

柔道選手の合宿訓練時の運動機能に及ぼす
分岐鎖アミノ酸投与の影響

Effect of administration of branched-chain
amino acids on exercise performance of Judo
players during training camp

村松成司¹、片岡幸雄¹、徳山郁夫¹
高橋徹三²、山田哲雄²、服部洋児²
1; 千葉大学教養部
2; 筑波大学体育科学系

Shigeji MURAMATSU¹, Yukio KATAOKA¹, Ikuo TOKUYAMA¹,
Tetsuzo TAKAHASHI², Tetsuo YAMADA² and Yoji HATTORI²
¹; Chiba University, The college of Art and Sciences
²; Tsukuba University, Institute of Health and Sports Science.

Summary

The present study was carried out to examine the effect of administration of branched-chain amino acids on exercise performance of Judo players during training camp for 1 week. Ten Subjects were divided into two groups; one is branched-chain amino acids group (B group) and the other is placebo group (P group). The results were as follows;

- 1) VO_2 max and maximal anaerobic power did not change between before and after training camp in both groups. Work capacity with bicycle ergometer was significantly increased in B group, compared with the data before training camp. In P group a slight increase was observed but was not significant.
- 2) In sit up test the tendency of increase was observed in both groups. On the last day the significant decrease was observed in P group ($P < 0.05$). Between B and P group on the last day there was significant difference ($P < 0.01$).
- 3) In side step test the tendency of increase was observed in both

groups. There were no significant difference between both groups throughout the training camp.

4) In shoulder strength there were no significant changes in both groups throughout the training camp. In the case that the injured subjects were excluded from B group, shoulder strength not only in push but also in pull were higher in B group than in P group throughout the training camp.

5) In flicker test there were no significant difference between B and P groups.

ロイシン、イソロイシン、バリンはその構造上の特徴から分岐鎖アミノ酸 (Branched-chain amino acid) と呼ばれる。分岐鎖アミノ酸は特に他のアミノ酸が肝臓で主として代謝されるのに対して筋肉で代謝されることが著しい特徴である。このことは筋肉でのエネルギー代謝に分岐鎖アミノ酸が深く関係していることを示唆している。

これまで分岐鎖アミノ酸の投与は筋タンパク質の分解を抑制し、合成を促進することが報告されている^{1,2)}。また分岐鎖アミノ酸が窒素バランスを著明に改善することも Freund³⁾らおよび Sherwin⁴⁾によって確認されている。さらに絶食時などエネルギー源が枯渇するような場合には分岐鎖アミノ酸が有効なエネルギー源として利用されることが報告されている⁵⁻⁶⁾。

このような事実から筋タンパク質の分解の防止、合成の促進およびエネルギー源の供給等の分岐鎖アミノ酸の機能を介して筋力の維持強化あるいは運動機能の向上において分岐鎖アミノ酸が有効ではないかという推察が可能である。

しかしながらヒトの運動機能に及ぼす分岐鎖アミノ酸の効果についてはこれまでほとんど報告がなされていない。わずかに根本らは大学スピードスケート選手にトレーニング期間中1日20gの分岐鎖アミノ酸を与えた時、分岐鎖アミノ酸添加群において最大酸素摂取量が有意に増加したことを認め、また我々は柔道選手の減量時に分岐鎖アミノ酸を強化した食事を与えた場合に与えない群と比較して除脂肪体重の減少が低くおさえられたことを観察した⁸⁾。

そこで今回本大学柔道部員の夏季強化合宿中に分岐鎖アミノ酸を投与することにより選手の運動機能にどのような影響をもたらすかについて検討したので報告する。

実験方法

本大学柔道部所属の現役選手である男子10名を被験者とした。被験者の体重、身長、ローレル指数を表1に示した。これら10名を分岐鎖アミノ酸投与群 (Branched-chain amino acid group, 以下B群) とプラセボ投与群 (Placebo group, 以下P群) の2群に分けた。群分けに当っては合宿前に測定した体重1kgあたりの最大酸素摂取量の平均値が両群間で差のないように配慮した。

実験日程は以下のとおりである。実験期間は昭和59年7月21日より7月28日の一週間とした。ま

Table 1. Characteristics of subjects.

| Group | Subj. | Body weight(kg) | | Body height (cm) | Rohler [#] Index |
|-----------------|-------|-----------------|--------|---------------------|------------------------------|
| | | Before | After* | | |
| B ^{a)} | 1 | 90.0 | 90.6 | 183.0 | 147 |
| | 2 | 77.5 | 77.5 | 176.6 | 141 |
| | 3 | 74.0 | 73.0 | 173.0 | 143 |
| | 4 | 69.0 | 68.5 | 170.0 | 140 |
| | 5 | 68.0 | 69.0 | 172.6 | 132 |
| ----- | | | | | |
| P ^{b)} | 6 | 57.0 | 58.5 | 156.6 | 148 |
| | 7 | 70.5 | 69.5 | 167.0 | 151 |
| | 8 | 66.5 | 68.0 | 171.6 | 132 |
| | 9 | 57.0 | 56.5 | 164.9 | 127 |
| | 10 | 85.0 | 88.0 | 173.0 | 164 |

* Body weight before and after training camp.

Rohler index was calculated based on the data before training camp.

a) B; Branched-chain amino acids group.

b) P; Placebo group.

ず初日に自転車エルゴメーターを用いて最大嫌氣的パワーおよび最大酸素摂取量、オールアウトまでの仕事量を測定した。この測定は合宿最終日にも行い、合宿前後で比較した。22日より合宿に入った。練習内容は早朝トレーニング(主に筋力トレーニングとランニング)、午前9時30分より11時30分と午後2時30分より5時までは乱取り練習を中心にほぼ柔道における所定の練習を行った。この合宿期間中毎朝早朝トレーニング時にサイドステップテスト、上体起し(Sit up)、肩腕力、フリッカーの測定を行った。

合宿期間中被験者は全員同じ練習内容を行うように指示した。また食事を用意された食事を全員同じように摂るようにした。分岐鎖アミノ酸添加製品およびプラセボ製品はほぼ同様な形状、色をしており、見た目に区別がつかないようにし、またその内容については被験者に一切説明しなかった。この両製品は砂糖、水飴をベースに無機質、ビタミン類を混合して作られており、特に分岐鎖アミノ酸添加製品はその中に全量1kg中80gの分岐鎖アミノ酸が含まれている。製品1つは1cm四方の立方体状のものであり、1個に分岐鎖アミノ酸0.6gが含まれている。この製品を合宿期間中午前の練習1時間前と午後の練習1時間前にそれぞれ10個ずつ摂るようにし、1日あたり計20個、分岐鎖アミノ酸として12gを摂るようにした。プラセボ製品は分岐鎖アミノ酸を含まない他は分岐鎖アミノ酸添加製品と全く同じ組成である。

各種測定は以下のように行った。

最大嫌氣的パワー：自転車エルゴメーター(モナーク社製)を用いて各負荷強度時に約8秒間全力ペダリングを行わせた。その時の負荷強度、最高回転数(1秒あたり)から生田らの方法⁹⁾に従って最大嫌氣的パワーを求めた。

最大酸素摂取量：先と同じ自転車エルゴメーターを用い、負荷強度は3kpより始めた。ペダリングは1分間に50回転の速度で行わせ、負荷強度を徐々に上げながらオールアウトまでこぎ続けさせた。呼吸ガ

スは1分ごとに採集し、最後の3本について分析して最大酸素摂取量を求めた。

サイドステップテスト：120cm間隔で引かれた3本のラインを全力でまたいでその数を数えるテストで体力テストでは一般的に用いられている種目である。普通敏捷性を測定する種目で20秒間行うものがあるが、今回特に持久的な面を見るために1分間行わせた。

上体起し：膝を90度に曲げ、手を頭の後で組む。両肘を前に出して膝につけた状態で始める。背中を床につけ再び両肘を膝につけて1回と数える。これを30秒間全力で続けてその回数を数える。

肩腕力：肩腕力計を腕の前でかまえて両手で引っ張った場合と押した場合の肩腕力を計測する。その際両肘と肩腕力計がほぼ水平になるように注意した。

フリッカー：デジタルフリッカー測定装置を用いて下降法にて測定した。

実験結果

合宿の前後に行ったガス代謝実験の結果を表2に示した。最大酸素摂取量はB群の被験者1が大きく減

Table 2. $\dot{V}O_2$ max and maximal anaerobic power before and after training camp.

| Gr. | Subj. | $\dot{V}O_2$ max | | | | Maximal anaerobic power | | | |
|-----------------|-------|------------------|-------|------------|-------|-------------------------|-------|----------|-------|
| | | (l/min) | | (l/min/kg) | | (kgm) | | (kgm/kg) | |
| | | Before | After | Before | After | Before | After | Before | After |
| B ^{a)} | 1 | 3.90 | 3.72 | 43.3 | 41.0 | 116.2 | 114.5 | 1.29 | 1.26 |
| | 2 | 3.33 | 3.44 | 42.9 | 44.4 | 91.9 | 84.0 | 1.19 | 1.20 |
| | 3 | 3.25 | 3.27 | 43.9 | 44.8 | 85.5 | 84.0 | 1.16 | 1.15 |
| | 4 | 3.34 | 3.43 | 48.4 | 50.1 | 98.2 | 99.7 | 1.42 | 1.46 |
| | 5 | 3.19 | 3.20 | 46.9 | 46.4 | 81.3 | 77.6 | 1.20 | 1.12 |
| | Mean | 3.40 | 3.41 | 45.1 | 45.3 | 94.6 | 93.7 | 1.25 | 1.24 |
| | ± SD | 0.29 | 0.20 | 2.43 | 3.31 | 13.7 | 14.3 | 0.11 | 0.13 |
| P ^{b)} | 6 | 2.97 | 3.05 | 52.1 | 52.1 | 70.3 | 72.1 | 1.23 | 1.23 |
| | 7 | 2.97 | 2.89 | 42.1 | 41.6 | 94.0 | 89.8 | 1.33 | 1.29 |
| | 8 | 2.92 | 3.06 | 43.9 | 45.0 | 81.8 | 82.0 | 1.23 | 1.21 |
| | 9 | 2.58 | 2.57 | 45.4 | 45.5 | 64.7 | 67.2 | 1.14 | 1.19 |
| | 10 | 3.60 | 3.55 | 42.3 | 40.4 | 84.0 | 83.8 | 0.99 | 0.95 |
| | Mean | 3.01 | 3.02 | 45.2 | 44.9 | 79.0 | 79.0 | 1.18 | 1.17 |
| | ± SD | 0.37 | 0.35 | 4.10 | 4.56 | 11.6 | 9.16 | 0.13 | 0.13 |

a) Branched-chain amino acids group.

b) Placebo group.

少しした他は4人ともに増加あるいは変化しなかった。一方P群は被験者7と10が減少を、被験者6と8が増加を示し、一定な傾向を示さなかった。平均値では両群ともに合宿前後でほとんど変化しなかった。体重1kgあたりの最大酸素摂取量においても両群ともに合宿前後に差がみられなかった。最大嫌氣的パワーは被験者により個人差が大きく一定な傾向が得られなかった。平均値でみるとB群がやや減少の傾向を示し、P群には差がみられなかった。体重1kgあたりの最大嫌氣的パワーは両群ともに合宿前後でほとんど変化しなかった。

体重 1 kgあたりの最大酸素摂取量においても両群ともに合宿前後に差がみられなかった。最大嫌氣的パワーは被験者により個人差が大きく一定な傾向が得られなかった。平均値で見るとB群がやや減少の傾向を示し、P群には差がみられなかった。体重 1 kgあたりの最大嫌氣的パワーは両群ともに合宿前後でほとんど変化しなかった。

オールアウトまでの総仕事量の結果を図 1 に示した。両群いずれも合宿前のオールアウトまでの総仕事量を 100 とした時の相対変化で示した。その結果B群は 120.2 ± 14.1 となり有意な増加を示した ($P < 0.05$)。一方P群は増加傾向を示すに留まった。両群の増加率を比較するとB群がP群よりも高い傾向にあった ($P < 0.10$)。

運動機能およびフリッカーテストの結果を図 2 ~ 5 に示した。数値はいずれも合宿初日の測定値に対する各日の差を示している。また図中のアスタリスク印は各群の初期値に対する各日の値の有意差を表している。B群とP群の間に有意差がある場合は直接図中に記入した。

(図2)
上体おこしでは3日目からB群がP群を上回る傾向を示し、その後もB群がP群よりも高いレベルにあった。特に5日目にP群が著しい低下を示し、5日目のB群とP群の間には有意な差がみられた ($P < 0.01$)。

(図3)
1分間のサイドステップテストでは合宿の経過とともに両群いずれも増加傾向を示した。両群の間にはほとんど差がみられなかった。

(図4)
肩腕力計を用いた筋力テストでは押す場合においてもまた引く場合においても合宿期間中ほとんど変化がみられなかった。しかしながら今回B群の被験者3と4が練

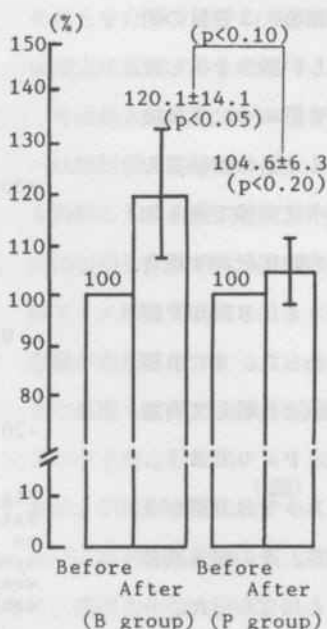


Fig.1. Changes in work capacity between before and after training camp. Data was showed as the percentage to the data before training camp. (Mean ± SD)

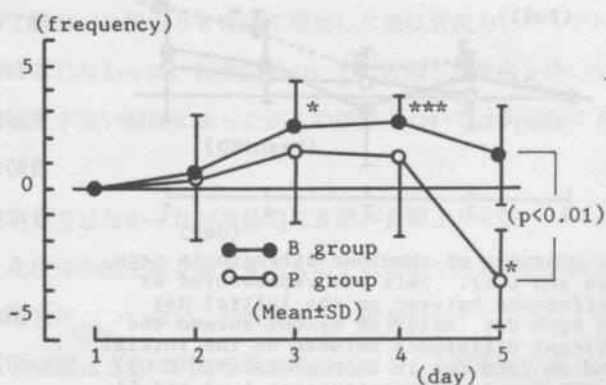


Fig.2. Changes of sit up. Data was represented as the difference between on the initial day and on each day. Asterisk symbol showed the significant difference between on the initial day and on each day in each group. (*; p < 0.05, ***; p < 0.005) On the 5th day significant difference (p < 0.01) was observed between B and P groups.

習中に肩と肘を痛め、3日目の朝は両者ともに著しい減少を示した。したがって特にB群については故障した2名を除く3名の被験者の変動について図中に点線で書き加えた。B群3名の時には押す場合および引く場合ともにB群がP群を上回る傾向にあった。またB群の4日目は初期値と比較して有意な増加を示した ($P < 0.05$)。

(図5)

フリッカーテストではB群が2日目に低下を示し、その後も初日の値を上回ることにはなかった。一方P群は被験者7と9が低下を示したものの他の3名が増加を示し、

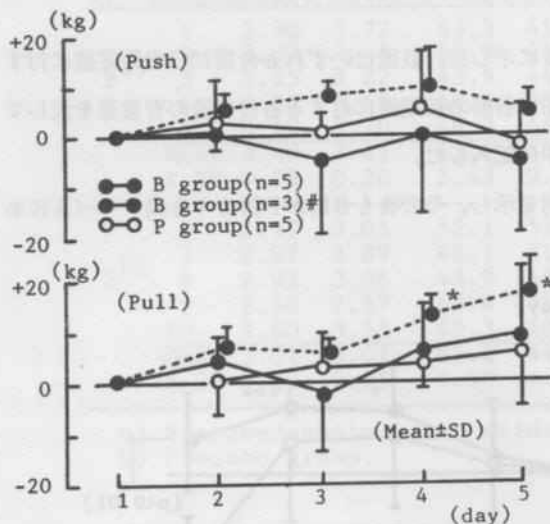


Fig.4. Changes of shoulder strength in case of push and pull. Data was represented as the difference between on the initial day and on each day. Asterisk symbol showed the significant difference between on the initial day and on each day in each group. (*; $p < 0.05$). #; Mean \pm SD for 3 subjects (subject 1, 2 and 5).

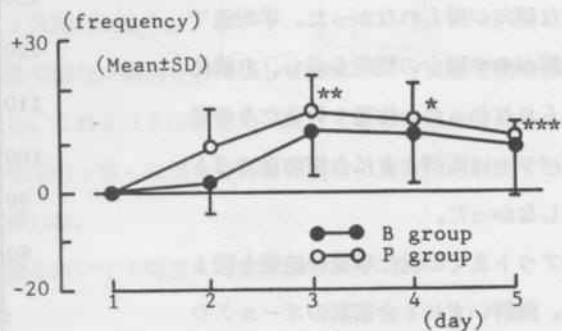


Fig.3. Changes of side step test for 1 min. Data was represented as the difference between on the initial day and on each day. Asterisk symbol showed the significant difference between on the initial day and on each day in each group. (*; $p < 0.05$, **; $p < 0.01$, ***; $p < 0.005$)

平均値ではほぼ一定の値を維持した。合宿期間中B群がP群に比べ低値を示したが両群間には有意な差はみられなかった。

考 察

先に述べたように分岐鎖アミノ酸は肝臓でほとんど代謝されずに主として筋肉、脂肪組織で代謝されることが著しい特徴であるが、これは分岐鎖アミノ酸トランスアミナーゼ活性が肝臓では著しく低いことによる。また絶食時のようにエネルギー摂取が制限されるような場合には分岐鎖アミノ酸が著しく酸化されることからエネルギー代謝にも分岐鎖アミノ酸が重要な働きをしている。そしてロイシンの筋肉内濃度により筋タンパク質の代謝が¹⁻²⁾調節され、過剰なタンパク質分解を抑制している。これら分岐鎖アミノ酸の数々の特徴は運動時のエネルギー代謝、減量時の除脂肪体重減少の抑制などに大きく影響を与え、また

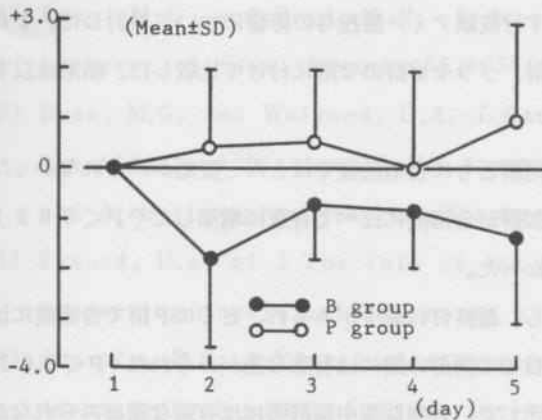


Fig. 5. Changes in flicker test. Data was represented as the difference between on the initial day and on each day.

重1 kgあたりで高タンパク食群が減量前と比較して8.8.5%に、高炭水化物食群が9.6.8%に低下したが、分岐鎖アミノ酸添加高タンパク食群はほとんど変化しなかったことを観察し、減量による運動能力の低下に分岐鎖アミノ酸の効果を認めた。⁸⁾今回差がみられなかった原因としてトレーニング内容、投与期間などの実験方法が異っていたことが挙げられる。

オールアウトまでの総仕事量はB群が合宿前と比べて合宿後で有意に増加した($P < 0.05$)。一方P群は増加傾向を示すに留まった。酸素摂取能力、嫌氣的パワーが両群ともに合宿前後でほとんど差がみられなかったにもかかわらずオールアウトまでの仕事量がB群で有意に増加した原因については作業効率、エネルギー産生効率、酸素の利用効率などが考えられるが、その中でも分岐鎖アミノ酸のエネルギー産生系への関与が大きいことが推察される。

体力テストに関しては上体起しにおいてB群がP群よりも有意に増加した他は肩腕力、サイドステップテストにおいても両群間にほとんど差がみられなかった。肩腕力については故障した2名を除いてB群3名でP群と比較するとB群がP群よりも絶えず高い傾向にあったがこの結果については再確認することが必要である。

フリッカーテストでは全期間を通して有意差はなかったが全体的にB群がP群よりも低いレベルにあった。フリッカーテストは視覚機能を通して生体の疲労度を測定するものであるが今回B群がP群と比較して低いレベルにあったことに対して適切な説明がつかない。分岐鎖アミノ酸を投与することによって生体の疲労度が高まる理由は考えられず、この問題はさらに例数を集め再検討することが急務である。

今回一週間という短い投与期間であったがオールアウトまでの仕事量および上体起しに分岐鎖アミノ酸投与の効果が認められた。そのメカニズムについては今回の測定項目では明確にすることはできない。新たな項目を検討することが今後の課題となるが、実際のスポーツ選手の運動機能に対して分岐鎖アミノ酸投与の効果が観察されたことは非常に興味深い。

それらを介して選手の運動能力の維持あるいは向上に貢献するものと考えられる。

今回最大酸素摂取量および最大嫌氣的パワーは絶対量あるいは体重1 kgあたりにおいても両群ともに合宿前後で差がみられなかった。先に引用したが根本的にはスケート選手に分岐鎖アミノ酸を負荷することにより最大酸素摂取量が有意に増加することを観察している。⁷⁾また高橋らは柔道選手の減量実験において高タンパク食、分岐鎖アミノ酸添加高タンパク食および高炭水化物食を与えて減量の影響について検討した結果、最大嫌氣的パワーは体

ま と め

本研究は柔道選手の合宿訓練時の運動機能に及ぼす分岐鎖アミノ酸投与の影響について検討した。10名の男子大学生を被験者とし、分岐鎖アミノ酸添加群、プラセボ群の2群に分けて比較した。結果は以下のとおりである。

- 1) 最大酸素摂取量、最大嫌氣的パワーについては両群ともに合宿前後でほとんど変動がみられなかった。オールアウトまでの総仕事量は分岐鎖アミノ酸添加群が合宿前に比べて有意に増加した ($P < 0.05$)。プラセボ群は増加傾向を示したものの有意ではなかった。
- 2) 上体起しは両群ともに増加傾向を示した。しかし、最終日に減少がみられ、とくにP群で合宿前に比べて有意な減少がみられた ($P < 0.05$)。最終日での両群の間には有意な差がみられた ($P < 0.01$)。
- 3) サイドステップテストは両群ともに増加傾向を示した。合宿期間中両群間には有意な差はみられなかった。
- 4) 肩腕力は両群ともに合宿期間中ほとんど変化がみられなかった。分岐鎖アミノ酸添加群で故障者(肩および肘)が2名出たため特に他の3名で比較すると押す場合も引く場合もともに分岐鎖アミノ酸添加群がプラセボ群よりも終始高い傾向にあった。
- 5) フリッカーテストは合宿期間中両群間に有意な差はみられなかった。

(この研究は味の素株式会社の研究助成金の援助による)

参考文献

- 1) Buse, M.G. and Reid, S.S. : leucine, A possible regulation of protein turnover. *J. Clin. Invest.* 56,1250(1975)
- 2) Buse, M.G. and Weigand, D.A. : Studies concerning the specificity of the effect of leucine of the turnover of proteins in muscles of control and diabetic rats. *Biochim. Biophys. Acta.* 475,81(1977)
- 3) Freund, H. et al : The role of the branched-chain amino acids in decreasing muscle catabolism in vivo. *Surgery.* 83,611(1978)
- 4) Sherwin, R.S. : Effect of starvation on the turnover and metabolic response to leucine. *J. Clin. Invest.* 61,1471(1978)
- 5) Chang, T.W. and Goldberg, A.L. : Leucine inhibits oxidation of glucose and pyruvate in skeletal muscles during fasting. *J. Biol. Chem.* 253,3696(1978)
- 6) Paul, H.S. and Adibi, S.A. : Leucine oxidation in diabetes and starvation : Effects of ketone bodies on branched-chain amino acid oxidation in vitro, *Metabolism.* 27,185(1978)
- 7) 根本 勇他 : 分岐鎖アミノ酸負荷によるトレーニングがスピード・スケート選手の身体組成に及ぼす影響, *体力科学*, 33,110(1984)
- 8) 高橋徹三他 : 柔道選手の減量時の作業能の変動に及ぼす食質の影響, *体力科学*, 33,111(1984)
- 9) 生田香明他 : 自転車エルゴメーターによる Maximum Anaerobic Power の発達の研究, *体育学研究*, 17,151(1972)
- 10) Shinnick, F.L. and Harper, A.E. : Branched-chain amino acid oxidation by isolated rat tissue preparations. *Biochim. Biophys. Acta.* 437,477(1976)

(昭和59年12月受付)