

大豆たん白質分解ペプチドの体脂肪蓄積抑制効果に関する研究

石原健吾・大貫宏一郎・斎藤真人・伏木 亨*

京都大学大学院農学研究科

Effects of Soybean Peptide on Suppression of Body Fat Accumulation in Exercised Mice

Kengo ISHIHARA, Koichiro ONUKI, Masato SAITO and Tohru FUSHIKI

Graduate School of Agriculture, Kyoto University, Kyoto 606-01

ABSTRACT

Chronic administration of soybean peptide beverage suppressed body fat accumulation of mice. Mice were fed with commercial chow and 5% soybean digestion peptide solution during endurance swimming every 2 days for 5 weeks. The same effect was observed in using 5% amino acid mixture beverage which simulated the soybean peptide. In this study, we investigated the influence of branched-chain amino acid (BCAA) content, which is higher in the soybean peptide. Mice were given 5% amino acid mixture beverage whose content of BCAA was decreased. After 45 days of training and administration, the mass of the epididymal and peripheral fat was still significantly smaller than control. These results suggested that BCAA content may not be relevant to suppression of body fat accumulation. *Rep. Soy Protein Res. Com., Jpn.* 18, 96-100, 1997.

Key words : body fat content, swimming exercise, soybean peptide, branched-chain amino acid

大豆たん白質の分解ペプチドをマウスに与えて持久運動を負荷すると、体脂肪の蓄積が抑制された¹⁾。この効果が大豆たん白質分解ペプチドの特徴的なアミノ酸組成に起因することを、大豆たん白質分解ペプチドと同じ組成のアミノ酸混合物を用いて明らかにした (Table 1)。昨年度は、大豆ペプチドに多く含まれるリジン・アルギニンが脂肪蓄積を抑制していることを想定し、大豆ペプチド組成中のリジン・アルギニンの割合を減少させたアミノ酸混合物について検討したが、脂肪蓄積抑制作用は消失しなかった。したがって、大豆ペプチド中のリジン・アルギニンの含量は脂肪蓄積

を抑制する作用にはあまり寄与していないという結果を得た¹⁾。

大豆ペプチドには、分岐鎖アミノ酸も豊富に含まれているため (Table 2)、今年度は分岐鎖アミノ酸に注目し、同様の実験系にてその効果を検討した。

方 法

持久運動の方法

マウスに持久性の運動負荷を与える方法として流水プールによる遊泳運動装置を用いた。この装置は、90×45×45 cm のプールにポンプによって一定の表面流を施したもので、流れが均一になるように特に工夫を加

*〒606-01 京都市左京区北白川追分町

えている。流水量はバルブと流量計でレベルを調節した。本実験ではポンプの送水量を毎分8Lに調整した。この流量では、水槽中央部の表面流速は約166 cm/secであり、最大酸素摂取量の50%程度の運動に相当する。水温はマウスの遊泳時間が最大となる34°Cに設定した。この条件ではマウスは約40分間泳ぐことが出来る²⁾。

実験動物および飼育、持久運動条件

マウスは5週齢のStd-ddY(♂)を30匹使用し、1週間の予備飼育の後、匹数および体重が均等になるように3群に分けた。その後45日間にわたって週に3回、毎回40分間の流水プールでのトレーニング(流量8L/min)を行った。飼料は市販の固型飼料(MF, オリエ

Table 1. Relative adipose tissue weight (% of body weight)

	Soybean	Barley	Water
Perirenal fat	0.45±0.10	0.63±0.11	0.51±0.06
Epididymal fat	1.57±0.16	1.86±0.23	1.87±0.21

Values are means±SEM for 6-8 mice. All mice were given free access to a stock diet (MF). Mice were given free access to the 5% soybean amino acid beverage, the 5% beer grain amino acid beverage or water, respectively. All mice were subjected to forced swimming for 35 days. Mice were swum untill exhaustion in current water pool 3 times in a week. On the 35th day mice were killed by decapitation and removed organs quickly.

Table 2. Amino acid composition of amino acid mixtures

	Soybean	Barley	BCAA
Lys	10.01	2.45	10.01
Arg	12.38	3.98	12.38
Val	6.25	4.42	4.42
Ile	6.18	3.47	3.47
Leu	10.58	7.35	7.35
Met	1.70	2.06	1.70
Phe	7.16	6.50	7.16
Trp	1.49	1.21	1.49
Thr	5.63	3.33	5.63
His	3.81	1.50	3.81
Gln	34.81	63.73	34.81
Total AA	100.00	100.00	84.04

Crude protein in soybean peptide and beer grain peptide was 90.3% and 74%, respectively. These peptides were hydrolyzed and assayed composition of amino acids. Glutamine was detected as glutamic acid since it was deaminated by hydrolysis.

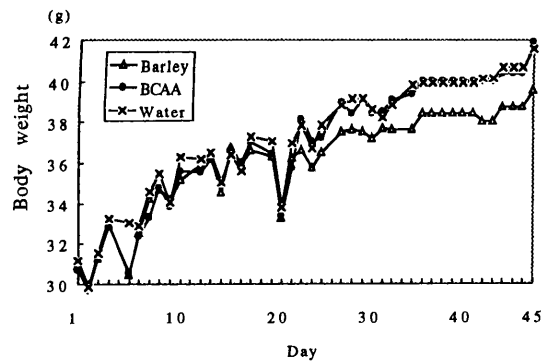


Fig. 1. Change of body weight in the experimental period.

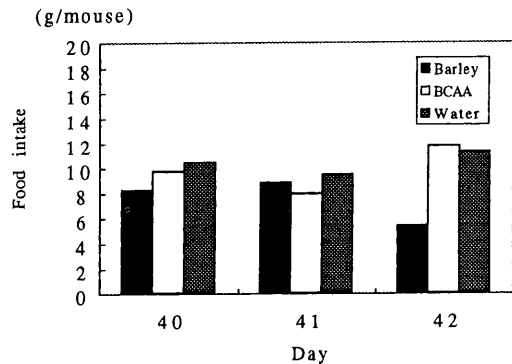


Fig. 2. Food intake at the last 3 days in the experimental period. Mice were given free access to diet (MF).

ンタル酵母工業)を自由摂取させ、トレーニング期間中は、飲料水の代わりに群ごとに定められたアミノ酸混合液を自由摂取させた。アミノ酸混合液は、Barley組成、低BCAA組成の2種類の組成を用意し、対照群には水を摂取させた(Table 2)。Barley組成は脂肪蓄積抑制作用を持たない大麦ペプチドのうち、必須アミノ酸の割合を再構成したものであり、低BCAA組成は大豆ペプチドの必須アミノ酸のうち、分岐鎖アミノ酸の割合を減少させたものである。トレーニング期間終了後に解剖を行い、採血および臓器の重量測定を行った。摘出した臓器は、腎周囲脂肪・副精巣周囲脂肪、および腓腹筋・四頭筋・心臓・肝臓・腎臓・脾臓であった。

結 果

実験期間中はどの群も順調に体重増加を示した。ア

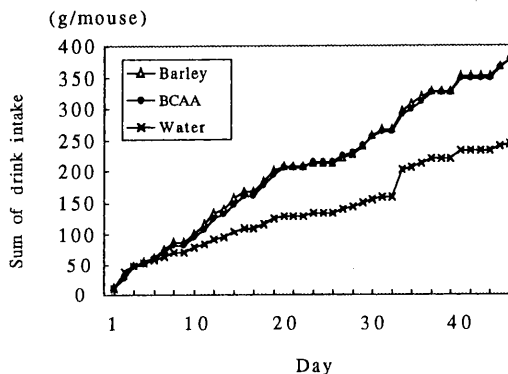


Fig. 3. Sum of drink intake in the experimental period. Mice were given free access to beverage, which is 5% amino acid beverage or water.

ミノ酸混合液摂取開始25日目からBarley群の体重の増加が他の群より少なくなったが、有意な差では無かった(Fig. 1)。摂食量は最後の3日間のみ測定した。各群の間で差はみられなかった(Fig. 2)。溶液の摂取量に関しては、水投与群がアミノ酸混合液の群よりも顕著に少なく、アミノ酸混合液群の間には差は見られなかった(Fig. 3)。

各臓器重量の体重に対するパーセンテージをTable 3に示した。脂肪組織重量に関しては、低BCAA群はBarley群・水投与群よりも少ない傾向が見られた。すなわち大豆ペプチド組成のアミノ酸混合液から分岐鎖アミノ酸の量を減少させても、依然として脂肪蓄積量は減少した。この結果から、大豆たん白質加水分解ペプチドに多く含まれる分岐鎖アミノ酸は、大豆ペプチドによる脂肪蓄積の抑制作用には殆ど関与していない事が示唆された。なお、他の臓器重量に関しては各群の間で差は見られなかった。

考 察

本研究では大豆ペプチドによる脂肪蓄積抑制効果は、大豆ペプチド中に多く含まれる分岐鎖アミノ酸(バリン・ロイシン・イソロイシン)に起因するとの仮説に基づいて実験を行った。

分岐鎖アミノ酸は食物中のたん白質を構成する必須アミノ酸の50%も占めており、ヒトの筋たん白質中には約35%含まれている。そのため、運動中に筋肉の分解に伴って、かなりの量の分岐鎖アミノ酸が分解すると考えられている³⁾。分岐鎖アミノ酸を多く摂取することで、生体における最大のエネルギー消費器官である筋肉を維持し、高い基礎代謝を保って脂肪の蓄積を抑制できる可能性もある。また、分岐鎖アミノ酸は糖新生の基質であり、運動中は筋肉においてエネルギー源として利用されている⁴⁾。運動中のエネルギー源は主に、解糖系・脂肪酸の酸化によるエネルギー産生経

Table 3. Relative organ weights (% of body weight)

	Water	Barley	BCAA
Liver	3.87±0.12	3.90±0.11	3.99±0.12
Heart	0.38±0.01	0.39±0.01	0.39±0.01
M. gastrocnemius	0.98±0.04	1.01±0.04	0.99±0.03
M. quadriceps	1.27±0.04	1.27±0.04	1.10±0.14
Kidney	1.34±0.02	1.33±0.04	1.37±0.04
Spleen	0.28±0.02	0.28±0.01	0.30±0.02
Perirenal fat	1.14±0.10	1.08±0.07	0.90±0.08
Epididymal fat	3.00±0.29	2.85±0.19	2.35±0.23

Values are means±SEM for 9-10 mice.

路から供給されているが、肝臓での糖新生の重要性は案外大きいことが近年指摘されている⁵⁾。我々がこれまでに行った実験においても、大豆ペプチド及び大豆ペプチド組成のアミノ酸混合物には、運動トレーニングを行っているマウスに投与した場合には脂肪蓄積を抑制する作用が見られたが、安静群のマウスには効果が見られなかった¹⁾。

本年度の研究からは、大豆ペプチド中に多く含まれる分岐鎖アミノ酸の割合を減少させた組成（低 BCAA 組成）を与えたマウスでも、水投与群と大麦ペプチド組成のアミノ酸溶液投与群に比べて脂肪蓄積量が少ないことが示された。すなわち、低 BCAA 組成は大豆ペプチド組成のアミノ酸混合物と同様の効果を有しており、分岐鎖アミノ酸は大豆ペプチドによる脂肪蓄積抑制作用には殆ど関与していないことが示唆された。

アミノ酸溶液を投与した 2 群の摂水量は水投与群に比べ明らかに多く（Fig. 3）、餌の摂取量には大きな差は見られなかった。アミノ酸溶液が多く飲まれた原因は浸透圧の関係で飲めば飲むほど喉が乾く作用があるためと思われるが、溶液からのカロリーの摂取量は、

溶液 1 mL 当たり 0.2 kcal であり、飼育期間全体ではアミノ酸溶液投与群は水投与群よりも 1 匹当たり 74 kcal もエネルギー摂取量が多かったことになる。このエネルギー量を MF に換算すると 1 日当たり 0.4 g に相当するが、データが不十分ながら水投与群はその程度の MF を余分に摂食していた傾向が見られた（Fig. 2）。一方で 3 群の間でトレーニング量は等しいので、運動によるエネルギー消費量は差が無いものと考えられる。運動以外によるエネルギー消費量に関しては、飼育ケージ内での自発行動量や基礎代謝量は測定しなかったので不明である。運動トレーニングを负荷したラットに分岐鎖アミノ酸を投与すると、運動による筋肉の分解を防ぐ作用があるが⁶⁾、今回の実験では、生体における最大のエネルギー消費器官である筋肉の重量には差は見られなかった（Table 3）。

大豆ペプチド及び大豆ペプチド組成のアミノ酸混合物による体脂肪の蓄積抑制作用のメカニズムは現在のところ不明であるが、摂取後一時的に体熱産生（食事誘導性産熱）をあげることに由来のかもしれない⁷⁾、今後はそういう観点からも検討する必要がある。

要 約

昨年までの研究において、大豆たん白質の分解ペプチドをマウスに与えて持久運動を负荷すると、体脂肪の蓄積が抑制された。この効果は大豆ペプチドのアミノ酸組成に起因することを見いだした。一方、大麦ペプチドはこの作用を持たないので、これら 2 種のペプチドのアミノ酸組成を比較して、脂肪蓄積抑制作用を有するアミノ酸の特定を試みた。今年度は大豆ペプチドに豊富に含まれている分岐鎖アミノ酸に注目し、昨年度と同様の実験系にて検討した。大豆ペプチドのアミノ酸組成中の分岐鎖アミノ酸含量を減らした組成（低 BCAA 組成）のアミノ酸混合液をマウスに与え、脂肪蓄積抑制作用が消失するか検討した。45 日間にわたってマウスに遊泳トレーニングを行いながら、飲料として低 BCAA 組成のアミノ酸水溶液を摂取させたが、脂肪蓄積抑制作用は消失しなかった。大豆ペプチドによる脂肪蓄積の抑制に分岐鎖アミノ酸は関与していない事が示唆された。

文 献

- 1) 石原健吾, 松元圭太郎, 魚橋良平, 伏木 亨 (1996): 大豆たん白質分解ペプチドの体脂肪蓄積抑制効果に関する研究。大豆たん白質研究会会誌, 17, 94-97.
- 2) Matsumoto K, Ishihara K, Tanaka K, Inoue K and Fushiki T (1996): An adjustable current swimming pool for the evaluation of endurance capacity of mice. *J Appl Physiol*, 81, 1843-1849.
- 3) 伏木 亨, 柴田克己, 吉田宗弘, 下村吉治, 中谷 昭, 河田照雄, 井上和生, 横越英彦, 中野長久 (1996): スポーツと栄養と食品。朝倉書店, pp. 53-67.
- 4) Shimomura Y, Fujii H, Suzuki M, Murakami T, Fujitsuka N and Nakai N (1995): Branched-chain α -keto acid dehydrogenase complex in rat skeletal muscle: Regulation of the activity

- and gene expression by nutrition and physical exercise. *J Nutr*, **125**, 1762S-1765S.
- 5) McCarty MF (1995) : Inhibition of citrate lyase may aid aerobic endurance. *Medical Hypotheses*, **45**, 247-254.
- 6) Blomstrand E and Newsholme EA (1992) : Effect of branched-chain amino acid supplementation on the exercise-induced change in aromatic amino acid concentration in human muscle. *Acta Physiol Scand*, **146**, 293-298.
- 7) 小松龍史, 小松啓子, 松尾美恵, 永田真人, 山岸稔(1990) : 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と乳清たん白質補充のエネルギー, たん白質, 脂質代謝への影響の比較. 大豆たん白質栄養研究会会誌, **11**, 98-103.