

# 合宿時の食事内容と静脈血中アミノ酸値に

ついて

山田 茂

## Effect of diet contents during summer training camp on amino acid concentration

by

Shigeru Yamada

### Abstract

This study was designed to observed the plasma concentration of amino acid postabsorptive state in healthy males (members of volleyball club) and females (members of tennis club) at university level who participated in the intensive summer training camp for five days.

The result were as follows:

- 1) Mean value of protein intake in four days was 2.2 g/day per Kg body weight in male and 1.3 g/day per Kg body weight in female.
- 2) It was considered that low value of amino acid concentration in man was caused by calorie deficit, and that the same phenomenon in female was caused by lack of calorie and protein intake.
- 3) Intersexual differences in amino acid concentration were in partial agreement with those of other authors. The result of the present investigation indicated significant intersexual differences in many kinds of amino acids. Among the essential amino acids, mean values of leucine, isoleucine, valine and cystine for male subjects were higher than those of female subjects were heigher than those of female subjects. Among the nonessential amino acids, mean values of serine, ornithine, histidine for male subjects were higher than those of female subjects.

### 要 約

この研究は、健康な男子（バレーボール部員）と女子（テニス部員）の大学生が、5日間の合宿トレーニングキャンプに参加した際の食事内容と静脈血中アミノ酸濃度の関係を明らかにすることを目的とした。4日間の食事摂取量は、男子が2.2g/kg体重/日、女子が1.3g/kg体重/日であった。アミノ酸濃度は、男子が女子よりも有意に高く、これはエネルギー不足とタンパク質不足によるものであると考えられた。必須アミノ酸のうち、男子の平均値は女子の平均値よりも有意に高く、これは他の研究結果と一致している。非必須アミノ酸のうち、男子の平均値は女子の平均値よりも有意に高く、これは他の研究結果と一致している。

Table 1. Physical characteristics of subjects

Sex	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	Body surface (sqm)
M (N=11)	20.1	172.1	68.7	1.81
F (N=11)	19.1	157.1	49.9	1.69

M=Male, F=Female

## 緒 言

身体活動に伴い、蛋白質の代謝は亢進すると考えられる<sup>1)</sup>。身体活動に伴う窒素出納は、生体内臓器組織での蛋白質代謝の同化作用・異化作用を理解する一指標である。これは、蛋白質の最終産物からの結果であり、身体活動に伴う、個々の臓器組織での蛋白質代謝を理解する指標にはならない。近年、小動物のみならず、人間を対象に、体液中のアミノ酸の消長から臓器組織での蛋白質・アミノ酸代謝を研究する方向に進んでいる。

血液中のアミノ酸は、肝臓を經由して組織に供給されるアミノ酸と組織蛋白質の代謝で生じるアミノ酸とが含まれ、ほぼ一定の濃度に保たれている<sup>2)</sup>。しかしながら血中アミノ酸の濃度、臓器組織内アミノ酸プールの濃度は、運動<sup>3) 4) 5)</sup>や食事により当然、影響をうける。

本研究の目的は、合宿して運動を継続して行った場合の安静時の血中アミノ酸の濃度をその時の食生活との関係において検討することである。

## 方 法

本実験は、夏合宿時の運動部学生、男子（バレーボール部）、女子（テニス部）を対象に行った。男子のバレーボール部合宿は、リーグ戦へむけての練習で、基本の練習と試合練習を目的としたものであった。女子のテニス部合宿は、1年生、2年生を中心に、テニスの基礎的技術、体力をつける目的で行われた。男子（バレーボール部）の被験者数は、11名であった。年齢、身長、体重の平均値は、20歳、175cm、66.7kgであった。女子（テ

Table I Physical characteristics of subjects

Sex	Age	Height (cm)	Weight (kg)	Skinfold (mm)	
F (N=27)	20.4	158.1	52.6	10.9	10.9
M (N=11)	20.1	175.1	66.7	5.9	8.1

F=Female M=Male

ニス部)の被験者数は、27名であった。年齢、身長、体重の平均値は、20才、158cm、52kgであった。

合宿時における食事は、大学食堂で提供されたものであるために、量的には、限定されており、食事の内容については、規定されたものではなかった。この際の合宿時の食事内容を炭水化物、脂肪、蛋白質に区分し、食事成分表をもとに、各栄養素のカロリーを算出した。同様にして、動物性蛋白質の割合を算出した。プロテインスコアは、食品成分表ならびに、アミノ酸成分表<sup>7)</sup>を用い算出した。

Table II Average daily intake of total calory, protein, lipid and carbohydrate in female subjects.

Days	1 st	2 nd	3 rd	4 th	Mean
Protein (g)	49.9	79.5	70.9	74.2	68.6±11.2
Lipid (g)	67.8	96.0	85.1	67.8	79.2±12.0
Carbohydrate(g)	348.0	264.7	306.2	325.2	311.1±11.2
Total calories	2192.4	2221.0	2281.2	2197.7	2223.1±35.2

アミノ酸分析に用いる試料は、静脈血である。採血は、合宿5日目の早朝、空腹時に、肘静脈でおこない、5ml採血した。採血後、直ちに遠心分離し、血清を取り出した。除蛋白は、血清1mlに5%スルホサリチル酸を、1ml加えて行った。アミノ酸の分析試料としては、除蛋白後の上清を、塩酸でpH2.2に調整した後の1mlを用いた。アミノ酸分析は、日本電子製のイオン交換液体クロマトグラフィー（JLC-8AHアミノ酸アナライザー）を用い、リチウム系で行い、1サンプルの分析所要時間は、約6時間にセットした。

## 結 果

男子の4日間の食事のカロリー量と各栄養素の量を表Ⅲに示した。4日間の蛋白質摂取量は、144.8gで、体重1kgあたり2.2gであった。動物性蛋白質の摂取割合は、平均65%であった。プロテインスコアは、78で、制限アミノ酸は、含硫アミノ酸であった。摂取カロリーの平均は、2817カロリーであった。

女子の4日間の食事のカロリー量と各栄養素の

Table III Average daily intake of total calory, protein, lipid and carbohydrate in male subjects .

Says	1 st	2 nd	3 rd	4 th	Mean
Protein (g)	156.8	162.6	139.2	120.6	144.8±17.0
Lipid (g)	54.1	85.7	83.6	151.0	93.6±40.9
Carbohydrate (g)	453.2	301.9	396.1	206.3	339.4±108.5
Total calories	2772.5	2704.3	3025.8	2765.4	2817.0±142.5

Table IV Mean value of individual amino acid in male

Essential amino acid concentration	
Threonine	130.6±22.1
Valine	244.5±29.8
Isoleucine	156.8±16.2
Leucine	66.2±8.0
Lysine	160.9±21.4
Nonessential amino acid	
Serine	132.1±20.4
Alanine	275.0±56.6
Glycine	272.2±77.4
Ornithine	97.3±20.5
Histidine	66.3± 9.8
Arginine	5.8±4.0
References	

Table V Mean value of individual amino acid in female

Essential amino acid concentration	
Threonine	81.0±36.2
Valine	110.3±32.4
Isoleucine	73.1±19.5
Leucine	43.0±11.9
Lysine	47.1± 5.7
Nonessential amino acid	
Serine	73.3±19.8
Alanine	230.2±74.0
Glycine	179.0±54.0
Ornithine	31.4± 7.7
Histidine	23.6± 3.8
Arginine	13.5±11.8
References	

量を表IIに示した。4日間の蛋白質の摂取量の平均は、68.6g、体重1kgあたり1.3gであった。また動物性蛋白質の摂取割合は、平均56%であった。プロテインスコアは、93、制限アミノ酸は、含硫アミノ酸であった。摂取カロリーの平均は、2223カロリーであった。

男子、女子の血中アミノ酸濃度の測定結果を、表IV、表Vに示した。血中アミノ酸のパターンは、男女ともほぼ同様な傾向を示した。測定したアミノ酸の中で、男子における必須アミノ酸量（スレオニン+バリン+イソロイシン+ロイシン+リジン）と非必須アミノ酸量（セリン+アラニン+グリシン+オルニチン+ヒスチジン+アルギニン）は、759 $\mu\text{mol/l}$ 、848 $\mu\text{mol/l}$ であった。同様に女子の必須アミノ酸量、非必須アミノ酸量は、345.5 345.5 $\mu\text{mol/l}$ 、552 $\mu\text{mol/l}$ であった。男女の血中アミノ酸を比較してみると、必須アミノ酸の中で、バリン、イソロイシン、ロイシン、リジンは、男子で有意に高い値を示した。非必須アミノ酸の中で、セリン、オルニチン、ヒスチジンは、男子で有意に高い値を示した。

## 考 察

血中遊離アミノ酸は、身体活動に伴い、変化を示す<sup>8)</sup>。また熱量の摂取量や蛋白質摂取量によっても影響を受ける<sup>9)</sup>。血中のアミノ酸消長は、カロリー摂取量と密接な関係にある。たとえば、飢餓時では、糖新生の必要性にともなって筋肉蛋白質の分解が促進し、血中へのアミノ酸流出も促進する。しかしながらカロリー摂取量が十分であれば、無蛋白質食や必須アミノ酸欠乏食においても筋肉蛋白質の分解に伴うアミノ酸の血中への流出は、発現しないといわれる<sup>10)</sup>。

鈴木<sup>11)</sup>は高校生、大学生の合宿練習期の消費エネルギー量を各種目ごとに示しており、その値は、最低は硬式野球の2813カロリー、最高はボートの3840カロリーであった。また山岡<sup>12)</sup>は、合宿時の摂取カロリーを測定し、水泳の2310カロリーを最低に、ボートの4990カロリーを最高値として報告している。以上の報告から考えると、少なくとも、大学生では最低、試合や練習に正味1000カロリー以上消費され、非常に激しい運動では、2000カロ

リー以上消費されるものとおもわれる。本実験での食事摂取条件は、量的に限られたものであるため、4日間の摂取カロリー平均は、女子で2223カロリー、男子で2817カロリーであった。これは、日本人の同年代における平均所要量はみたしているが、運動部合宿練習条件下における消費カロリーから推定すると、かなり少ない値のように考えられる。

血中アミノ酸は、無蛋白質食および低蛋白質食で、一般に減少を示すといわれる<sup>13)</sup>。低蛋白質の場合、最近の体蛋白質量を保持するために代謝制御が酵素のレベルで行われるため<sup>14)</sup>、蛋白質代謝は、できるだけ抑制されたものであると考えられる。吉村<sup>15)</sup>らによると、この際、低蛋白質期の窒素平衡成立要因として窒素プール中の窒素の利用向上と、その排泄率の減少をあげている。本実験の場合、男子における、蛋白質摂取量は、2.2gであり、女子においては、1.3gであった。運動部の合宿練習という条件下では、男子については合宿時の蛋白質必要量は十分満たしていると思われるが、女子における蛋白質摂取量は明らかに不十分である。したがって男子における血中アミノ酸減少は、カロリー不足による、糖新生素材としてのものと考えられるが、さらに女子の場合には、カロリー不足のほか蛋白質摂取量の減少もあり、蛋白質摂取不足による体蛋白質保持のための血中アミノ酸レベルの低下も加わり、男子にくらべて著しく低い値をとったものと考えられる。糖新生素材としてのアミノ酸は、当然、血中に増加するものの体組織におけるアミノ酸の利用が、その分解放出より高いために血中アミノ酸レベルの低下が、あらわれたものと考えられる。

男女間にみられる個々の血中アミノ酸濃度の違いは、Bertolini<sup>16)</sup>やGalante<sup>17)</sup>らの報告と部分的に一致した。Galanteらは、必須アミノ酸の中で、バリン、ロイシン、イソロイシン、チロシン、フェニールアラニンの値が、男子において有意に高いことを示した。また必須アミノ酸では、グルタミン、グルタミン酸、ヒスチジンの値が男子で有意に高い値を示した。Bertolineらも、グリシン、シスチン、アラニン、メチオニン、イソロイシン、オルニチンに、男女間の差がみられ、男子

において、有意に高い値を示していることを報告している。このように、血中アミノ酸は、もともと、男女間に大きな差が存在している。これは、性ホルモンの影響によるもの<sup>18)</sup>とされている。

運動の場合、運動負荷に対する代謝反応に性差があることが示唆されており、今後アミノ酸をふくむ他の代謝物質の関係から男女差を明らかにしなければならない。本実験において、女子は、アルギニンを除いて、必須、非必須アミノ酸値は、いずれも低い値を示している。これは、性差が一因であろうが、女子における蛋白質摂取量不足が、少なからず影響していることも否定できない。

運動部合宿時における、食事の量および質について調査し、この時の血中アミノ酸について検討した。本研究の対象となった男子バレーボール部、女子テニス部のいずれも、合宿時の食事は、低カロリーで、その需要をみたしておらず、女子テニス部においては、これに加えて、蛋白質摂取量の不足が重なった。いずれの場合にも、血中アミノ酸濃度の著しい低下がみられた。またアミノ酸構成の男女差もみられた。

## まとめ

本研究は、合宿して運動を継続して行った場合の安静時の血中アミノ酸の濃度を、その時の食生活との関係において検討し、次のような結果を得た。

1) 合宿時の摂取カロリーは、4日間の平均で、男子2817カロリー、女子2223カロリーであった。

2) 蛋白質摂取量は、4日間の平均で、男子144.8g、体重1kgあたり2.2g、女子68.6g、体重1kgあたり1.3gであった。

3) 男子における血中アミノ酸減少は、カロリー不足による、糖新生素材として利用されたものと考えられる。

4) 女子における血中アミノ酸減少は、カロリー不足のほか蛋白質摂取量の不足もあり、蛋白質摂取不足による体蛋白質保持のための血中アミノ酸レベルの低下も加ったものとおもわれる。

5) 男女間にみられる個々のアミノ酸濃度の差は、他の報告者と部分的に一致した。男女間で、個々のアミノ酸濃度に統計的に有意な変化がみら

れ、必須アミノ酸の中で、バリン、イソロイシン、ロイシン、リジン、非必須アミノ酸の中で、セリン、オルニチン、ヒスチジンがそれぞれ男子で高い値を示した。

#### 参考文献

- 1) 井上五郎訳/必須アミノ酸研究委員会編; 「エネルギー蛋白質の必要量FAO/WHO 合同特別専門委員会報告, 日本必須アミノ酸協会刊/医歯薬出版株式会社 P. 71, 1974
- 2) 宮島俊名, 栄養学概説, P112, 初版, 道和書院, 1979
- 3) Philip Felig and John Wahren; Amino and Metabolism in Exercising man. J. Clin. Invest. Vol 50, P2703~P2714, 1971.
- 4) G. J. Laurent and M. P. Sparrow: Changes in RNA, DNA, and Protein content and the rates of Protein synthesis and degradation during hypertrophy of the anterior Latissimus dorsi muscle of the adult Fowl Growth, 41, 249~262, 1977.
- 5) Paul A. mole and Robert E. Johnson: Disclosure by dietary modification of an exercise-induced protein catabolism in man. J. Appl. Physiol. Vol. 31, 2, 185~190. 1971.
- 6) 科学技術庁資源調査会編, 日本食品標準成分表, 三訂版, 大蔵省印刷局
- 7) 科学技術庁資源調査会編, 日本食品アミノ酸組成表, 1966. 大蔵省印刷局
- 8) 山田茂, Prolong Exercise に伴う血中アミノ酸の動態, 11号, P29~P34, 体育学紀要 (東大教養学部) 1977.
- 9) 島園順雄, 中川一郎編, タンパク質の代謝と栄養, 朝倉書店, 1972.
- 10) 内藤博, 遊離アミノ酸プールの動態に関するラットの筋肉遊離アミノ酸を中心に必須アミノ酸研究, No. 79 P10~P11, 1978
- 11) 鈴木慎次郎, スポーツトレーナー教本 (2級用) P134 財団法人 日本体育協会
- 12) 山岡誠一, 沼尻幸吉, スポーツ, 労働栄養学 (特殊栄養学講座) P60, 第3版 医歯薬出版株式会社, 1976
- 13) 小石 秀夫, 奥田豊子, 摂取タンパク質欠乏時の摂取カロリーと血中遊離アミノ酸必須アミノ酸研究 No. 42, P5~6, 1969
- 14) 内藤博著, 栄養生化学, 第一版, P110, 昭和54年
- 15) 吉村寿人, 蛋白栄養の理論と実際, 光生館, 1964
- 16) Bertolini, A. M, Santagostini, A. E and Barbiano di Belgioso; The Behavior of Free Amino acids in the plasma of the Aged. Geront. Clin, 14, 43~55, 1972
- 17) Galante, A. Angelico, F., Crocchioni, G and Pennetti, V: Intersexual differences in the Serum-Free amino acid Pattern of young adults Normal and Obese, Aged Subject. Nutri-Metab, 22, 119~126, 1978
- 18) I. L. Craft and T. J. Peters: Quantitative changes in plasma amino acids induced by oral contraceptives. Clinical Sciences P301~P307 Vol 41, 1971
- 19) 小野三嗣その他, 飢餓の血中アミノ酸に及ぼす影響について, 体力科学25, P148~P152, 1976