

= 研究資料 =

血中物質に対する分岐鎖アミノ酸含有飲料と 等カロリー飲料摂取による影響

辻本尚弥¹ 大下泰司¹ 木場孝繁² 満園良一¹

Effects of Drink Containing Branched-chain Amino Acids or Isocalorie Drink Intake on Blood Components

Hisaya TSUJIMOTO, Taiji OHSHTA, Takashige KOBAYASHI, Ryouichi MITSUZONO

緒 言

分岐鎖アミノ酸 (Branched chain amino acid: BCAA) は必須アミノ酸であり、骨格筋タンパク質中の必須アミノ酸のおよそ35%を占める¹⁾。また食事により摂取される必須アミノ酸の約40%はBCAAである¹⁾。最近 BCAA はその機能が注目され、健康やスポーツを指向する人向けの飲料として販売されている²⁾。

運動時に骨格筋では6種類のアミノ酸がエネルギー源として利用される³⁾⁴⁾。中でもBCAAは生体にとってエネルギー源として容易に利用できるアミノ酸である⁵⁾⁶⁾⁷⁾。運動時には血中のBCAA濃度は低下し⁸⁾⁹⁾、同時に骨格筋内のBCAA分解は促進される¹⁰⁾¹¹⁾。運動前にBCAAを投与した場合、外因性のBCAAがエネルギー源として利用されることが報告されている¹²⁾。運動時のBCAA摂取は、中枢性の疲労を軽減し¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾、主観的な運動強度を下げ¹⁶⁾、乳酸性作業閾値を右にシフトさせることも報告されている¹⁷⁾¹⁸⁾。また、身体作りに関係するタンパク代謝に関しては、骨格筋においてBCAA摂取によりタンパク合成が亢進し、同時にタンパク分解が抑制されることが報告されている¹⁹⁾⁻²³⁾。さらにBCAA摂取は運動による骨格筋からのクレアチンキナーゼと乳酸デヒドロゲナーゼの逸脱を押さえることが報告されており²⁴⁾、筋損傷にたいする軽減効果の可能性が示唆されている²⁵⁾。

運動時の疲労や骨格筋に対するBCAAの効果も

検証する場合、対象としてゼロカロリープラセボ、等窒素プラセボあるいは等カロリープラセボが用いられている。等カロリープラセボを対象として用いる場合、BCAAを等カロリーの糖質で置換したものを用いている。これまで我々の研究でもBCAAを等カロリーの糖質で置換したプラセボを用いてきた¹⁸⁾。先の研究では500ml中にBCAA 2gを含む飲料にてその効果を検証してきた¹⁸⁾が、BCAA摂取のより大きな効果を与えるために、同容量でより多くのBCAA (4g/500ml) が摂取できる飲料を被験物として用いることを検討している。しかし、その場合等カロリー飲料には20gの糖質を含むこととなり、血中物質、中でも血清グルコースおよびインスリンに対する影響が懸念される。

そこで、本研究はBCAA含有飲料および等カロリー飲料摂取の血中物質に対する影響を比較検討し、等カロリー飲料のプラセボとしての妥当性を検討した。

方 法

被験者は健康な成人男子3名であった。実験は二重盲検クロスオーバー法で行った。被験物はBCAA含有飲料 (BCAA 4g/500ml ; パリン1g, ロイシン2g, イソロイシン1g, アルギニン1g, 糖質15g) とBCAA 5gを等カロリーの糖質で置換した等カロリー飲料 (糖質20g) とした。実験開始前日の夜の食事は規定食とした。食事は前日の21時までには摂取することとし、その後水分の摂取のみ可とする12時

1. 久留米大学 健康・スポーツ科学センター
2. 大塚製薬(株) 佐賀栄養製品研究所

間の絶食とした。実験日に被検者は血圧を測定し、その後に安静時の採血(実験前値)を行った。次に、被験物500mlをできるだけ速やかに摂取し、実験終了まで安静とした。被験物摂取後、15、30、60、90、120分の各時点でそれぞれ採血を行った。

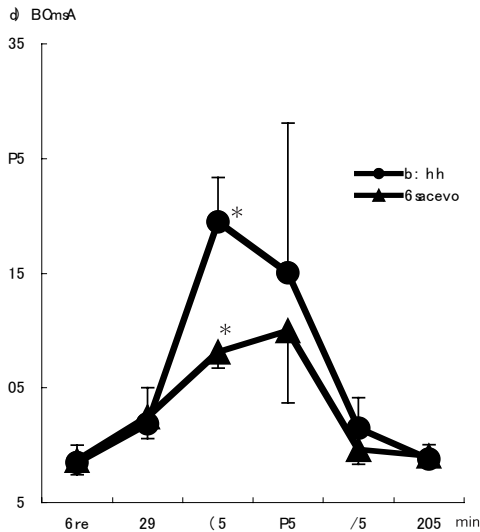


Fig.1 Serum concentration of insulin
* Significant difference from the value of pre-ingestion

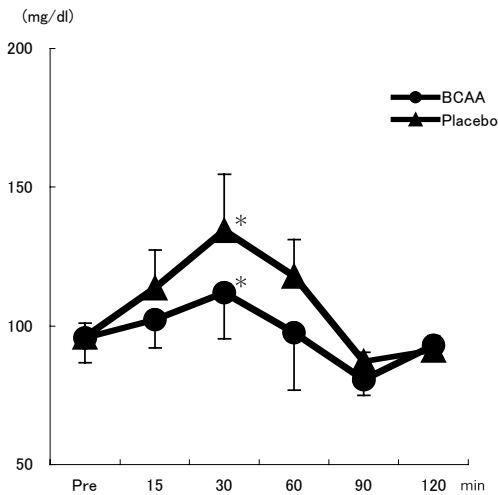


Fig.2 Serum concentration of glucose
* Significant difference from the value of pre-ingestion

5日間のウォッシュアウト期間を設けた後、同様な条件で採血を実施した。血液の分析項目は、血清中のインスリン、グルコース、中性脂肪、遊離脂肪酸、アルブミンの各濃度であった。各測定値は摂取条件別、測定時間別に平均値と標準偏差を求め統計学的な検定を行った。血清インスリン、グルコース、中性脂肪、遊離脂肪酸、アルブミンの各濃度は2要因(摂取条件の違いと測定時間)に対応がある分散分析にて検定した。全ての検定において有意水準は5%以下とした²⁶⁾。

結 果

Fig.1には被験物摂取後の血清インスリン濃度の変化について示した。被験物摂取による血清インスリン応答は摂取直後から被験物摂取後30分時点では各被検者とも、等カロリー飲料摂取およびBCAA摂取の両条件とも実験前値に比べ高値を示した。また、被験物摂取後30分及び60分時点では各被検者とも等カロリー飲料摂取に比べBCAA摂取により血清インスリン値が高値を示す傾向にあったが、平均値では摂取条件間で差はみられなかった。等カロリー飲料摂取およびBCAA摂取の両条件とも、摂取後90から120分で実験前値と同程度になった。

Fig.2には被験物摂取後の血清グルコース濃度の変化について示した。各被験物摂取による血清グルコース応答は被験物摂取後30分時点では各被検者とも、等カロリー飲料摂取およびBCAA摂取の両条件とも実験前値に比べ高値を示した。被験物摂取後60分時点では、等カロリー飲料摂取が実験前値に比べ高値を示す傾向にあったが、30分時点に比べ等カロリー飲料摂取およびBCAA摂取の両条件とも低値を示す傾向が見られた。等カロリー飲料摂取およびBCAA摂取の両条件とも、摂取後90分時点では実験前値に比べ低値を示す傾向にあり、摂取後120分時点で実験前値と同程度であった。

Fig.3およびFig.4には被験物摂取後の血清中性脂肪、血清遊離脂肪酸の各濃度の変化について示した。両項目とも摂取条件間および摂取後の各時点においていずれも変化は認められなかった。

Fig.5には被験物摂取後の血清アルブミン濃度の変化について示した。血清アルブミン濃度は摂取条件間および摂取後の各時点においていずれも変化は認められなかった。

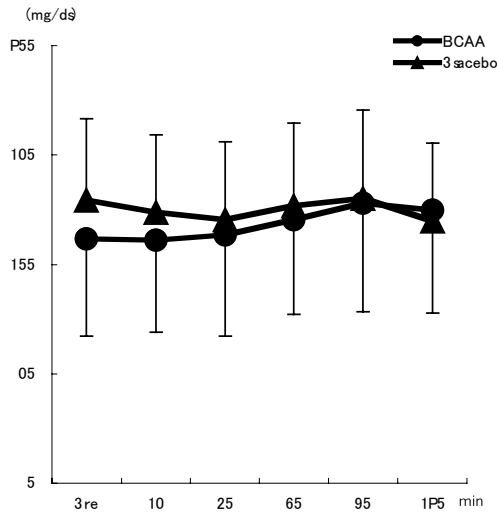


Fig. 3 Serum concentration of triacylglycerol

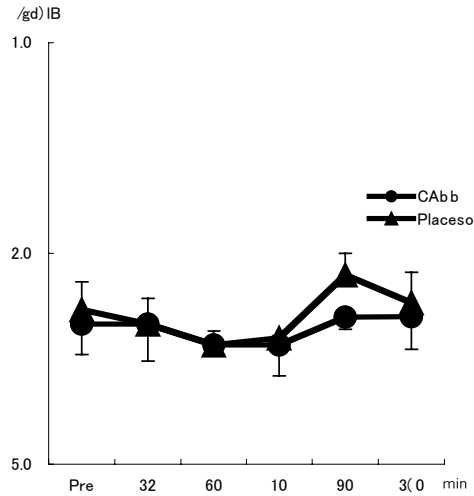


Fig. 5 Serum concentration of albumin

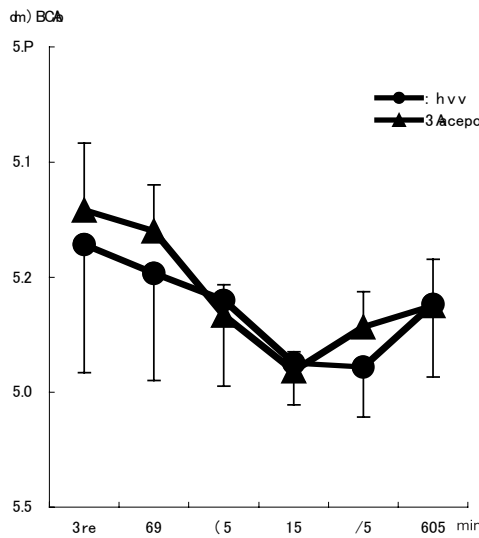


Fig. 4 Serum concentration of free fatty acid

考 察

本研究では血清インスリンおよびグルコース濃度に、被験物摂取による影響がみられた。しかし、被験物の違いによる統計的な差はみられなかった。また、脂質関係の項目およびアルブミンには被験物摂取による影響、被験物の違いによる影響はみとめられなかった。

本研究では、血清インスリン濃度は被験物摂取後上昇している。さらに統計的に差はみられないもののBCAA含有飲料が高い傾向を示している。屋代は²⁷⁾運動前のBCAA摂取により血清インスリンは高値を示し、その濃度は用量依存に高まることを報告している。Milner²⁸⁾²⁹⁾及びGarlick³⁰⁾は、BCAA中でもロイシンがグルコースに次いでインスリン分泌を刺激すると報告している。BCAA含有飲料摂取で血清インスリン値が高い傾向にあったのは、被験物中に含まれているBCAA、特にロイシンの効果が考えられるが、その詳細は不明である。

血清グルコース濃度は、両被験物に糖分が含まれているため、摂取後30分まで緩やかに上昇している。しかし、上記の血清インスリン濃度の影響を受けその後低値を示し、90分時点では実験前値よりも低値を示す傾向がある。これは両被験物摂取群において、血清グルコースが骨格筋などの臓器・組織にとりこまれたことを示している。また統計的に差はみられないもののBCAA含有飲料摂取において血清グルコースが低い傾向を示している。これは一因として、先に示したロイシンのインスリン分泌作用が大きいことが考えられる。Nishitaniら³¹⁾³²⁾はロイシンがインスリンと別の経路を介して血清グルコースを骨格筋に取り込むと報告している。Doiら³³⁾はイソロイシンがインスリン非依存的に血清グルコースを骨格筋に取り込むとしている。BCAA含有飲料で血清

グルコース濃度が低い傾向を示した一因としては、このロイシンとイソロイシンの影響も考えられるが、その詳細は不明である。BCAA は長期的にみた場合、グルコース・アラニンサイクルあるいは BCAA ・アラニンサイクルを介して肝臓内でのグルコース合成を高め、血清グルコース濃度の維持に寄与している¹⁾。また BCAA は運動の開始時よりエネルギー源として利用される¹²⁾ため、グリコーゲンの節約効果が知られている³⁴⁾³⁵⁾。しかし、BCAA の短期的な影響を見た場合、インスリンを介した作用やロイシンとイソロイシンの影響により、被験物摂取後60から90分時点以降で血清グルコース値を低下させてしまう可能性が示唆された。運動のパフォーマンスを考えた場合、血清グルコース濃度の維持という点から、BCAA は運動前の単回摂取ではなく、運動中も摂取し続けることが重要だと思われる。

血清遊離脂肪酸及び血清中性脂肪の各濃度に対しては、両被験物摂取の影響及び被験物間の違いによる影響はみられなかった。これまで脂肪酸代謝が亢進している場合に、BCAA 代謝が亢進し、糖代謝が抑制される可能性を示す報告³⁶⁾³⁷⁾はみられるが、BCAA が脂質の代謝に対して影響するとした報告はみられない。BCAA は糖代謝との関連において生体に対して影響を及ぼすものと考えられる。

本研究では血清中のいくつかの項目に、被験物摂取による影響がみられたが、被験物間での統計的な違いはみられなかった。このことより、本研究で用いた等カロリー飲料は BCAA 研究においてプラセボとして利用可能なことが示唆された。

引用文献

- 1) Harper AE, Miller RH, Block KP. Branched-chain amino acid metabolism. *Annu Rev Nutr.* 1984 ; 4 : 409-54.
- 2) 工藤由紀. BCAA 含有飲料による新価値提案. *体育の科学* 2004 ; 54(1):59-63.
- 3) Rennie MJ. Influence of exercise on protein and amino acid metabolism. (In) Rowell LB, Shepherd JT. *Handbook of Physiology.* Oxford : Oxford University. 1996 ; 995-1035.
- 4) Wagenmakers AJ. Muscle amino acid metabolism at rest and during exercise : role in human physiology and metabolism. *Exerc Sport Sci Rev.* 1998 ; 26 : 287-314.
- 5) 下村吉治. 運動とタンパク質代謝. *運動生化学* 1994 ; 6 : 95-101.
- 6) 下村吉治. *スポーツと健康の栄養学.* 第1版. 東京. NAP, 2002 ; 3-27.
- 7) Mittleman KD, Ricci MR, Bailey SP. Branched-chain amino acids prolong exercise during heat stress in men and women. *Med Sci Sports Exerc.* 1998 Jan ; 30(1) : 83-91.
- 8) Lemon PW, Benevenga NJ, Mullin JP, Nagle FJ. Effect of daily exercise and food intake on leucine oxidation. *Biochem Med.* 1985 Feb ; 33(1): 67-76.
- 9) Lemon PW. Dose exercise alter dietary protein requirements? (In) Brouns F, Saris WHM, Newsholme EA. *Advance in Nutrition and Top Sports.* Med Sport Sci, Vol 32. Basel : Karger, 1991 ; 127-45.
- 10) Ahlborg G, Felig P, Hagenfeldt L, Hendler R, Wahren J. Substrate turnover during prolonged exercise in man. Splanchnic and leg metabolism of glucose, free fatty acids, and amino acids. *J Clin Invest.* 1974 Apr ; 53(4) : 1080-90.
- 11) Shimomura Y, Murakami T, Nakai N, Nagasaki M, Harris RA. Exercise promotes BCAA catabolism: effects of BCAA supplementation on skeletal muscle during exercise. *J Nutr.* 2004 Jun ; 134(6 Suppl): 1583S-7S.
- 12) MacLean DA, Graham TE, Saltin B. Branched-chain amino acids augment ammonia metabolism while attenuating protein breakdown during exercise. *Am J Physiol.* 1994 Dec ; 267(6 Pt 1): E1010-22.
- 13) Blomstrand E. Amino acids and central fatigue. *Amino Acids.* 2001 ; 20(1) : 25-34.
- 14) Blomstrand E, Hassmen P, Newsholme EA. Effect of branched-chain amino acid supplementation on mental performance. *Acta Physiol Scand.* 1991 Oct ; 143(2) : 225-6.
- 15) Blomstrand E, Hassmen P, Ekblom B, Newsholme EA. Administration of branched-chain amino acids during sustained exercise-effects on performance and on plasma concentration of some amino acids. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1991 ; 63(2):83-8.
- 16) Blomstrand E, Hassmen P, Ek S, Ekblom B, Newsholme EA. Influence of ingesting a solution

- of branched-chain amino acids on perceived exertion during exercise. *Acta Physiol Scand*. 1997 Jan ; 159(1): 41-9.
- 17) De Palo EF, Gatti R, Cappellin E, Schiraldi C, De Palo CB, Spinella P. Plasma lactate, GH and GH-binding protein levels in exercise following BCAA supplementation in athletes. *Amino Acids*. 2001 ; 20(1): 1-11
- 18) 辻本尚弥, 木場孝繁, 濱田広一郎, 松本圭太郎, 満園良一. 乳酸性作業閾値に及ぼす分岐鎖アミノ酸含有飲料摂取の影響. *体力科学* 2004 ; 53(6): 750.
- 19) Goldberg AL, Chang TW. Regulation and significance of amino acid metabolism in skeletal muscle. *Fed Proc*. 1978 Jul ; 37(9): 2301-7.
- 20) Yoshizawa F, Sekizawa H, Hirayama S, Hatakeyama A, Nagasawa T, Sugahara K. Time course of leucine-induced 4E-BP1 and S6K1 phosphorylation in the liver and skeletal muscle of rats. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)*. 2001 Aug ; 47(4): 311-5.
- 21) 吉沢史昭. 体タンパク質合成の翻訳段階調節に関する栄養生化学的研究. *日本栄養・食糧会誌* 2003 ; 56 :117-25.
- 22) Kimball SR, Jefferson LS. Regulation of protein synthesis by branched-chain amino acids. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2001 Jan ; 4(1) : 39-43.
- 23) Layman DK. Role of leucine in protein metabolism during exercise and recovery. *Can J Appl Physiol*. 2002 Dec ; 27(6) : 646-63.
- 24) Coombes JS, McNaughton LR. Effects of branched-chain amino acid supplementation on serum creatine kinase and lactate dehydrogenase after prolonged exercise. *J Sports Med Phys Fitness*. 2000 Sep ; 40(3) : 240-6.
- 25) 野坂和則. 遅発性筋肉痛に対するアミノ酸サプリメントの効果. *臨床スポーツ医学* 2005 ; 22(7) : 829-35.
- 26) 森敏昭, 吉田寿夫. *心理学のためのデータ解析テクニカルブック*. 1版, 京都: 北大路書房, 1990.
- 27) 屋代正範. 運動時の血清グルコース及びインスリンレベルに及ぼす分岐鎖アミノ酸投与の影響. *福岡教育大学紀要* 1993 ; 42(5): 55-9.
- 28) Milner RD. The mechanism by which leucine and arginine stimulate insulin release in vitro. *Biochim Biophys Acta*. 1969 Oct 7 ; 192(1): 154-6.
- 29) Milner RD. Stimulation of insulin secretion in vitro by essential amino acids. *Lancet*. 1969 May 31 ; 1(7605): 1075-6.
- 30) Garlick PJ. The role of leucine in the regulation of protein metabolism. *J Nutr*. 2005 Jun ; 135 (6 Suppl): 1553S-6S.
- 31) Nishitani S, Takehana K, Fujitani S, Sonaka I. Branched-chain amino acids improve glucose metabolism in rats with liver cirrhosis. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol*. 2005 Jun ; 288(6): G1292-300.
- 32) Nishitani S, Matsumura T, Fujitani S, Sonaka I, Miura Y, Yagasaki K. Leucine promotes glucose uptake in skeletal muscles of rats. *Biochem Biophys Res Commun*. 2002 Dec 20 ; 299(5): 693-6.
- 33) Doi M, Yamaoka I, Fukunaga T, Nakayama M. Isoleucine, a potent plasma glucose-lowering amino acid, stimulates glucose uptake in C2C12 myotubes. *Biochem Biophys Res Commun*. 2003 Dec 26 ; 312(4): 1111-7.
- 34) Shimomura Y, Murakami T, Nakai N, Nagasaki M, Obayashi M, Li Z, Xu M, Sato Y, Kato T, Shimomura N, Fujitsuka N, Tanaka K, Sato M. Suppression of glycogen consumption during acute exercise by dietary branched-chain amino acids in rats. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)*. 2000 Apr ; 46(2): 71-7.
- 35) Blomstrand E, Ek S, Newsholme EA. Influence of ingesting a solution of branched-chain amino acids on plasma and muscle concentrations of amino acids during prolonged submaximal exercise. *Nutrition*. 1996 Jul-Aug ; 12(7-8) : 485-90.
- 36) Shimomura Y, Fujii H, Suzuki M, Fujitsuka N, Naoi M, Sugiyama S, Harris RA. Branched-chain 2-oxo acid dehydrogenase complex activation by titanic contractions in rat skeletal muscle. *Biochim Biophys Acta*. 1993 ; 1157 : 290-6.
- 37) 村上太郎. 運動による分岐鎖アミノ酸代謝の促進. *臨床スポーツ医学* 2005 ; 22(7) : 809 - 14.