前面は上腕二頭筋、背面は上腕三頭筋長頭）前腕部の前背面（前面は腕橈骨筋、背面は総指伸筋）

下肢部—大腿部の背面（大殿筋、大腿二頭筋）、内側（大腿薄筋、大内転筋、長内転筋、短内転筋）および前面、下腿部背面（下腿三頭筋—腓腹筋、ヒラメ筋）

F. 計測方法

計測室の一定の場所に、各被検者専用の約2mの角材（計測棒）を壁に床と垂直に固定した。計測時は、かかとを60度に開いた足型板を計測棒と直角に床に設置し、さらに一定の直立姿勢を保たせるために、被検者の背面に床と垂直の棒（姿勢安定棒）を設置し、足型板の上に自然な直立姿勢をとらせた。計測された各箇所を、計測棒に平行移動し印をつけ、2回目の計測時も同一の箇所で計測できるようにした。

III. 結 果

A. 皮下脂肪の沈着部位

計測の結果、トレーニング前、最も皮下脂肪が沈着していた部位は、被検者Cの下腿部を除き大腿後部（1名は大腿前部）であり、トレーニング後においても同様大腿部に2名現れたが、下腿部、上腕部各1名とばらつきが認められた。また、トレーニング前、沈着が少なかった部位は、全員が前腕であり、トレーニング後の効果が被検者Bの上腕部を除き、全員前腕前部に現れた。福永ら¹⁷⁾の「皮下脂肪厚が厚いのは、へそを中心とする腹部と大腿部で最も高い値が観察されたのは、殿部直下の大腿上部後側である」という報告は、本計測の結果と同様であったが、どちらも計測値における個人差が大きかった。また、「上腕後側と外側を除く、上肢全体、乳房部、背部、腰部及び下腿部は薄く10mm以下である」との報告¹⁷⁾に対し、本計測では、1名(B)を除き、背部、下腿部で、全員が10mmを越えており、日本人女性の体脂肪率平均(22~23%)^{17, 18)}に対しては若干低めではあるが、同年齢におけるローレル指数 (Table 1) では多いことから本実験による被検者は、トレーニング前は、下肢部に脂肪が沈着した比較的下半身太めの形態であったと考えられる。また、福永ら¹⁷⁾による「前腕及び下腿では、測定箇所（前、後、内、外）に大きな違いは見られないが、上腕及び大腿では、測定部位によって違いが見られる」としたところは、本計測においても、上腕の前後、大腿部の前後、側部で計測値の差が認められた。また左右の差については、報告¹⁷⁾と同様、各被検者とも差違はあまり見受けられなかった。

また、トレーニング前とトレーニング後の減少率を摂取量別に体幹部、上肢および下肢で算出したところ (Table 4)、摂取量に関係なく、体肢の減少率が高く、体幹部が最も低かった。体肢は、特に1群、3群については、50%を越え、また2群でも、40%を越えるなど、体幹部と体肢の減少率の比率が1群では約2倍、2群では約3倍、3群に至っては9倍にもなった。この結果は、プロテイン摂取に伴うトレーニングの影響が大き

Table 4 Change Rate of Fat Thickness

	①	②	③ group
body	- 28.6	- 16.4	- 5.7 (%)
arm	- 32.6	- 45.0	- 23.9
leg	- 56.2	- 39.6	- 52.0

かったと思われた。

B. 体脂肪・LBM

エネルギーの摂取量と消費量のバランスおよびプロテイン摂取による筋肉量の増加などの身体組成 (Body Composition) の一部分を簡便に探る方法の1つとして、Brozekら¹⁹⁾の%Fat算出法を用い得られた%Fat, Fat (kg)およびLBMをプロテイン摂取量別にTable 1に示したが、その変化率をTable 5に示した。

その結果、全被検者とも、脂肪量の減少およびLBMの増加が見られたが、最も摂取量が多かった3群の脂肪の減少が他に比べて、大幅に低く、LBMの増加は、摂取量が最も少なかった1群と、大差なかった。

トレーニング量が同じである場合、単純に言えば、摂取量が多い方がLBMの増加率が高いと考えられるが、LBM増加率が最も高かったのは2群であった。2群は、脂肪量の減少も他に比べ、最も高かったが、LBMの大幅な増加分が、結果として体重増加として現れた。すなわち、比較的多量のプロテイン摂取とLBMの増加とは直接結び付く関係は得られなかった。

また、3群と1群のLBMの増加に、変化は現れないものの、1群の脂肪量の減少が大幅に大きいことから3群の方が、エネルギーの需要と供給のバランスがとれているとも言えるだろう。

結果として、2群は、脂肪量の減少およびLBMの増加と最も高い効果が得られたが、脂肪の減少の状態、筋肉の太さの増大は、個人差が大きいこと、況して3群の被検者は、他の被検者に比べ、年齢が高いことや運動習慣が他の被検者に比較し、多いことなどから考えると、摂取2/3が最も適量であると結論づけるのは危険であろう。

Table 5 Change of Fat and LBM

	①	②	③ group
% fat	- 18.3	- 29.6	- 7.2 (%)
fat (kg)	- 17.8	- 26.9	- 5.3
LBM (kg)	4.2	10.8	3.5

C. 形態計測

摂取量の違い(1群, 2群, 3群)による形態計測の結果は、形態および皮下脂肪厚ともに個人差があることを考慮して平均を算出し、その数値から述べた。

1. 体幹部

栄養の摂取状態が最も影響していると思われる体重および体幹部について計測した結果、体重は、全被検者ともに、0~3.5% (0~3 kg) の範囲で増加し、プロテインの摂取量による違いは見られなかった。

胸囲は、1群で、トレーニング前より減少(-0.7~-2.2 cm)、2群で、ほぼ変化なく、3群は増加(+2 cm)し、プロテインの摂取量に比例して徐々に増加を示し、皮下脂肪厚は1群で平均22.5% (最大-6.5 mm) 減少するなど、胸囲の傾向と同様に摂取量が少ないほど、皮下脂肪厚も減少する結果となった。

腹囲は、全被検者とも、多少増減はしたものの、トレーニング前に比較しても有意な変化が見られなかったが、肩甲骨下部皮下脂肪厚は、3群を除き、大幅に減少しており、その変化は胸囲の傾向と同様に、摂取した量が少ない群の順に、減少傾向が顕著に現れ、表示量通り摂取した3群が増加を示し、1群と3群、2群と3群で $p > 0.05$ と有意に高かった。

腰囲は、摂取量の違いによる差は見られず、全体で0.2~0.7%増加したものの、トレーニング前後での大きな変化は見られなかったが、最も増加率が低かったのは、1群であった。

体幹部の結果を要約すると、周囲は、摂取量に関係なく増加もしくは変化がない推移であったのに対し、皮下脂肪厚は、多少個人差はあるものの平均すると、摂取量が少ないほど減少して、プロテイン摂取量が少ない群ほど筋が太くなるという結果であった。

2. 体 肢

上肢は、ウエイトトレーニングを毎回行った部位であるが、全被検者とも上腕部および前腕部ともに、周囲にはほとんど変化はなく、皮下脂肪厚が大幅に減少した。最も減少幅が大きかった上腕前部は、1群と2群で50%減少を示し、検定の結果(右の腕 1群と2群で $p > 0.05$, 2群と3群で $p > 0.01$ 左の腕 1群と3群 $p > 0.05$) 有意差が認められた。また下肢においても上肢と同様、摂取量の違いによる周囲の変化に差はなく、皮下脂肪厚の減少が大きかった。それぞれ最も減少率が高かった部位は、1群では大腿内側70%以上(平均約11mm) 2群は、大腿前部50%以上(平均約10mm), 3群は、下腿後側60%以上(約12mm)であった。

D. 摂取量の違いから見た血液成分の変化

分析の結果、プロテイン摂取量の違いが最も大きく現れたのは、Lactic Dehydrogenase-乳酸脱水素酵素(LDH)である。1群(-11.2%) 2群(-18.5%) 3群(-19.9%)と摂取量の増加に伴い減少率も高くなっている。これは、エネルギーを糖分からではなくタンパク質から摂っていたための減少と考えられ、その影響が、Total protein-総タンパク質量(TP)にも同様の傾向として現れたことは(1群0.7%, 2群-5.5%, 3群-1.3%) 1群では有効に活用されなかったのではないかと思われる。トレーニング後 White Blood Cell-白血球(WBC)の一種であるリンパ球(Lymphocyte)と好中球(Neutrophilic leucocyte)に変化が見られ、リンパ球は全群が減少(1群-15.1%, 2群-22.2%, 3群-13.6%), 好中球は全群とも大幅に増加(1群18.2%, 2群17.7%, 3群28%)した。しかし、副腎皮質刺激²⁰⁾で減少する好酸球(Acidophilic leucocyte)は、副腎皮質ホルモンの諸代謝(特に蛋白質、脂肪、水など)に関係し、結果的には各種のStressに対して、生命を維持する働きをしていることになるが、1群で増加、2群で減少、3群では変化なくばらつきがあり、今回の実験では結果が得られなかったと考えられる。

また Triglyceride-血中脂質(TG)²¹⁾にもばらつきが見られ、3群が、約30%の大幅な減少を示したのに比べ、1群、2群は微少ではあるが、増減(-9.4%, 4.0%)を示した。Hemoglobin(Hb)は1群(4.0%)と3群(0.7%)で増加しているが、2群は僅少であるが、減少(-1.2%)しており、特徴的傾向は見られなかった。

一般に、運動によって Red Blood Cell count-赤血球数(RBC)が一過性に変動することは知られており^{20, 22)}、トレーニングの効果は、主に、RBCに現れる。また、身体運動のために赤血球が破壊されることや、筋肉組織の増殖のために特にタンパク質が使用されるので、血中に貯蔵されているタンパク質が少なくなると、貧血症状になりやすいことは、多数の報告があり^{21, 12), 23)}、充分量のタンパク質摂取が重要である。本実験では、摂取1群、3群の被検者が増加し2群の被検者群は減少した。2群のRBCの減少は、体脂肪および皮下脂肪厚の減少からも推測できるように、糖分、脂肪分、タンパク質などの主要栄養素、すなわち総エネルギー量の不足によるタンパク質の絶対量の不足と考えられるが、中西²⁴⁾による「一定期間のトレーニングによる安静時の赤血球数は、さまざまであり、一定の傾向をつかむことができない」とする報告と一致した。しかし、本実験においてはプロテイン飲料摂取を含む、エネルギー総量が、トレーニング後のRBCに影響を与えたと考えるのが妥当であろう。また、WBCもRBCの変動と同様に一定の傾向は見られなかったが、2群が好中球を除くすべての値において減少していたことは、他の被検者群のばらつきが目立つのに対し、特徴的であった。

E. 本実験におけるプロテイン摂取の問題点

長期にわたるトレーニング期にプロテインが不足すると、運動性貧血などの障害を引き起こす原因となることは緒言でも述べたが、第1報⁶⁾では、表示量通りの処方に従ってトレーニングを続けた結果、原因不明の身体の不調(腹部)が認められ、その後はプロテイン摂取を中断するという経緯がある。本報では、体調を崩すことなく効果が得られるとする適切な摂取量を探る目的で、摂取量を「1/3・2/3・3/3」の3段階に分けて行ったが、トレーニング開始後、約2週目から全被検者の Constipation という生理現象に悩まされた。

Constipation という以外は、他に体調の変化はなく、トレーニングに差し支える事はなかったが、個人差はあ

るものの、3ヶ月間のトレーニング期間中、Defecationがトレーニング前の状態に戻ることはなかった。今回のConstipationは、第1報⁶⁾での「不調」とは少し形は違うが、「身体に変調をまねいた」という意味では、同様である。このConstipationの原因としては、体内の水分不足によるものと考えられ、トレーニング量およびプロテイン量に見合った水分の補給が、各被検者ともに適当ではなかったと思われる。このことは、「タンパク質がエネルギー産生の為に分解することによって生じる産生物が尿中に排泄されるには、水が必要となり、多量のタンパク質の利用は、運動中の生体の脱水作用を加速する」と、報告^{24, 25)}されていることから裏付けられる。これらの事からも、トレーニング時における水分補給は、栄養補給以上に配慮しなければならない注意点である。

IV. 考 察

本実験の目的である「プロテイン摂取の適量」を身体構成物質が、どれだけ含まれ、また、全体重に対してどれだけの割合を占めているかを求める身体組成²⁶⁾を局所的に調べる方法で検討した結果、多少の個人差はあるものの、全被検者の体重、LBMの増加および皮下脂肪厚の減少からみれば、摂取量に関係なく、いずれもトレーニング量と摂取量が適合したと言えるだろう。その中でも3群の被検者は、体脂肪量の減少はわずかであるが、LBMの増加が1群の被検者とはほぼ同様であることから、エネルギーの需要と供給のバランスがとれ、最も効果があったと考えられる。すなわち、身体組成からみれば、生活強度IIIの栄養所要量の通常タンパク質摂取量70gとプロテインパウダー(牛乳含む)摂取量23.2gをプラスした93.2gのタンパク質量が、本実験におけるトレーニング量に最も適した量であったと言えるだろう。しかし最も摂取量の多かった被検者群は、日頃から運動習慣があり、本実験によるトレーニング刺激が他の被検者群に比べ少なかったとも考えられるが、他の被検者群にとっては、皮下脂肪厚および体脂肪の大幅な減少からすると、摂取エネルギー量より消費エネルギー量の方が多く、トレーニング量が多かったとも言えるが、換言すれば糖分および脂肪分などのエネルギー源となる栄養素が、トレーニング量に対して十分に供給されなかったことによる体脂肪の減少とも考えられる。

また形態面では、体幹部において、1群の皮下脂肪厚の大幅な減少が顕著であるが、皮下脂肪厚の減少の割合に、効果が認められたが、周囲は胸部を除き、変化なし、または増加しており、摂取量が増える程、皮下脂肪厚の減りが少ないことから、形態面では摂取量の違いがはっきりと現れた。すなわち我々の予測とは正反対に、摂取量が少ない程、筋が太くなったことは、各被検者の体質、また日常の食生活における摂取カロリーの違いなど、様々な要因が考えられるが、下方⁸⁾による「日常生活の範囲での食事内容であれば、体脂肪分布を変化させるほどの影響は持ち得ない」という報告からすれば、プロテインパウダーの摂取が影響したと考えてもよいだろう。

血液成分では、各群のプロテイン量の違いにより、LDHの減少が見られたが、脱水素酵素(Dehydrogenase)^{21), 25)}は、その特異的活性、あるいは作用する基質により、その特異性はある場合には乳酸に限られていることから、全身持久性のトレーニングにおいて一定運動負荷時、乳酸値を下げる作用があり、3群の被検者の身体特性からも納得すべき結果が認められた。TPについても摂取量が多いほど有効に活用された結果となったが、1群を除き、わずかながら減少していることは、プロテインは栄養上、糖質や脂肪では代用されないの、食品から摂取しなければならない最も重要な栄養素であることから、2群、3群の被検者は、プロテインパウダー以外すなわち日常の食生活におけるプロテインの摂取分が、1群の被検者群に比べて少ないこと、またトレーニング量に見合った食事でのタンパク質の摂取が不足していたとも考えられる。つまり1群は、食事でプロテインを十分に補っていたことになり、3群の被検者はプロテインパウダーを最も多く摂取していたにもかかわらず、不足していたことになる。このことは、「運動中にエネルギーとして使われるタンパク質は、グリコーゲンが枯渇した状態で運動を負荷した場合に最も大きい」と報告^{25), 27), 28)}されていることから、3群のTPの減少は、総エネルギー摂取量の不足、すなわちGlycogenの絶対量の不足によるものと思われ、またTG^{21), 26), 29)}も、筋運動のエネルギー源としてトレーニングによって利用され、TPと同様、減少が見られた。

RBCの酸素運搬色素であるHb²²⁾は、1群と3群で増加、2群は減少する結果であったが、増加の理由として、酸素不足の状態におかれることにより、RBCの産生が亢進したと考えられ、減少を示した2群は、酸素摂取能力をうまく利用したためと思われる。

トレーニングにおいて血液成分は、日常生活における食事内容や総エネルギー摂取量の違いによって、変化すると考えられ、プロテイン摂取量の影響は血液成分に直接関係しなかったものと言えるだろう。

以上のことから、長期間のトレーニング時には、プロテインはもちろんのこと、毎日の食生活における内容の充実、特に Glycogen の充分量の摂取が重要であることがわかる。高炭水化物を上手に採ることで、エネルギー源となる糖分、脂肪分、そして筋肥大、筋力増強となるプロテインも充分量摂取でき、またミネラルやビタミン類なども適量に摂取できるのである。

筋肥大のためにプロテインの量のみを増やすことは、「過剰なタンパク質を代謝するには、肝臓や腎臓の機能に負担がかかる」という報告^{30), 30), 31)}からも、効果を期待できないばかりか、身体にとっては大変有害であろう。

本実験では一般の成人女性がトレーニング時にプロテイン飲料を摂取しても体に悪影響はなく筋肥大の効果が現れる結果となったが、運動選手においても長期間のトレーニング時やトレーニング量を増やすにあたっては、Glycogen が不足することのないように配慮した上で、市販されているプロテイン飲料などの補助栄養食品を上手に補給することが望ましいと結論づけても過言ではないだろう。

V. 結 語

本実験では、トレーニング時に最も効果が得られると思われる適切なプロテイン摂取量を探る目的で、5名の一般成人女性を対象に3カ月間同一のトレーニングを行い、被検者群別（1群市販表示量の1/3、2群 2/3、3群 3/3）に異なる摂取量を定め、形態、皮下脂肪厚および血液成分の分析から検討し、得られた結果を要約して以下に述べる。

1. 体重は、全被検者群とも増加し、摂取量の違いによる差異は見られなかった。
2. 体幹部は、周囲については摂取量に関係なく、増加もしくは変化がない推移であったのに対し、皮下脂肪厚は、摂取量が少ないほど減少した。
3. 上肢は、全被検者群ともに周囲にはほとんど変化がなく皮下脂肪厚が大幅に減少した。また、下肢も上肢と同様、摂取量の違いによる周囲の変化に差はなく、皮下脂肪厚の減少が大きかった。
4. 体脂肪およびLBMは、全被検者群とも体脂肪の減少とLBMの増加が見られたが、体脂肪減少率とLBMの増加率が最も高かったのは、2群であった。
5. 血液成分において、摂取量の違いが最も大きく現れたのはLDH（乳酸脱水素酵素）で摂取量の増加に伴いLDHの減少率が高くなった。また、赤血球は2群のみ減少、白血球においては2群が好中球を除くすべての値において減少した。
6. 本実験におけるプロテイン摂取の問題点は、トレーニング期間中、全被検者が「便秘」という生理現象に悩まされ、水分補給が不足したことが挙げられた。

以上の結果、「プロテインの適量」を身体組成の面からみれば、体重、LBMの増加、皮下脂肪の減少から、全群ともに適量であったと言えるが、運動習慣のある3群は、エネルギーの需要と供給のバランスが最もとれ、血液成分の面においてもLDHの減少から、プロテインを有効に消費できたと言えるだろう。しかし、本実験の「トレーニング量に見合ったプロテインの適量」という目的からすれば、短期間のトレーニングで最も筋肥大効果が見られたのは2群であり、摂取した市販のプロテインパウダー（牛乳含）14.8gと日常の食生活で摂取している「生活活動強度III（やや重い）における栄養所要量」のプロテイン摂取量70gをプラスした84.8gが最も適量であったと言えるだろう。

また、筋運動は白血球数²⁶⁾に変化を与え、運動後に増加する。しかし長期的にみれば、トレーニングは、白血球数に変化を与えないこと、StressなどでLymphocyteが減少することが知られているが^{22), 26)}、血液成分（特に白血球の一種であるLymphocyte）が被検者全員減少した結果となったことは、実験のためのトレーニングによるStress（運動性Stress?）³²⁾なのか、プロテインによる影響なのか、今後、血液生化学的に分析し、究明すべき問題であろう。減少の原因を運動性Stressと仮定するならば、運動習慣のない一般人は、トレーニングを急激に行わず、Stressを蓄積しないように注意すべきであることが、示唆されるだろう。今後、トレーニングの一日量を同一とせず、長期間にわたり、研究を続けていくことが、課題として残された。

VI. 謝辞

最後に、稿を終えるにあたり、本研究の被検者として、小林千夏、斎藤明美、坪田幸代、山口綾子氏に御協力いただきました。ここに記して深謝します。

引用・参考文献

- 1) 梅田博道他：健康の科学，朝倉書店，1989，pp. 76～77
- 2) 長嶺晋吉：スポーツとエネルギー・栄養，大修館書店，1985，p. 157 pp. 209～210
- 3) 小林修平：スポーツ栄養学，南江堂，1995，pp. 134～135 pp. 122～124
- 4) 後藤 俊他：体力・健康と運動科学，杏林書院，1995，pp. 58～59
- 5) 山岡誠一他：運動と栄養，杏林書院，1984，pp. 120～124
- 6) 板垣悦子他：プロテイン摂取とトレーニングの関係，共立薬科大学研究年報 No. 41 1998，pp. 19～29
- 7) 女子栄養大学出版部：エネルギー・塩分・たんぱく質ガイドブック，1995
- 8) 下方浩史：体脂肪分布，杏林書院，1996，pp. 84～87，pp. 20～37
- 9) 松井秀治他：コーチのためのトレーニングの科学，大修館書店，1985，p. 279
- 10) 下村吉治：スポーツとたんぱく質栄養，体育の科学 vol42 杏林書院，1992，pp. 587～591
- 11) 太田富貴雄：運動とたんぱく質摂取，臨床栄養 vol. 80 No 5，1992，pp. 495～501
- 12) 中野昭一他：運動とエネルギーの科学，杏林書院，1996，pp. 76～88，pp. 81～82
- 13) 勝田 茂：運動生理学 20 講，朝倉書店，1996，pp. 108～109
- 14) 厚生省保健医療局健康増進栄養課：日本人の栄養所要量，第一出版，1989
- 15) 東京都立大学体育学研究室：日本人の体力標準値第 4 版，不味堂，1989
- 16) R.M.H. Mcminn 他：A Colour Atlas of Human Anatomy，南江堂，1995
- 17) 福永哲夫他：日本人の体肢組成，朝倉書店，1990，pp. 35～46，pp. 21～24
- 18) 北川薫：肥満者の脂肪量と体力，杏林書院，1985，pp. 33～46
- 19) Brozek J. Grand F. Anderson J.T. Keys A : Densitometric analysis of body composition, Revision of some quantitative assumptions. Ann. N.Y. Acad Sci. 110, 1963, pp. 113～140
- 20) 石河利寛他：スポーツ医学，杏林書院，1983，pp. 295～297
- 21) ドーランド医学大辞典編集委員会：Dorland's Illustrated Medical Dictionary, 1980, p. 1941, p. 1011, p. 1941
- 22) 中西光雄：運動生理学入門，技術書院，1993，pp. 121～146
- 23) 森谷敏夫他：スポーツ生理学，朝倉書店，1995，pp. 104～105
- 24) Edward L. Fox : Sports Physiology, 大修館書店，1996，pp. 253～254
- 25) Mcardle. W.D others : Exercise Physiology, 杏林書院，1994，pp. 64～65, pp. 94～96, pp. 26～29
- 26) 今村嘉雄：新修体育大辞典，不味堂出版，1976，p. 706, p. 1509, p. 1208, p. 1569
- 27) Fred Brouns : スポーツ栄養の科学的基礎，杏林書院，1997，pp. 126～127
- 28) P.W.R. Lemon : Protein and Amino Acid Needs of the Strength Athlete, International Journal of Sport Nutrition, 1991, pp. 127～145
- 29) 猪飼道夫他：身体運動の生理学，杏林書院，1976，pp. 403～404
- 30) 三浦義彰他：スポーツ栄養，杏林書院，1993，pp. 78～84
- 31) 堀川蘭子：栄養生理・生化学，朝倉書店，1996，pp. 135～136
- 32) 中原凱文他：運動生理学，文化書房博文社，1994，pp. 70～71