

# 絶食時の持久力トレーニングが骨格筋重量及び その他臓器組織重量に及ぼす影響

山田 茂・西山いずみ・木崎恵梨子・大橋 文

食生活科学科 スポーツ・栄養学研究室

Influence which Endurance Training at the Time of a Fast has  
on Skeletal Muscle Weight and Internal-organs Organization Weight

Shigeru YAMADA, Izumi NISHIYAMA, Eriko KIZAKI and Aya OHASHI

*Department of Food and Health Sciences, Jissen Women's University*

This experiment considered the influence on the weight of body organs, when endurance training was performed by a fasting state without ingestion of a nutrient. Female ICR mice (27.2g ~ 36.7g weight) were used. These mice were classified into four groups shown below, with five animals in each group. ① Food intake and training group, ② Food intake and non-training group ③ non-food intake and training group ④ non-food intake and non-training group. The experiment was conducted for four days. The mice were kept in individual cages at a room temperature of 24°C. Drinking water was given freely. Four days later, mice were sacrificed by blood removal under anesthesia, and then each of the organs and tissues were collected from each mouse. Each weight was measured by electromagnetism type measure. Endurance exercise was performed using a mouse device rotating momentum. Measurement of momentum was made of a fixed time every day and the mileage was calculated. As a result of observing the influence which it has on weight in each internal-organ of body, the influence by a meal reflected the weight of internal organs strongly. Both a meal and movement influenced the weight of the soleus muscle. In the case of plantaris, it was the same as that of a soleus muscle. However, as for plantaris, as compared with the soleus muscle, the influence of a meal was more strongly observed from comparison of B group and D group. The influence of a meal was reflecting strongly each weight of the heart, kidney, spleen, liver, and fat. Group A lower value indicates the average weight of the spleen when groups B, and A, were compared, statistically significant. Brain weight was not affected by diet and exercise.

**Key words :** Endurance training (持久的トレーニング), Starvation (絶食), Skeletal muscle (骨格筋)

## はじめに

普段の生活でのバランスのとれた栄養が必ずしもスポーツパフォーマンスを高めるわけではなく、各スポーツ活動や身体活動を進めるための栄養バランスや摂取条件が要求される。しかしながらスポーツや身体活動と栄養素との関係については十分に解明されていない。

近年の健康ブームの中で、ジョギングやウォーキングなどの有酸素運動(エアロビクス)が生活習慣病予防や健康体力づくりのために推奨されている。平成

12年厚生労働省より各地方自治体に通知された「21世紀における国民健康づくり運動(健康日本21)」<sup>1)</sup>では週あたり身体運動によって2,000kcalの消費エネルギーが推奨されている。その背景には、身体運動によるエネルギー消費が、生活習慣病を引き起こす肥満、高脂血症、糖尿病などの発症や予防に効果的であると考えられている。エアロビクスは身体に蓄積した脂肪や糖を持続的にエネルギー源として効率よく消費する方法である。持久的な運動によって基礎代謝量を亢進し、安静時においてもより多くのエネルギーを消費し、

より多くの脂肪を燃焼する身体を作り上げることを目的としている。すなわち、習慣的なエアロビクス運動は、有酸素的エネルギー消費を促す身体を作り上げることである。一方、マラソンや駅伝競技などのスポーツにおいてはエネルギー消費の効率性を求め、継続的な持久的を高める体づくりが求められる。これらは骨格筋量を増やす健康増進の体づくりとは大きく異なり、できるだけ身軽な体型が求められる。従って、体を構築する栄養の摂取法はおのずと異なることが想定される。全身持久的な運動は単に脂肪組織の燃焼に関わるだけでなく、呼吸循環系を中心に筋系、内分泌系や排泄系などにも影響を及ぼす。これらの生体諸器官に及ぼす負担度を考慮し、形態的に、あるいは機能的に健全に身体を維持することが要求される。このように、エネルギーを生産する生体の臓器組織の構築の仕方とエネルギー生産物質の貯蓄など栄養摂取と関連する課題は解決されていない。

そこで、著者らは、スポーツ栄養を研究する手始めとして、本実験では栄養素の摂取が全くない絶食状態での持久的運動が生体諸器官の重量に及ぼす影響について検討した。

## II. 実験方法

### a) 動物：

ICR マウス（日本エスエルシー株式会社）の雌性マウス、10 週令 20 匹（体重 27.2g ~ 36.7g）を用いた。これらのマウスを次の 4 群に区分し、各群 5 匹とした。

1. 食事あり運動あり（A グループ）
2. 食事あり運動なし（B グループ）
3. 食事なし運動あり（C グループ）
4. 食事なし運動なし（D グループ）

### b) 飼育条件：

マウスは室温 24℃ の環境下で個別にケージで飼育され、食餌（MF、(オリエンタル酵母株式会社)）を用い、飲料水（精製水、(正起薬品工業株式会社)）は自由摂取とした。

### c) 実験期間：

実験は 4 日間行った。

### d) 各臓器組織の採取：

食餌ありのグループは 4 日間飼育した後に、また食餌なしのグループは実験前日から絶食を開始し 4 日後にそれぞれ麻酔下で脱血、屠殺して骨格筋、臓器、皮下脂肪、脳を採取し、重量を電磁式はかり（METTLER TOLEDO 株式会社）にて計測した。

### e) 運動負荷法：

持久性の運動はマウス回転式運動量装置 KN-78-M（株式会社夏目製作所）を用いて行った。運動量の計測は時間を決めて毎日計測し、走行距離を求めた。

### g) 統計的処理：

t 検定法を用い、平均値間の有意性について検定した。 $p \leq 0.05$  を有意とした。

## III. 結果

### 1. 運動及び食餌が体重に及ぼす影響

図 1. は運動及び食餌が体重に及ぼす影響について示したものである。A グループの平均値は 31.4g、B グループの平均値は 31.6g、C グループの平均値は 20.5g、D グループの平均値は 22.4g であった。A グループと C グループ、B グループと D グループ、C グループと D グループのそれぞれの平均値間に統計的に 5% の有意差がみられた。

### 2. 運動及び食餌がヒラメ筋重量に及ぼす影響

図 2. は運動及び食餌がヒラメ筋重量に及ぼす影響について示したものである。A グループの平均値は 9.44mg、B グループの平均値は 8.13mg、C グループの平均値は 7.62mg、D グループの平均値は 7.41mg であった。A グループと B グループ、A グループと C グループのそれぞれの平均値間に統計的に 5% の有意差がみられた。

### 3. 運動及び食餌が足底筋重量に及ぼす影響

図 3. は運動及び食餌が足底筋重量に及ぼす影響について示したものである。A グループの平均値は 18.93mg、B グループの平均値は 16.74mg、C グループの平均値は 13.47mg、D グループの平均値は 13.96mg であった。A グループと B グループ、B グループと D グループのそれぞれの平均値間に統計的に 5% の有意差がみられた。

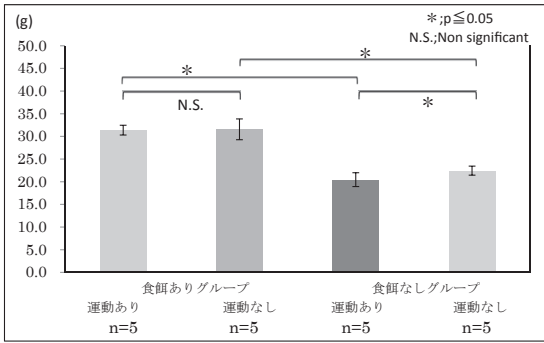


図 1. 運動及び食餌が体重に及ぼす影響

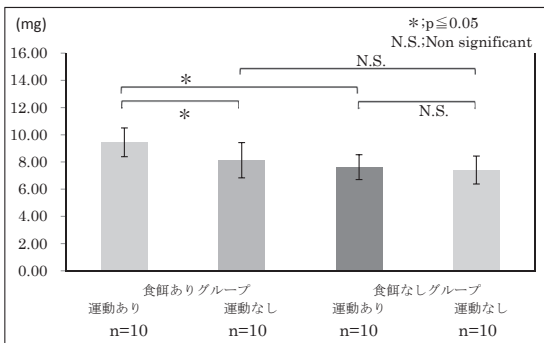


図 2. 運動及び食餌がヒラメ筋重量に及ぼす影響

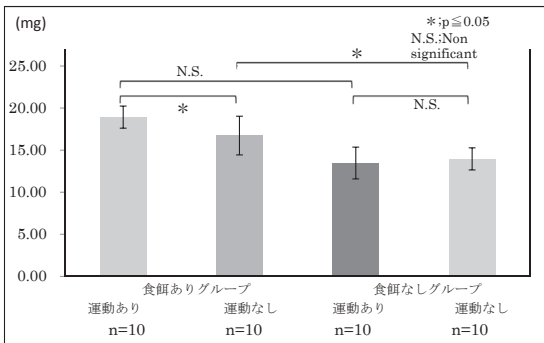


図 3. 運動及び食餌が足底筋重量に及ぼす影響

#### 4. 運動及び食餌が骨格筋以外の臓器組織重量に及ぼす影響

心臓重量において、A グループは 0.15g、B グループは 0.15g、C グループは 0.11g、D グループは 0.11g であった。A グループと C グループ、B グループと D グループの間にそれぞれ 5 % の有意差がみられた。腎臓重量において、A グループの平均値は 0.48g、B グループの平均値は 0.45g、C グループの平均値は

0.35g、D グループの平均値は 0.33g であった。A グループと C グループ、B グループと D グループのそれぞれの平均値間には統計的に 5 % の有意差がみられた。肝臓重量について、A グループの平均値は 1.70g、B グループの平均値は 1.37g、C グループの平均値は 0.81g、D グループの平均値は 0.73g であった。

A グループと C グループ、B グループと D グループのそれぞれの平均値間には統計的に 5 % の有意差がみられた。脾臓重量について、A グループの平均値は 0.11g、B グループの平均値は 0.14g、C グループの平均値は 0.04g、D グループの平均値は 0.05g であった。A グループと B グループ、B グループと D グループのそれぞれの平均値間に統計的に 5 % の有意差がみられた。皮下脂肪重量について、A グループの平均値は 0.64g、B グループの平均値は 0.73g、C グループの平均値は 0.06g、D グループの平均値は 0g であった。A グループと C グループ、B グループと D グループのそれぞれ平均値間には、統計的に 5 % の有意差がみられた。脳重量について、A グループの平均値は 0.46g、B グループの平均値は 0.46g、C グループの平均値は 0.46g、D グループの平均値は 0.45g であった。どのグループ間の平均値にも有意差はみられなかった。

#### 考察

本実験では栄養素の摂取が全くない絶食状態での持久的運動が生体諸器官の重量に及ぼす影響について検討した。食事と運動が体重に及ぼす影響をみると全体的に食事の体重への影響が強く反映していた。一般的に運動が体重減少に影響を及ぼすものと考えられるが、A と B グループ間では体重の差がなく運動の影響は観察されなかった。C と D グループ間においては運動の影響が観察され、D グループに比較して C グループで体重が有意に減少した。食事をとらないで運動した場合はエネルギー消費が加速するものと考えられる。運動と食事が運動筋であるヒラメ筋重量に及ぼす影響を観察すると A グループと B グループでの平均値の差は運動の影響であると考えられる。また A グループと C グループ間の比較は食事の影響が強く反映している。これは、図 4 に示すように、食事摂取量と運動量が密生に関連し、運動量の増加は食事摂取量に依存することがわかる。しかしながら、B グループと C グループのヒラメ筋の平均重量を比較すると

統計的に差がみられないことから運動した場合には食事の影響は大きく影響しないものと考えられる。それが顕著に示されたのが B グループと D グループ間でみられる。また速筋である足底筋重量に対する運動と食事の影響を観察すると、A グループと B グループ間で明らかに運動の影響が反映し、遅筋と同様の結果であった。これは図 5 に示すように走行距離と筋重量には密接な関係にあることを示している。しかしながら B グループと D グループを比較すると明らかに D グループの値が低く、食事の影響が強く筋重量に反映していた。これは遅筋と速筋の特性によるもので、遅筋の場合は常に体を支えるために活動し、速筋の場合は目的的な活動に限って活動するためと考えられる。

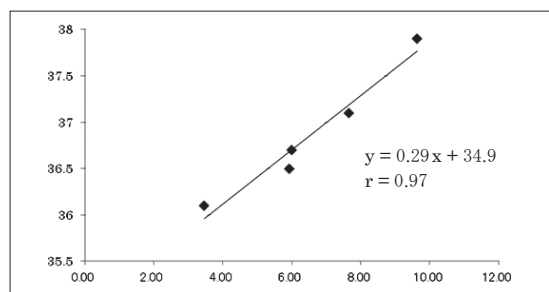


図 4. 食餌ありグループにおける走行距離と摂食量の相関

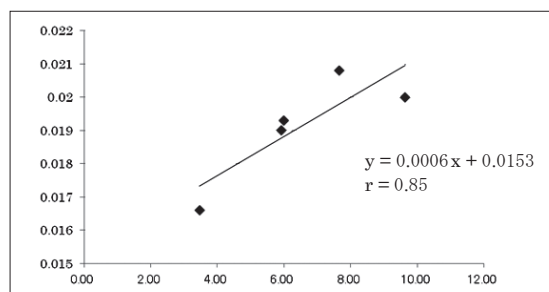


図 5. 食餌ありグループにおける走行距離と足底筋重量の相関

骨格筋以外の臓器組織に及ぼす運動と食事の影響についてみると心臓の重量は食事によって大きく影響することが判明した。運動による影響は全く観察されなかった。これまで、運動による心肥大については数多く報告されている。古くは Hort により報告され<sup>2)</sup>、心室重量が増えることが示されている。今回の実験では強制運動ではなく、自発的な運動であったために負荷の程度が低かったものと思われる。強制的負荷することによって心臓重量を維持する機構と食事によって

維持する機構との関連性については今後検討したい。また腎臓の重量についても心臓同様に食事の影響が強く観察された。このことは A グループと C グループ間、B グループと D グループ間で観察された。さらに肝臓の重量変化についても心臓や腎臓と同じ結果であった。このように、臓器重量に対して食事の摂取が大きく反映し、運動の影響については観察されなかった。肝臓は運動によってその重量が増加することが報告されている<sup>3),4)</sup>。ミトコンドリアの増加やグリコーゲンの貯蔵の増大によるものと考えられている。脾臓の重量変化についても食事の影響が強く反映した。しかし、運動の影響も観察され、食事摂取グループで運動を行った場合、運動を行わなかったグループに比較して低値を示した。この原因については不明である。これまで高度な持久的トレーニングで脾臓重量が増加することが報告されているがその機構についてはいまだ解明されていない<sup>5)</sup>。皮下脂肪組織量は食事の影響が明白で、食事摂取のないグループで明らかに低い値を示した。エネルギー源として利用されたものと思われる。脳の重量については運動の影響も食事の影響を観察されなかった。これはこれまでの報告と同様であった。

## 謝辞

本論文を作成するに当たり、野上玲子氏にご協力を頂いた、感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) 健康日本 21 企画検討会 21 世紀における国民健康づくり運動 (健康日本 21) について報告書 平成 12 年 2 月。
- 2) Hort, W.: Morphologische und physiologische Untersuchungen an Ratten während eines Lauftrainings und nach dem Training. Virchows Archiv 320,197 (1951).
- 3) Thörner, W.: Biologische Grundlagen der Leibeserziehung. Bonn: Dümmler (1966).
- 4) Schüler, K-P., Schneider, F., Clausnitzer : Wirkung des körperlichen Trainings auf das Stoffwechsel- und endokrine System. Med. u. Sport 4-6, 117 (1974).
- 5) Smodlaka, V., Jankovic, M., Mellerowicz, H. et al.: Das ergometrisch dosierte Intervalltraining Zur Rehabilitation nach Herzoperationen. Kreisf. -Forsch. 51, 152 (1962).
- 6) Gan SK, Watts GF. Is adipose tissue lipolysis always an adaptive response to starvation? : implications for non-alcoholic fatty liver disease. Clin Sci (Lond) . 2008 Apr; 114 (8): 543-5.