

Title	プロテイン摂取とトレーニングの関係
Sub Title	The relationship between intake of the protein and training
Author	板垣, 悦子 (Itagaki, Etsuko) 桜木, 真智子 (Sakuragi, Machiko) 高久田, 明 (Takakuda, Akira)
Publisher	共立薬科大学
Publication year	1996
Jtitle	共立薬科大学研究年報 (The annual report of the Kyoritsu College of Pharmacy). No.41 (1996.) ,p.19- 29
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	
Genre	Technical Report
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00062898-00000041-0019

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the Keio Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

プロテイン摂取とトレーニングの関係

板垣 悦子, 桜木真智子*, 高久田 明

The Relationship between Intake of The Protein and Training

Etuko ITAGAKI, Machiko SACRAGI* and Akira TAKAKUDA

The purpose of this study was to analyze the influence of the protein powder to the effects of physical training. Female student, who had intake of the protein powder of the recommended volume, practiced physical training in the mid-level intensity.

The results were as follows :

1. The skinfold thickness of the arm was reduced apparently and no change was found in the circumference of the arm. In the thorax and abdomen, both the skinfold thickness and the circumference increased. The body weight gained for period of physical training. Both the circumference and the skinfold thickness of the thigh increased. As for the lower leg, little change was found in the circumference and the skinfold thickness.
2. The influence of the protein powder to the effects of physical training was found in the body fat and in the LBM. The body fat was reduced and the LBM increased in the midst period of heavy training. After the protein powder was ceased to have as nutrition during the training period, no change was found in the LBM.
3. The systolic blood pressure after running decreased and the diastolic blood pressure increased under the condition of the present study. The heart rate also varied under the condition. The heart rate decreased before and after running. The recovery time of heart rate was found to be shorter than that before the present experiment.

I. 緒 言

近年、健康意識の高まりに伴い、ますますスポーツが盛んに行われるようになってきた。特に最近では、身近に運動施設が増えており、老いも若きも、手軽にその施設を利用することが可能となり、それぞれ自分の体力に合わせた運動を上手く生活の中に取り入れられるようになった。また以前は一般の人々が参加出来なかった、可酷と言われているマラソンやトライアスロンなどにも、多勢の人達が参加するようになるなど、そのスポーツ熱は留まることを知らない。それに伴い、ニュースポーツの考案、道具の開発など盛んになる一方、バランスよく栄養が取れるように食事内容の工夫もされ、スポーツのための栄養処方も現在ではポピュラーとなりつつある。

栄養処方の中でも、最も手軽に利用されているのが、スポーツドリンクなどの健康飲料やスポーツ栄養補助食品であるが、とりわけプロテイン飲料は、プロ選手や高校及び大学などの運動クラブなどで多く使用されている。市販されている粉末プロテイン飲料には、タンパク質含有率やその含有率に合った、大まかな練習量が表示されており、選手の多くは、飲量を調節しながら摂取していると思われる。

プロテインは筋肉肥大のための素材であり、他面、スポーツ性貧血^{1) 2)}を予防するなどの重要な役割も持っている。長嶺³⁾らは、「タンパク質は、人体の約15%を占め、その半分が骨格筋に存在し、基礎体力の優劣と密接な関連を持っている」としている。

最近では、プロテイン飲料が、一般の人々でも気軽に購入できるようにスーパーマーケットなどでも売られるようになってきたが、では実際に、ごく一般の運動を行っている人々が、体力作りなどのために摂取したいと考

* 共立薬科大学非常勤講師

えた場合、トレーニング量を考慮してタンパク質含有率や飲量を決定することは、大変困難であると思われる。しかもプロテイン摂取の重要性は現在のところ一般的には認識されていないのが実状である。

またトレーニング量に対するプロテイン摂取の指標や、摂取した時と摂取しない時の相違も明らかにされておらず、トレーニングとプロテイン摂取の関係をテーマにした研究報告は見あたらない。すなわち、トレーニング量に対して、どの位の摂取量が適しているのか、解明されていないのが現状である。

我々は、運動を行っているごく一般の人々が、運動を専門としているプロ選手や大学などの運動クラブの人達と同じようにプロテイン摂取を行って、はたして同様な効果が得られるのか、また、身体に影響を及ぼすことはないのか、プロテイン量は、どの位が適当であるのか、というさまざまな疑問から、まずは解明の一段階として、ごく普通の生活をしている女子学生に、「表示量」の半分のプロテイン量を摂取させながら、一定期間、中度のトレーニングを行なわせ、形態、皮下脂肪厚、体重、LBM、心拍数及び血圧値などにどのような影響を及ぼすのかを、その推移から検討を試みることにした。すなわち、どの位のトレーニング量に対してどの位のプロテインが適量であるのか、またトレーニング部位において、はたして周育は変わらずとも皮下脂肪が減り筋肉が太くなるのか、LBMが増えるのか等を、プロテイン量とトレーニング量の関わりから検討し、一般の人達のトレーニング効果を、よりいっそう高める手段の一つとして、プロテイン飲料が安全に活用出来るものなのかどうかを考察することを研究目的とし、実験を試みた。

II. 実験方法

1. 被検者

被検者に、実験の主旨を十分に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。Table 1 に被検者の身体特性を示したが、彼女は利き腕を左とし、過去 10 年間バレーボール部員としての運動経験があるが、実験当時は、特に何も運動は行ってはいない。

被検者には、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⁴⁾の報告から、食事における制限はせず、また生活における条件は全くつけないこととした。プロテインパウダー（ザバス、Protein GO 明治製菓株式会社）は、トレーニングを行う直前に飲用することとした。

Table 2 に、1 日に摂取したプロテインパウダーの栄養素を示した。尚、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。

2. トレーニング方法

トレーニングは、9 月から 11 月の 3 カ月間、週に 4 日（火曜日～金曜日）午前及び午後に行った。

Table 1 Physical characteristics of subject

	Age (years)	Height (cm)	Weight (kg)	Fat* ¹ (%)	Fat* ² (kg)	LBM* ³ (kg)
	23	158.9	50.0	16.9	8.5	41.5

$$*^1 \quad \% \text{ Fat} = \left(\frac{4.570}{\text{body density}} - 4.142 \right) \times 100 \text{ Brozek}$$

$$*^2 \quad \text{Fat (kg)} = (\% \text{ Fat}/100) \times \text{weight (kg)} \quad \text{K. Kitagawa}$$

$$*^3 \quad \text{LBM (kg)} = \text{weight (kg)} - \text{Fat (kg)} \quad \text{K. Kitagawa}$$

LBM : lean body mass

Table 2 Nutritional value of Protein powder (a day)

Nutrimen	Protein	Lipid	Glucocide	Ca	Fe	Vitamin A	Vitamin B ₁	Vitamin B ₂	Vitamin B ₆
Protein powder	16.7 g	0.3 g	1.7 g	216 mg	4.3 mg	1758 I. U.	0.8 mg	1.1 mg	2.52 mg
Milk	6.5 g	7.1 g	10.1 g	21 mg	0.2 mg	252 I. U.	0.06 mg	0.34 mg	0.5 mg

Energy-quantity Protein powder 76.2 Kcal
Milk 132 Kcal

Table 3 Weight training item and condition (dunvel)

Item	Weight (kg)	The number of times	The number of sets
Wrist Curl	2	15 (30 RM)* ¹	3 (~ 4)* ²
Two Hands Curl	1	15 (30 RM)	3 (~ 4)
Back Hands Curl	1	10 (20 RM)	3 (~ 4)
French Press	1	5 (10 RM)	2 (~ 4)
Front Raise	1	5 (10 RM)	2 (~ 4)
Lateral Raise	1	5 (10 RM)	2 (~ 4)
Bent Over Side Raise	1	3 (6 RM)	2 (~ 4)

*¹ RM : repetition maximum*² () maximum**Table 4** Position of a mark for the body

	Chest girth (right)	Chest girth (left)	Abdominal girth (right)	Abdominal girth (left)
	114.5	115.0	97.0	97.5 (cm)
	Hip girth (projecting part)	Hip girth (pubis)	(right of greater trochanters)	(right of greater trochanters)
	75.5	72.0	74.0	73.0 (cm)
	Upper arm (right)	Upper arm (left)	Fore arm (right)	Fore arm (left)
	109.0	108.0	90.0	88.0 (cm)
	Thigh girth (right & left)	Lower leg girth (right & left)	Tip of a middle finger (right)	Tip of a middle finger (left)
	65.0	28.0	58.5	56.0 (cm)

内容は、主に筋力及び持久力トレーニングとし、筋力トレーニングでは、被検者の希望によりダンベルを用いた上肢中心に、負荷強度を $1/2RM$ ⁵⁾とした。**Table 3**に筋力トレーニングのメニューを示したが、セット数は下限であり、増やせるものとした。

持久力トレーニングは、山地⁶⁾の「一般的生活を行っている人に対する全身持久性改善の為に必要な、望ましいトレーニング強度、時間及び頻度の下限として、%HRmaxが60%以上、心拍数では120~130拍/分で時間は40分間以上、頻度は、疲労を残さない程度で週2回以上……等」を使用し、トレッドミル(Leopard Jox-810型、ヤガミ社製)及び自転車エルゴメーター(モナーク社製)を用いて予備実験を行い、その実験で得たデータを基に被検者の最大心拍数の60~70%、心拍数が120~130拍/分となるように、時速7~8 km/h、60回転/分に設定し、午前及び午後に最低20分間以上、計40分間以上行うことを下限レベルとした。1日のトレーニング時間は約3時間であるが、普段から特に何も運動を行っていない一般女子大学生の被検者であることを考慮し、下限レベルを守ることを最低条件とした以外は、体調によって増減できることとした。またトレーニング前後には充分なウォーミングアップ及びクーリングダウンを行なうよう指示した。

3. 測定項目

測定は、形態、心拍数及び血圧値とし、全項目を、トレーニング前に1回、その後は、2週間間隔で6回、合計7回行った。また、測定当日は、天気、気温、湿度の他、被検者の起床時間、睡眠時間、朝食の有無、体調の善し悪し及び生理の有無を調査した。尚、形態は、計測値の誤差を最小限にするために、測定者を同一人とした。

4. 測定内容

形態計測は、毎回測定時、身体の同一箇所を計測可能にするために、一部、日本人体力標準値²⁸⁾を参考に

し、我々独自の計測方法を考案し行った。

体重及び胸囲、腹囲（寛上最小囲）、腰囲、大腿囲（左右）、下腿囲（左右の最大囲）、伸展位の上腕囲（左右）、前腕囲（左右の最大囲）の周育及び上腕部の前背面（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（前面は腕けい骨筋、背面は総指伸筋）、肩甲骨下部の左右（広背筋）、大腿部後面の左右（大腿屈筋群の半腱様筋、半膜様筋、大腿二頭筋）、腹部（腹直筋）の皮下脂肪厚を計測した。

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、10時30分からと規定。また、着衣は、ショーツのみとし、メジャーを肌に直接あてて計測した。

体重は、SYSTEM 602 タニタ社製、周育は、プラスチック製メジャー、皮下脂肪厚は、栄研式皮脂厚計（明興社）を用い、以下の項目について厳守し、かつ以下で得られた印の上を通るように留意した。

- 1) 測定室の一定の場所に、かかとを60度に開いた足型を書いた板を床に設置、さらにメジャーを張り付けた板を、床と垂直に設置する。
- 2) 被検者の足を足型に合わせ、身体側面がメジャーと平行になるように立たせ、さらに背面に床と垂直に棒を立てて、一定の姿勢を保たせる。
- 3) 各項目の計測1回目に定めた計測箇所を、床から何cmであるか記録（Table 4）し、計測2回目以降は、その各値の位置から被検者に対して垂直線を引き、身体と交わる点（前部、背部及び左右の4箇所）に印をつける。
- 4) 上腕囲及び前腕囲は、設置したメジャーに左右の肩をつけ、中指の先端があたる部分のメジャーに印をつけ、その印の部位からの1回目の計測部位の距離を測定、記録する。
- 5) 腰囲は、被検者自身にメジャーを恥骨結合点に指で押さえさせ、左右大転子に印をつける。
- 6) 皮下脂肪厚は、3回計測し、その平均値を計測値として用いる。

また、血圧値及び心拍数は、運動負荷用血圧監視装置（STBP-780 ヤガミ社製）を用い測定した。各測定のトレーニング量を一定にするために、トレッドミルを用い、運動直前に立位で1回、下限レベルの7km/hの速さで20分間の走運動直後に、立位で1回、その後の回復時の測定は30分間と長い間、身体動揺が少なく、かつ姿勢が最も楽な仰臥位にて（ベッド上）5分間隔で6回（30分間）の計8回について行った。

尚、血圧は、上腕動脈部及び心拍は胸部3点誘導により導出した。

III. 測定結果

全測定日の実験室内の環境は、平均気温、23.1°C (SD 3.2)、平均湿度、61.3% (SD 11.1)、また、被検者の自己申告による調査から、平均睡眠時間は8時間43分、必ず朝食をとっており、生理にかかった測定日は、1度もなかった。体調及び気分は、各測定日ともに「よい」と回答している。

また、トレーニング半ばには、「トレーニングが楽に感じるので、徐々にトレーニング量や強度を増やしている」という被検者の報告から、調整力や持久力及び筋力などの向上による、トレーニング効果が現れたものと考えられる。測定4回目終了後に、被検者から「トレーニング量が増えているので、プロテイン量も増やしたい」という申し出により、プロテイン摂取量を、通常の2倍、すなわち「表示量」通りに摂取させることとし、トレーニングを続けさせた。しかし、約1週間で腹部の不調を訴えてきたので、医師の診察を受けさせた結果、原因不明との診断だったので、直ちにプロテイン摂取を中止させ、トレーニング量及び強度ともに下限レベルに落とし、続行させた。

1. 体幹部

胸部と腹部の周育は、トレーニング計画の進行に伴って、徐々に増育し、最終計測の結果、胸囲1.6% (+1.3 cm)、腹囲3.7% (+2.3 cm) 増えており、最大の値を示した。

一方、皮下脂肪厚は、「トレーニングの影響により周育は変わらずとも皮下脂肪厚は減るのではないか」という我々の推測とは逆に、周育と同様、増加傾向が顕著にみられ、特に腹部では2倍以上の、110.9% (+11.9 mm)、肩甲骨下部も、R 55.4% (+5.1 mm)、L 34.4% (+3.2 mm) 大幅に増加した。

腰囲においては、他の部位でみられた増加傾向はみられず、ばらつきがあるものの、ゆるやかな減少傾向を示し、最終計測では、1% (-0.9 cm) 減少するなど、このまま実験を続ければ、逆三角形に近い体型となるこ

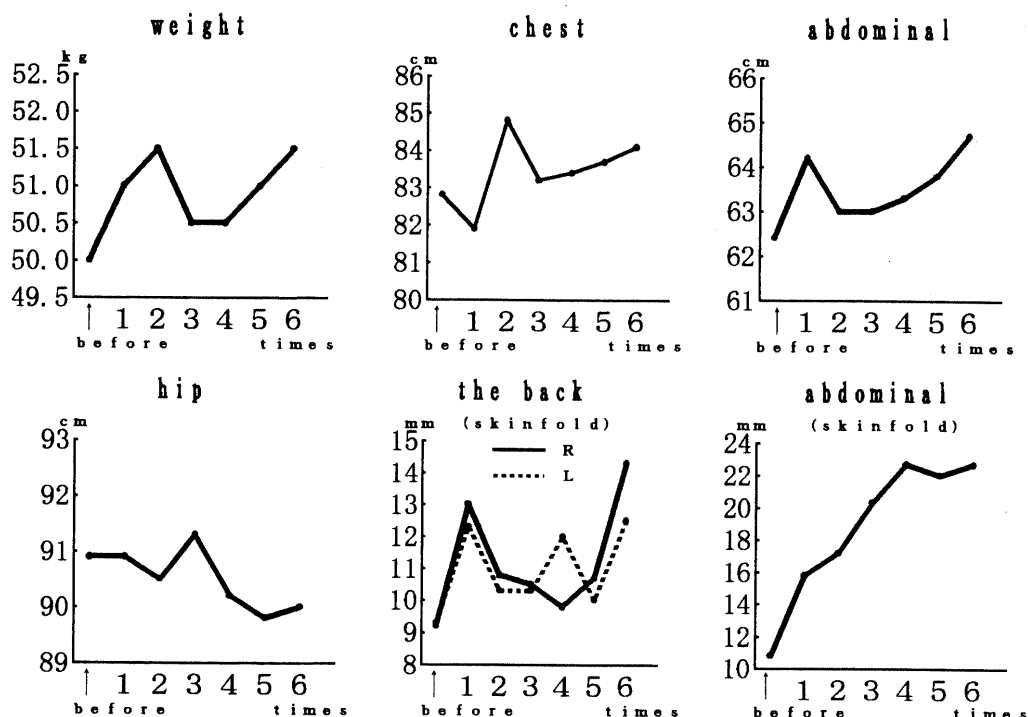


Fig. 1 Change of The body

とが、予測される結果となった。

また、体重は、トレーニング期間中増加し、最終計測では、3% (+1.5 kg) 増加した。(Fig. 1)

2. 上肢部

上腕は、重点的に筋力強化を行った部位であるが、利き腕Lの周育は、トレーニングの進行に伴い減少はしたものの、計測4回目を境に増加し、最終計測では、トレーニング前の値にまでほぼ減少した。Rは、計測2回目に0.5 cm 増加した後は、そのまま値を保ち、最終計測までほとんど変化が見られなかった。

変化が少なかった周育と比較し、前部の皮下脂肪厚は、トレーニングの進行に伴って、著しく減り、最終計測において最小値となり、R 53% (-4.6 mm)、利き腕であるLは、41% (-3.5 mm) 減少した。しかし背部には前部のような大幅な変化は見られず、わずかな増減を繰り返し、最終計測では、R 1.5% (-0.2 mm) 減少、L 12.8% (+1.7 mm) 増加した。

皮下脂肪厚の大幅な減少に比べ、周育にはそれほどの変化が見られなかったことから、脂肪が燃焼し、その分、筋繊維が太くなったことが明らかにされた。すなわち、上腕の背部には前部ほどの減少が見受けられないことから察すると、主に上腕二頭筋が鍛えられたことがうかがえる。

前腕囲は上腕囲の推移と同様に、R、Lともに積極的にトレーニングを行った中間期(Rは4回目、Lは5回目)に、減少したものの、その減少率はほんのわずかであり、その他の計測でも、ほとんど変化が見られなかった。しかし皮下脂肪厚は、前面及び背面ともに減少し、R前面は中間期に最小値となり、測定3・4・5回目に、34% (-1.7 mm)、L前面は測定3回目に56.6% (-3 mm) 減少した。また背面においても、トレーニングの進行に伴った減少が見られ、Rは最終計測で、34.3% (-0.7 mm)、Lは計測6回目で56.7% (-1.7 mm) 減少し、最小値となった。変化の少ない周育に比べて、皮下脂肪厚が大幅に減少していることから、上腕部と同様、腕けい骨筋及び総指伸筋が太くなったことが証明された。(Fig. 2)

3. 下肢部

下肢は、主にトレッドミル及びエルゴメーターの使用により、持久力のトレーニングを目的として行ったが、その影響を受けて、結果的には、筋力の強化にもつながることも、念頭において実験を行った。

大腿囲は、R及びLともに、トレーニングの進行に伴って漸増し、その値は最終計測で最大となり、R 5.5%

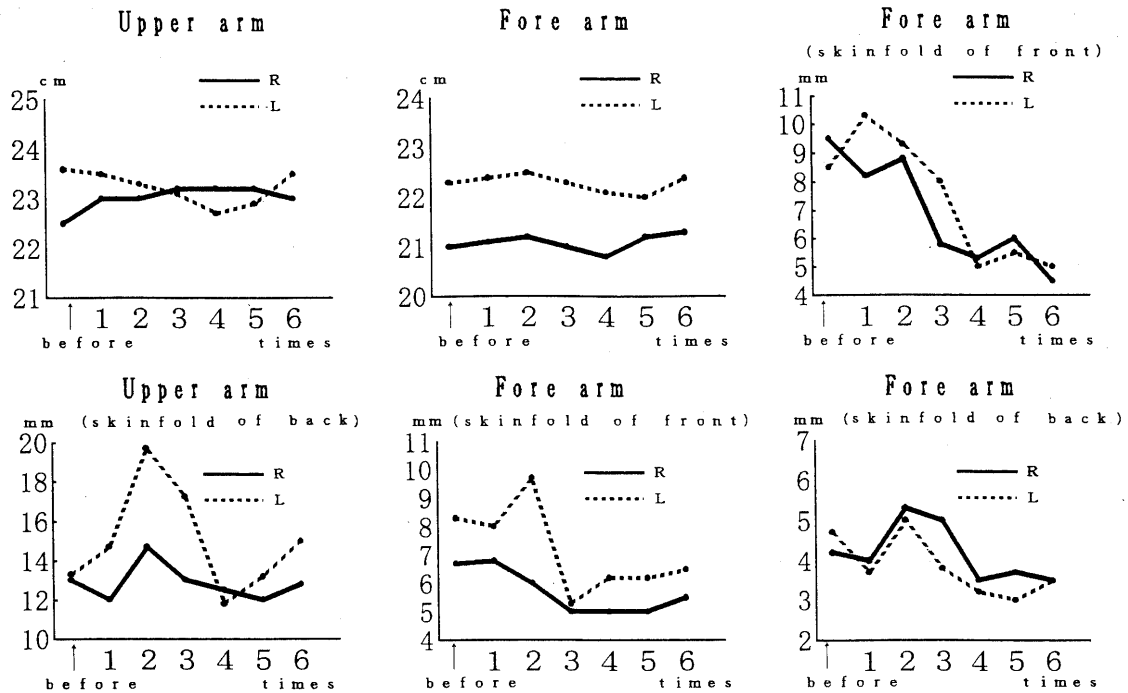


Fig. 2 Change of The arm

(+2.9 cm), L 4% (+2.1 cm) 増加したが、身体各部位の中でも、脂肪が多く蓄積されている大腿部（本実験で我々が設定した計測部位）の皮下脂肪厚は、キャリパーでの計測が難しく、計測 5 回目には、不可能となったが、計測可能であったその他の値は、R 及び L とともにトレーニング前より高い値を示し、計測 2 回目には最大値となり、R 27.9% (+11 mm), L 58% (+17 mm) 増加したが、計測 3 回目に、一時大幅な減少を示したものの、以後、徐々に増加しながら、最終的には、R 13.6% (+4.4 mm), L 19.5% (+5.7 mm) 増加した結果となった。

下腿囲は、トレーニング前半で、増加を示した後、R は徐々に、L は増減しながら、後半までともに減少し続けたが、トレーニング前と最終計測とを比較しても、R は +0.1 cm, L は -0.1 cm と、ほとんど変化は見られず、下腿囲の変動とは異なりを見せた。

大腿の周育は、トレーニング後半に大幅な増加傾向が見られるなど、上肢とほぼ同様の推移であったが、皮下脂肪厚では、上肢でみられた中間期での減少は見られず、後半まで増加を続けるという結果であった。

また、下腿の周育においても、トレッドミル及びエルゴメーターの使用による影響を懸念しながら実験を行っ

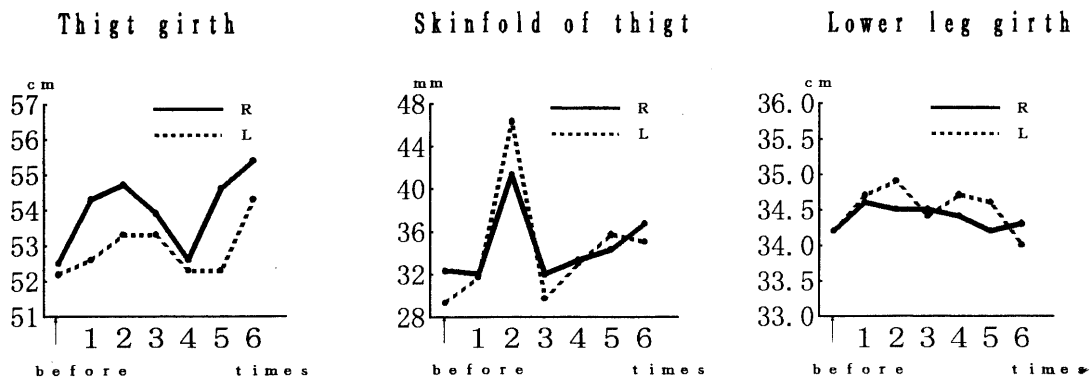


Fig. 3 Change of The leg

Table 5 Change of fat and lean body mass

	before	1	2	3	4	5	6
% Fat	16.9	18.4	18.6	17.6	16.9	17.9	19.5
Fat (kg)	8.5	9.4	9.6	8.9	8.5	9.1	10.0
LBM (kg)	41.5	41.6	41.9	41.6	42.0	41.9	41.5

たが、変化は見られず、結果的には、効果は現れなかったとみてよいだろう。(Fig. 3)

4. 体脂肪・LBM (Lean Body Mass)

我々の目的とする「プロテイン摂取の効果」を、別の角度から探る一つ的手段として、体脂肪、除脂肪体重の算出を試みた。Brozek⁷⁾らの% Fat 算出式に従い、北川⁸⁾の脂肪量及びLBM算出式で得られた、各測定値をTable 5に示した。

その結果、トレーニング前と最終の計測とで比較検討してみると、計測時の体重から体脂肪を引いた値がLBMであることからみて、LBMには変化が見られず、脂肪量増加の影響が、体重の増加に現れる結果となったが、しかし被検者が最も積極的にトレーニングを行った中間期には、体脂肪が減り、LBMが増量し、被検者の体調により、プロテイン摂取を中止した後の最終結果では、LBMに変化は見られなかったことから総合的に判断すると、プロテイン摂取の影響が如実に現れた結果となった。

5. 血圧値・心拍数

循環機能への影響を検討するために、トレーニング前を含む7回の測定日に、同一強度の走運動を取入れ(II-4. 測定内容の項参照)、「トレーニング効果が現れるとするならば、血圧値(Blood Pressure)及び心拍数(Heart Rate)の減少がみられるのではないか」という観点から、走運動を行う前の立位時、終了直後(立位)、その後仰臥位にて5分間隔で30分間血圧値及び心拍数の測定を行ったが、走運動を行う前の測定値をFig. 4に、走運動を終了した直後の値をFig. 5に示した。結果は次の通りであった。

走運動前の収縮期血圧(Systolic Blood Pressure 以下SBPと言う)は、平均118mmHg (SD 7.0)、拡張期血圧(Diastolic Blood Pressure 以下DBPと言う)平均70mmHg (SD 3.2)で、トレーニング前と比較しても違いは見られなかったが、走運動を終了した直後は、トレーニング前と比べ、SBPは中間期に、6.7% (-9.5mmHg) また、後半では、11.6% (-16.5mmHg) の下降が見られた。

一方、DBPは、トレーニングの中間期に17.4%有意に上昇した。

トレーニング効果の指標の一つである心拍数については、走運動を行う前の値が、トレーニング前の77beat/minに比較し、6回の全測定とも減少した値となり、その減少率は、中間期において最も大きく、15.6% (-12beat/min) の減少であった。また、走運動終了直後の値も、トレーニング前の140beat/minに比べ、トレーニング前半で、最大12.9% (-12beat/min) 中間期で20.7% (-29beat/min)、後半で11.4% (-16

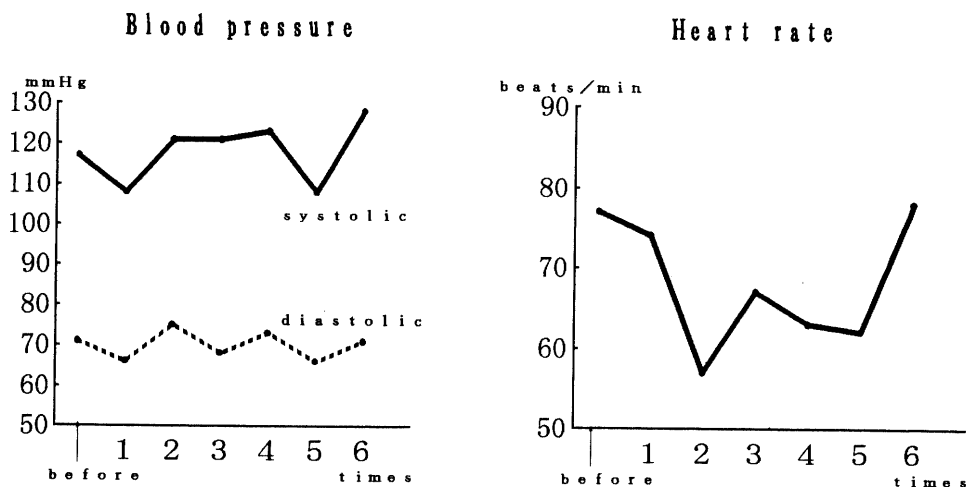


Fig. 4 Change of before exercise

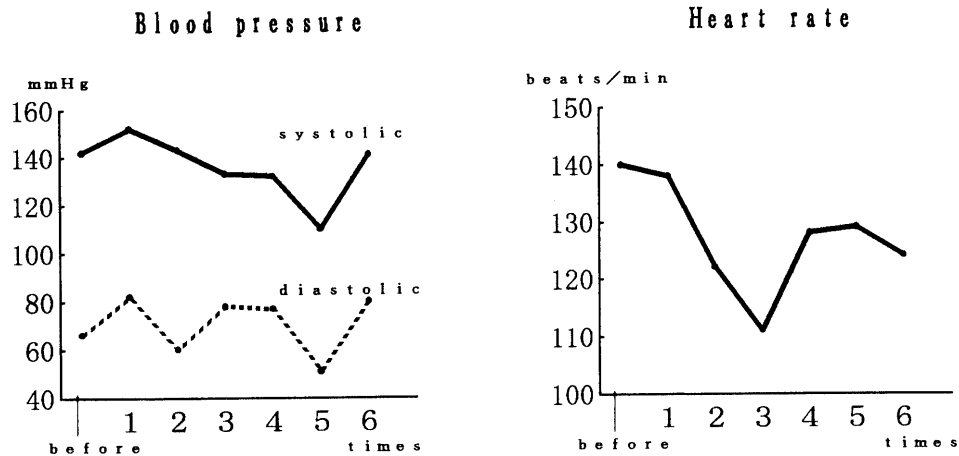


Fig. 5 Change of after exercise

beat/min) 減少した。また、心拍数の回復時間は、トレーニング前においては、25分間費やしているのに対し、6回の全測定値すべてが15分目には回復していた。つまりトレーニングの進行に伴い、走運動前の値が減少し、終了直後の値も減少、また回復時間も短縮されていることから、トレーニングによる効果が得られ、その効果はトレーニング中間期に最も大となった。

すなわち、血圧値及び心拍数からみて、循環機能への効果が認められる結果となった。

IV. 考 察

本実験の目的であるプロテイン摂取による影響は、筋力トレーニングを中心に行った、上肢部に顕著に現れた。すなわち、周育には変化がなく、皮下脂肪厚のみ大幅に減少したことは、「筋肉肥大」を示しており、プロテイン摂取の効果が現れたことを裏付けていると言っても過言ではないだろう。このことをプロテインの「量」から検討すると、「表示量」の1/2としたことが、今回の実験で取り入れたトレーニングの強度及び回数に対して、「適量」であったと考えられる。しかし、摂取効果がみられた段階でのトレーニングのレベルを、初期の段階から取り入れたとしても、はたして同様な効果が得られたかどうかは明確ではない。すなわち、被検者として「普段から何も運動を行ってはいない一般女子大学生」を選んだことを考慮したトレーニングの内容を、「疲労を残さない程度の無理のない」下限メニューでスタートしたからこそ、運動に身体が順応し、スムーズに無理なく、負荷を増したトレーニングに移行できたと考えられるからであるが、筋力トレーニングにより、形態に効果が現れる時期と、ちょうど重なったのではないかということも、プロテインの摂取効果が得られた要因の1つであろう。つまり、これからトレーニングを行おうとしている一般の人々や、過去に運動経験の少ない人々が、プロテイン効果を期待して、初期の段階から運動強度が強く、トレーニング量の多い計画を実行しながら、「表示量」通り摂取することは避けた方がよいことを示している。

上肢部にはプロテイン摂取効果が如実に現れたが、その他の形態、体調及び循環機能などにも、摂取の影響が多分に現れていると思われる。その理由として、トレーニング期間中に体重が増加したことが挙げられる。原因として考えられることは、1つは筋力トレーニング及びプロテイン摂取によるLBMの増加、1つはエネルギー摂取量が消費量より上回ったことによる体脂肪量の増加の2点である。すなわち、最もトレーニングを積極的に行った中間期ではLBMの増加、またプロテイン摂取を中止し、トレーニング量を初期のレベルに戻した後半では、体脂肪量が増加し、トレーニング量とプロテイン摂取量、体脂肪量とLBMが比例していることから、バランス関係によりともに増減していることが理解できよう。また、最終測定では、LBMが増えず、体脂肪のみ増えたが、本実験の被検者のトレーニング前の体脂肪率は16.9%、LBM 41.5 kgで、日本人成人女性の平均% fat⁹⁾ 23%、LBM 38 kgに比較し、もともと体脂肪率が低く、LBMが大きいことも、LBMが増えなかったことの原因と考えられる。トレーニングの後半に、摂取量を「表示量」通りとした後、体調を崩したが、この時点で被検者は、タンパク質を約90 g摂取しており、日本人の成人女性が1日に平均約60 g¹⁰⁾ 摂取していると言われている。

量に比べ、大変多いと考えられるが、トレーニング期やスポーツ活動期には、体重1 kg 当り1日2 g^{11) 12) 13) 14)} 摂取した方がよいという文献も多く、これを基に被検者の体重で換算すれば、100 g となり、決して摂り過ぎている量とは考えにくい。被検者の普段の食生活でのタンパク質摂取状況が把握されていない以上、トレーニング量に適さない「摂取量」、つまり摂取量が多かったのではないかと考えるのが妥当であろう。このことは、食品としてのタンパク質でなく、精製したタンパク質を摂ると、尿中にカルシウムが排せつされ、必須アミノ酸の腸での吸収を妨げたり、食欲不振になったりする副作用があるという三浦ら¹⁵⁾ の報告などからも、トレーニングの後半の始めは、「表示量」通りの摂取量に比べて、トレーニング量が少なく、プロテインが有効に使われなかったものと判断できる。

一般に、トレーニングを始めると、筋肉の適応肥大がおこり、それに伴ってタンパク質の摂取を大幅に増やす必要が生じるが、この時タンパク質の摂取が不足するとスポーツ性貧血を招き、防衛体力の減退をきたすことなどがあり摂取が重要である。その量は、各個人の日常の食事内容、例えば摂取栄養及びエネルギー量の把握が必要であり、通常摂取しているタンパク質量を知る必要がある。また、タンパク質の必要量の評価について、小林ら¹⁶⁾ は、体内で作られた尿、ふん、毛、汗分泌、月経、精液からの窒素含有物を完全に集めなければならないとしている。これらのことから、本実験においては、トレーニング量に見合ったタンパク質の摂取が適切に行われなかったのではないかとということが反省として挙げられるが、適切な摂取量であるならば、その効果は大であると言えよう。なぜならば、最も積極的に運動を行いながらプロテインを摂取していたトレーニングの中間期には、体脂肪量が減り、LBMが増加したこと及び筋力トレーニングを行った上肢部において、周育に変化がなかったものの、皮下脂肪厚には大幅な減少がみられたことなどからも、その効果がうかがえる。しかし、筋力トレーニング時における栄養摂取は、特別な補助食品に頼らずとも、日常の食品からの摂取だけでも充分であるとする文献¹⁷⁾ もあり、プロテイン飲料の「適量」は、今後の課題である。

また、本実験における局所トレーニングによる周育及び皮下脂肪厚の極端な減少は、他面的にみれば、ダイエットブームにおいて理想とされている「痩せたい部分だけ痩せる」ことが可能であることを示していると考えられる。すなわち、上肢部の周育及び皮下脂肪厚は、ともにトレーニング期間中、顕著に減少したのに対し、体幹部においては、周育及び皮下脂肪厚とも増加したことからも明かであると思われる。また走運動で影響を受けたと思われる下肢部については、大腿部ではトレーニング量に比例し増減はしたが、最終測定には増加しており、また下肢部の中で走運動を強力に推進する上で特に重要な下腿三頭筋（はい腹筋及びひらめ筋）付近の周育は、トレーニング期間中減少を続けるなど、上肢部と同様に「痩せたい部分だけ痩せられる」ことを裏付けている。

また、計測が難しいとされている、キャリパーによる大腿部皮下脂肪厚の計測が不能となったことは、我々の計測点の設定ミスによるものと考えられるが、その他下腿においても皮下脂肪厚を併せて計測した上での、総合的な判断をすることが、今回の実験で得られた悔やまれる反省点である。

また、本実験による持久力トレーニングの効果は、トレーニングの進行に伴った、走運動前及び走運動直後の心拍数の減少、さらには走運動後の心拍数回復時間の短縮など、明らかに心肺機能の向上がみられ、被検者に適したトレーニングの内容であったと言えよう。

持久力トレーニングの効果^{18) 19) 20)} については、一般的に、心拍出量、特に1回拍出量が増加すること、また換気量、特に1回換気量が増加することや血圧が改善されるなど、その他、ストレスの解消、肩こりなどの疲労の回復、そして持久力が増すなどの体力の向上があるなどを挙げているが、これらの効果を得るためには、池上は²¹⁾、 Vo_2max 50% (HR 130 程度) で1日の運動時間30~45分で週3回以上、Macardle, W, Dら²²⁾ はHRmaxの70%で、1回につき20~30分、中西²³⁾ は、心拍数120 beat/min (Vo_2max のほぼ50%に相当) が、トレーニング刺激として有効、また、山地²⁴⁾ は Vo_2max の改善の下限、あるいは至適トレーニングにも、ある程度の幅を持たせる必要があるとして、強度50~80% Vo_2max 、時間15~60分、頻度3~5日/週が抵抗なく受け入れられると述べており、本実験におけるトレーニングでは、1日3時間で、週4回、運動強度は、トレッドミル136.9 beat/min (SD 7.0)、HRmaxの69%、また、エルゴメーター及び各種球技は、126.5 beat/min (10.5)、HRmaxの64%である。本実験では Vo_2max は測定してはいないが、HRmaxとの高い相関²⁵⁾ から、本実験での持久力トレーニングの内容が適当であると思われる。しかし、プロテイン摂取による効果の影響も加味されているのか、それとも単純に、持久力トレーニングによるものなのかは、明らかにされな

かったが、筋持久力のトレーニングにより呼吸循環器系も伸びるという Bruno Pauletto²⁶⁾ の文献からも、筋力トレーニングと持久力トレーニングとの相乗効果としての結果とも考えられよう。また、持久力トレーニングと筋力には、関係は見られないとする報告²⁷⁾ もあるが、下肢部における筋持久力 (muscle endurance) の高まりがあったことは否定出来ないだろう。

最後に、専門の選手でない、運動を行っている一般の人々に指導するプロテイン摂取の適量と、トレーニング量の関係は、明確にはされなかったが、一般人が効果を期待して、トレーニング量に合わない、多量のプロテインを摂取し続ければ、それは効果どころか、逆に体調を崩す一因となり得ること、また、一般の人々に限らず、プロテイン摂取は、普段の食事内容及びトレーニング量を個人個人考慮した上で取り入れなければ、十分な効果は期待出来ないだろうこと、また、トレーニングは、疲労を残さない、無理のない内容から開始し、プロテイン摂取量も表示量より少なめに摂取するところからはじめ、除々に馴染ませることが大事であることが、本実験による結果からの結論である。

V. 結 語

本研究の目的は、運動を行っているごく一般の人々が、プロテイン摂取を行って、はたして効果が得られるのか、また、身体に影響を及ぼすことはないのか、プロテイン量は、どの位が適量であるのか、というさまざまな疑問から、ごく普通の生活をしている女子学生に、「表示量」の半分のプロテイン量を摂取させながら、一定期間、中度のトレーニングを行なわせ、その影響を検討することを目的とした実験を試みた。

その結果を以下に述べる。

1. プロテイン摂取効果が最も顕著にみられたのは、筋力トレーニングを重点的に行った上肢部であった。トレーニングの進行に伴い皮下脂肪厚が大幅に減少したものの、周育には変化がないなど、脂肪が燃焼して薄くなり、その分筋繊維が太くなったことが認められた。しかし、胸部及び腹部では、周育、皮下脂肪厚ともに増加し、また体重もトレーニング期間中増加した。下肢部においては、大腿の周育及び皮下脂肪厚の増加がみられたが、走運動を強力に推進する上で特に重要な下腿部においては、ほとんど変化がみられなかった。
2. 局所トレーニングによる周育及び皮下脂肪厚の極端な減少は、ダイエットブームにおいて理想とされている「痩せたい部分だけ痩せる」ことが可能であると考えられる結果であった。
3. 体脂肪及びLBMは、最も積極的にトレーニングを行った中間期では、体脂肪が減り、LBMが増量、被検者の体調により摂取を中止した後の最終結果では、LBMには変化がみられないなど、明らかに摂取効果が認められた。
4. 循環器系への影響では、トレーニングの進行に伴う、走運動後における収縮期血圧値の下降及び拡張期血圧値の上昇が認められた。また、心拍数は、トレーニングの進行に伴い、走運動前の値が減少し、運動終了直後の値も減少、また回復時間も短縮された。
5. プロテイン摂取の適量については、これからトレーニングを行おうとしている一般の人々や、過去に運動経験の少ない人々が、トレーニング初期の段階から運動強度が強くなり、トレーニング量の多い計画を實行しながら、「表示量」通り摂取することは避けた方がよいことが本実験より示された。尚、年齢差及び男女差についても充分考慮する必要があると思われた。

最後に、本研究に際し、ご協力下さいました、福田真代さん及び藤田美季さんに心から感謝の意を表します。

引 用 文 献

- 1), 12) 山岡誠一他：運動と栄養，杏林書院，1994，p 120～124
- 2) 今村嘉雄他：新修体育大辞典，不味堂出版，1976，p 134
- 3), 13) 長嶺晋吉：スポーツとエネルギー・栄養，大修館書店，1995，p 141，p 222～223
- 4) 下方浩史：体脂肪分布，大修館書店，1996，p 84～86
- 5), 11) 松井秀治，福永哲夫他：コーチのためのトレーニングの科学，大修館書店，1985，p 279，p 310
- 6) 山地啓司：心臓とスポーツ，共立出版，1982，p 178～189
- 7) Brozek J, Grande F, Anderson JT, Keys A: Densitometric analysis of body composition: Revision of some quantitative assumptions. Ann. N. Y. Acad. Sci. 110: 1963, p 113～140

- 8) 北川 薫：肥満者の脂肪量と体力，杏林書院，1985，p 30
- 9) 福永哲夫他：日本人の体組成，朝倉書店，1990，p 21～24
- 10), 16) 小林修平：スポーツ栄養学，南江堂，1995，p 121～122，p 196～197（厚生省による日本人の栄養所要量）
- 14) 猪飼道夫他：現代トレーニングの科学，大修館書店，1968，p 282
- 15), 17) 三浦義彰，橋本洋子：スポーツ栄養，杏林書院，1993，p 81～82
- 18) 朝比奈一男，中川功哉：運動生理学，大修館書店，1969，p 77～82
- 19) 永田 晟：からだ・運動の科学，朝倉書店，1988，p 59～60
- 20) J. Weineck：最適トレーニング，オーム社，1984，p 254～257
- 21) 池上春夫：運動処方の実際，大修館書店，1995，p 179～181
- 22) Mcardle, W. D 他：運動生理学，杏林書院，1994，p 359～364
- 23) 中西光雄：運動生理学入門，技術書院，1993，p 99
- 24) 山地啓司：最大酸素摂取量の科学，杏林書院，1994，p 96～103
- 25) 九州大学健康科学センター編：健康と運動の科学，大修館書店，1993，p 86～87
- 26) Bruno Pauletto：筋力トレーニングマニュアル，大修館書店，1993，p 85～86
- 27) 小野三嗣：運動の生理科学，朝倉書店，1991，p 27～30

参 考 文 献

- 28) 東京都立大学体育学研究室編：日本人の体力標準値第四版，不味堂出版