

## 支链氨基酸 (BCAA) 在运动领域的研究进展

陈成香<sup>1</sup>, 张红红<sup>2</sup>

(1. 福建师大福清分校 体育科学系, 福建 福清 350300; 2. 苏州市体育科学研究所, 江苏 苏州 215133)

**摘要:** 从功效、作用和机制两个角度入手系统归纳了支链氨基酸 (BCAA) 在运动领域的研究与应用, 并在此基础上阐述了目前的现状, 提出了相应的建议。

**关键词:** 支链氨基酸; 运动领域; 作用机制; 研究进展

中图分类号: G804.2

文献标识码: A

文章编号: 1009-9115(2014)05-0081-04

DOI: 10.3969/j.issn.1009-9115.2014.05.027

## The Progress of BCAA in Sports Field

CHEN Cheng-xiang<sup>1</sup>, ZHANG Hong-hong<sup>2</sup>

(1. Department Physical Education Science, Fuqing Branch of Fujian Normal University, Fuqing 350300, China; 2. Suzhou Sports Science Research Institute, Suzhou 215133, China)

**Abstract:** On the basis of formulating the studies of BCAA in sports field from its effect and mechanism, this paper points out the present situation and some proposals are offered.

**Key Words:** BCAA; sports field; effect and mechanism; progress

BCAA 包括亮氨酸、异亮氨酸和缬氨酸, 由于在人、畜禽体内不能自身合成 (主要由细菌、真菌和植物合成) 而必须从食物中获取, 所以也即必需氨基酸。因其特殊的结构和功能, 在人体代谢中占有重要的地位, 在医药 (如氨基酸输液、营养强化剂等)、食品、饲料 (动物营养)、洗涤剂、除草剂等领域中有着广泛的用途<sup>[1]</sup>。同样, 目前 BCAA 在运动这一特殊领域也已有较为丰富的研究和实践应用 (如营养品等), 主要集中在抗疲劳和提高运动能力方面<sup>[2,3]</sup>, 近来关于其生物学功能、作用机制的研究也逐渐增多和深入。

### 1 BCAA 在抗疲劳和提高运动能力方面的研究与应用

目前, BCAA 在运动领域抗疲劳、提高运动能力、维持瘦体重等方面已有较为丰富的研究, 其主要通过相关生理、生化或运动能力的变化来观察 BCAA 功效。

#### 1.1 动物实验方面

王一民等<sup>[4]</sup>研究结果显示服用 BCAA 后, 大鼠的力竭时间 (跑台运动至疲劳) 显著延长, 血红蛋白 (Hb)、血清清

奋性氨基酸 (EAA)、血糖、肝糖原、肌糖原含量显著增高, 而尿素氮 (BU)、抑制性氨基酸 (IAA) 显著降低, 体向着接近自然增长的趋势进行 (训练组体重增长则明显减缓); 金宏等<sup>[5,6]</sup>报道 BCAA 可明显提高大鼠运动耐力和游泳 6 h 存活率, 抑制运动后血乳酸浓度、LDH 活力、骨骼肌 LPO 的升高幅度, 抑制骨骼肌 LDH 活力和膜流动性下降的趋势; 林静<sup>[7]</sup>实验表明外源性补充 BCAA 可增强定量负荷后的小鼠活动量, 降低色氨酸 (Trp) /BCAA 比值和脑组织 5-羟色胺 (5-HT) 水平; 能明显延长力竭出现的时间。还有报道<sup>[8]</sup>补充 BCAA 后可明显减轻长时高强度运动引起的 Hb、睾酮/皮质醇 (T/C) 比值的降低。邱卓君等<sup>[9]</sup>观察补充 BCAA 或 BCAA+CHO 对 SD 大鼠一次性运动以及 3 周耐力训练后的一次性运动前后血小板以及脑 5-HT<sub>2A</sub> 受体与螺环哌丁苯结合的影响, 结果表明: 急性耐力运动可导致 SD 大鼠脑 5-HT 浓度的增加, 并且导致血小板以及脑 5-HT<sub>2A</sub> 受体下调, 大鼠 3 周耐力训练期间补充 BCAA+CHO 有防止由耐力运动引起的 5-HT<sub>2A</sub> 受体密度下调的作用, 长期耐力训练期间补充 BCAA+CHO 对延缓中

基金项目: 苏州市体育局体育科研局管课题 (TY2012-206)

收稿日期: 2014-06-23

作者简介: 陈成香 (1979-), 女, 山东费县人, 硕士, 讲师, 研究方向为运动生理学。

枢疲劳有积极的作用。

## 1.2 人体研究方面

国外有学者将 BCAA 应用于长时间运动项目如马拉松、越野滑雪及足球比赛等,在运动前、运动中补充 7.5~21 g,可显著提高部分选手的运动成绩;进行 6 周亮氨酸膳食补充后,13 名舷外浮架独木舟运动员的力竭时间明显延长<sup>[2]</sup>。邱卓君等<sup>[10]</sup>研究报道划船运动员大运动量训练期间补充 BCAA 或 BCAA+CHO 能起到缓解由运动引起的 5-HT<sub>2A</sub> 受体密度下调的作用,并对改善血液 BCAA、游离色氨酸 (fTrp) /BCAA 比值等某些外周及中枢疲劳指标有一定的作用。刘建红等<sup>[11]</sup>报道补充 BCAA 对内分泌代谢的影响主要是影响一些合成代谢激素的反应,如血睾酮和生长激素等,从而有利于运动机能的提高和加快疲劳的消除。其研究发现男子专业划船运动员在冬训期间补充 BCAA 有利于维持训练负荷过程中血睾酮水平的稳定,提高 T/C 比值,促进体内生长激素的分泌。此外,还能降低运动后血清中 CK、LDH 活性<sup>[12]</sup>。刘桂华等<sup>[13]</sup>认为经运动员服用证实,“副油箱”运动营养制剂(以 BCAA 为主要成分)能明显地改善心肺功能,减少乳酸积累和加快乳酸代谢,维持血浆氨基酸代谢平衡,增强肌肉力量,提高肌肉做功能力。赖柳明等<sup>[14]</sup>对男子柔道运动员在冬训期间口服支链氨基酸(BCAA)后,观察发现合理补充 BCAA 安全有效,对肝脏无不良影响,可使唾液睾酮含量更明显地增加,血清谷丙转氨酶(GPT)活性明显下降,并可很好地维持大腿肌肉力量,在提高机体的适应能力及消除疲劳能力方面有明显的应用价值。季健民等<sup>[15]</sup>研究发现一次性运动后安慰剂组 T 明显下降,BCAA 组略有上升但不具显著性,长期补充 BCAA 组 T 上升显著,而安慰剂组略有下降。长期补充 BCAA 组安静状态下 C 值明显低于安慰剂组,BCAA 可有效提高机体 T/C 比值,缓解运动后催乳素(PRL)的升高,而大脑 5-HT 的活性的增加与 PRL 的增加有关。

## 2 BCAA 的生物学功能、作用机制

随着 BCAA 在运动领域的广泛应用,有的运动队还将其作为常规营养品,关于其生物学功能、作用机制的研究也逐渐增多和深入。

### 2.1 参与能量代谢

BCAA 是长时间持续运动时参与供能的重要氨基酸。氨基酸与碳水化合物和脂肪相比不是运动过程中的主要能量来源,但越来越多的资料表明,运动特别是长时间的耐力运动使氨基酸(主要是 BCAA)在肌肉中的氧化增加<sup>[16]</sup>。BCAA 积极参与氧化分解代谢,明显增高血氨浓度。肌肉中 BCAA 分解非常活跃,与其它氨基酸相比,BCAA 能以相当快的速率转氨基和完全氧化,其氧化产生 ATP 的效率高于其它氨基酸。BCAA 主要代谢场所是在肌肉,安静时,人体骨骼肌总能耗的 14% 由 BCAA 氧化过程提供,运动时,

BCAA 氧化增强是体内重要的能量来源<sup>[17]</sup>。

### 2.2 调节物质代谢

诸多研究显示 BCAA 具有调节蛋白质代谢、糖代谢、脂肪代谢的作用。

#### 2.2.1 蛋白质代谢方面

BCAA 除参与蛋白质合成或作为其它氨基酸的前体物质外,还可抑制内源性蛋白质分解,促进内源性蛋白合成。其促进蛋白质合成代谢的机制可能与亮氨酸及亮氨酸的代谢产物、运动刺激体内激素水平改变和氨基酸摄取量增加有关<sup>[17]</sup>。如王一民等<sup>[4]</sup>研究结果显示服用 BCAA 后,大鼠的 Hb 显著增高,BU 显著降低,体重向着接近自然增长的趋势进行(训练组体重增长则明显减缓);金宏等<sup>[15]</sup>实验结果显示补充 BCAA 可抑制血清中必需氨基酸、非必需氨基酸和总氨基酸的升高,即可减少运动造成的蛋白质分解;许志勤等<sup>[18]</sup>研究发现补充 BCAA 可使整体氨基氮流率、蛋白质合成率、更新率有不同程度增高;BCAA 可调节运动对心肌、肝脏蛋白质代谢的影响,使骨骼肌的氨基氮流率增高明显。

#### 2.2.2 糖代谢方面

诸多研究认为运动条件下 BCAA 的氧化增加可节约肌糖原或促进糖原异生<sup>[19]</sup>。BCAA 中,亮氨酸是生酮氨基酸,异亮氨酸是生酮兼生糖氨基酸,缬氨酸是生糖氨基酸。王一民等<sup>[4]</sup>研究结果显示服用 BCAA 后,大鼠的血糖、肝糖原、肌糖原含量显著增高。刘建红等<sup>[20]</sup>探讨补充 BCAA 对划船运动员不同负荷运动后及恢复期糖代谢和糖异生的影响,发现补充 BCAA 能影响运动中糖代谢,促进极限运动后及恢复期糖异生,延缓疲劳发生和促进运动后疲劳的消除,分析其机制可能与 BCAA 降低丙酮酸脱氢酶复合物活性及促进丙氨酸—葡萄糖循环和乳酸—葡萄糖循环的糖异生等有关。而补充 BCAA 对有氧负荷训练影响不大。

#### 2.2.3 脂肪代谢

有研究表明,增加 BCAA 的摄入,运动时能够促进生长激素的分泌,使脂肪动员和氧化增加<sup>[19]</sup>。BCAA 还可促使三羧酸循环加快,脂肪酸分解代谢速率提高<sup>[4]</sup>。

### 2.3 对神经、内分泌、免疫三大调节系统的作用

#### 2.3.1 神经系统

外源性补充 BCAA 有利于维持长时间、大强度运动时中枢神经系统兴奋性,有利于减轻中枢疲劳。这方面以动物实验为主<sup>[7,9]</sup>。其机制分析是由于 BCAA 与芳香族氨基酸(AAA)在通过血脑屏障进入大脑时存在着竞争性抑制作用,AAA 大量入脑不但可产生诸如罍胺、苯乙醇胺等假神经递质,还会使脑干、下丘脑等区域的多巴胺(DA)、5-HT 等递质浓度升高,导致中枢性抑制。外源性补充 BCAA 有利于维持血中 AAA 与 BCAA 的比值,从而限制了 AAA 的入脑<sup>[14]</sup>。

### 2.3.2 内分泌系统

刘建红等<sup>[11]</sup>报道补充 BCAA 对内分泌代谢的影响主要是影响一些合成代谢激素的反应,如血睾酮和生长激素等,从而有利于运动机能的提高和加快疲劳的消除。其研究发现男子专业划船运动员在冬训期间补充 BCAA 有利于维持训练负荷过程中血睾酮水平的稳定,提高睾酮/皮质醇比值,促进体内生长激素的分泌。BCAA 维持运动中血睾水平,促进恢复期血睾水平提高的可能机制<sup>[14]</sup>:(1) BCAA 参与分解代谢,抑制了内源性蛋白质的分解,从而减少了对内源性睾酮的耗损。(2) BCAA 在氧化分解中生成乙酰辅酶 A 或丙酰 CoA、琥珀酸辅酶 A,并进入三羧酸循环,可能会竞争性地减少其它一些氨基酸的消耗,尤其是蛋氨酸的氧化分解;蛋氨酸是蛋白质合成的原料之一,而且它与 tRNA 结合成的作为“起动 tRNA”的蛋氨酸 tRNA,是氨基酸合成肽链时的关键物质;蛋氨酸类的含硫氨基酸经氧化分解后均可产生硫酸根,且一部分经活化而转变为“活性硫酸根”,其性质活泼,可使某些类固醇激素形成硫酸酯而被灭活;这样,补充的外源性 BCAA 通过对蛋氨酸的保护作用,减少其分解产物对类固醇激素的灭活,并在机体组织对运动应激产生的适应性改建过程中起到积极的促进作用。(3) 补充 BCAA 有利于维持、甚至提高中枢神经的兴奋性,尤其是下丘脑分泌的神经激素中的促性腺激素释放激素(GnRH)及促性腺激素(如 LH)的分泌。

### 2.3.3 免疫系统

Bassit 等对铁人三项运动的研究表明,补充 BCAA 的运动组血浆谷氨酰胺浓度运动前后没有改变,而服用安慰剂的运动对照组血浆谷氨酰胺浓度下降显著,同时淋巴细胞增殖随白细胞介素-1 的下降而减少。在他们随后的研究中,补充 BCAA 提高了长时间运动后由分裂素诱导的外周血单核细胞增殖,同时改变了运动后白细胞的生成能力,提高机体的免疫功能<sup>[17]</sup>。

### 2.4 对心血管系统的影响

刘桂华等<sup>[13]</sup>报道“副油箱”运动营养制剂(以 BCAA 为主要成分)能明显地改善运动员心肺功能,表现为:(1) 超声心动图:实验组安静时平均心率较服用前有减慢趋势;每搏量、射血分数比服前明显提高,心输出量也有所提高,而对照组各指标无显著变化。(2) 定量负荷后即刻心率实验组较服用前显著下降,对照组无明显变化。(3) 实验组安静时平均收缩压较服前下降,但统计学处理无显著差异;最大摄氧量有明显提高,对照组变化不大。

### 2.5 对运动应激引起的骨骼肌、心肌损伤的保护和修复

已有研究<sup>[21]</sup>认为 BCAA 可降低运动引起血清酶的增高:Coombes 观察了口服 BCAA 对较长时间运动后肌肉损伤的血清酶学指标的影响。每天补充 12 gBCAA,连续 14

天,每天以 70% VO<sub>2</sub>max 运动 120 min,连续运动 7 天。BCAA 组运动前肌酸激酶(CK)和乳酸脱氢酶(LDH)活性的基础水平和对照组相比无差别,运动后明显增加直至第 5 天。重要的是补充 BCAA 组 LDH 的变化从运动后 2 h 至第 5 天明显降低,而 CK 从 4 h 至第 5 天明显降低。张钧等研究发现力竭运动可造成大鼠血清和心肌中 LDH、CK、谷草转氨酶(GOT)、丙酮酸激酶(PK)、 $\alpha$ -羟丁酸脱氢酶( $\alpha$ -HBD)等酶活性显著升高,而补充 BCAA 不仅能纠正血浆氨基酸谱的紊乱,还能保持这些酶的正常水平,拮抗心肌中钙的增加,抑制或减轻心肌中脂质过氧化反应,保护血清和心肌中超氧化物歧化酶(SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)的活力<sup>[22]</sup>。刘建红等<sup>[12]</sup>也报道划船运动员补充 BCAA 能降低运动后血清中 CK、LDH 的活性。

### 2.6 其它

金宏等<sup>[23]</sup>研究发现补充 BCAA 可抑制游泳运动后大鼠的血和骨骼肌乳酸的升高幅度,减少骨骼肌糖原的降低幅度与骨骼肌线粒体脂质过氧化物的升高幅度,抑制骨骼肌线粒体膜流动性和矿物质元素 Ca、Mg、K 含量的下降。结果表明,BCAA 可有效保护线粒体膜的脂双层稳定性,改善运动后骨骼肌线粒体功能,对抗运动性疲劳,可能有利于提高大鼠的运动能力。BCAA 具有的多方面的功效和作用使其在运动性疲劳的防治、维持瘦体重、提高肌肉力量等诸多方面表现出了积极的作用。如有实验表明,大量补充 BCAA 对于减重状态下的大白鼠具有抗疲劳作用;人体减重期间补充 BCAA 能够维持瘦体重的水平<sup>[14]</sup>。

### 3 结束语

BCAA 具有广泛的生理学作用和生物学功能,如可参与机体的能量代谢;调节物质代谢;对神经、内分泌、免疫、心血管、运动(肌肉)等系统产生作用;保护和修复运动应激引起的骨骼肌、心肌损伤等,这使其在运动领域中运动性疲劳的防治、运动能力的提高、体重控制等方面可以发挥很好的功效和作用。虽然 BCAA 在运动领域已有较为丰富的研究和实践应用,如在一些运动队广泛使用,有的还将其作为常规营养品,但目前的研究、报道以动物实验居多,人体研究较少,涉及到的运动项目也很少。另外,关于不同的补充方法的效果比较和探索较少,如与糖、蛋白质等的组合应用等<sup>[2,9-10]</sup>。我们需要加强运动实践中的研究和总结,使其在运动领域发挥更大和最佳的作用。

### [参考文献]

- [1] 张伟国,郭燕凤.支链氨基酸生物合成及其代谢工程育种研究进展[J].食品与生物技术学报,2014,33(2):120-126.
- [2] 夏志,刘艳,夏贵霞,等.支链氨基酸与运动的关系[J].首

- 都体育学院学报,2006,18(2):125-128.
- [3] Davis JM, Welsh RS, et al. Effects of branched-chain amino acids and carbohydrate on fatigue during intermittent, high-intensity running[J]. *Int Journal Sports Med*, 1999, 20(5): 309-314.
- [4] 王一民,由文华,熊正英.支链氨基酸对耐力训练大鼠某些生化指标的影响[J].*陕西师范大学学报(自然科学版)*, 2013,41(6):93-97.
- [5] 金宏,高兰兴,许志勤,等.支链氨基酸对运动大鼠氨基酸代谢和运动能力的影响[J].*氨基酸和生物资源*,1999, 21(3):1-4.
- [6] 金宏,许志勤,王先远,等.支链氨基酸提高大鼠游泳耐力作用探讨[J].*营养学报*,2001,23(1):48-51.
- [7] 林静.疲劳产生机理及支链氨基酸对脑内 5-HT 影响的实验研究[J].*中国应用生理学杂志*,2000,16(4):357.
- [8] 杨华,葛新发.补充 BCAA 对长时大强度训练后运动员血象的影响[J].*武汉体育学院学报*,2000,34(4):35-38.
- [9] 邱卓君,季健民,黄园,等.补充支链氨基酸对运动大鼠脑及血小板 5-HT<sub>2A</sub> 受体与螺环哌丁苯结合影响的研究[J].*中国运动医学杂志*,2003,22(5):449-452.
- [10] 邱卓君,黄园,卢汉平,等.补充支链氨基酸对划船运动员血液某些氨基酸浓度及血小板 5-HT<sub>2A</sub> 受体与螺环哌丁苯结合的影响[J].*中国运动医学杂志*,2005,24(6): 655-658.
- [11] 刘建红,周志宏,欧明毫,等.补充 BCAA 对划船运动员血激素的影响[J].*解放军体育学院学报*,2003,22(4):15-17.
- [12] 刘建红,周志宏,欧明毫,等.支链氨基酸对划船运动员耐力运动后肌肉损伤的保护作用[J].*中国临床康复*, 2003,7(24):3402-3403.
- [13] 刘桂华,师春生,贾冰怀,等.“副油箱”运动营养制剂对提高运动能力的研究——提高运动员运动能力[J].*北京体育学院学报*,1992,15(4):35-42.
- [14] 赖柳明,陆一帆,孔兆伟,等.力量对抗性项目运动员口服支链氨基酸效果观察[J].*北京体育大学学报*,1994, 17(3):31-35.
- [15] 季健民,邱卓君.补充支链氨基酸对运动员身体某些激素反应的影响[J].*湖北体育科技*,2011,30(3):314-315.
- [16] 赵稳兴,王先远,许志勤,等.运动小鼠心肌和骨骼肌对支链氨基酸的摄取及其对蛋白质合成的作用[J].*中国应用生理学杂志*,1999,15(2):127-130.
- [17] 史仍飞,袁海平.支链氨基酸代谢与运动[J].*上海体育学院学报*,2003,27(5):65-67.
- [18] 许志勤,孙咏梅,金宏,等.支链氨基酸对运动大鼠和小鼠蛋白质代谢的影响[J].*营养学报*,2001,23(2):102-105.
- [19] 赵稳兴,高兰兴,王先远,等.支链氨基酸对运动大鼠心肌能源物质代谢的影响[J].*营养学报*,1998,23(3):266-270.
- [20] 刘建红,周志宏,黄金丽,等.补充支链氨基酸对划船运动员不同负荷运动后血丙氨酸,葡萄糖及乳酸的影响[J].*中国运动医学杂志*,2005,24(2):132-136.
- [21] 贺洪,刘建红,黄金丽,等.运动中补充支链氨基酸对肌肉代谢的影响[J].*中国运动医学杂志*,2004,23(4):461-463.
- [22] 柏友萍.补充支链氨基酸对肌肉组织作用的研究进展[J].*北京体育大学学报*,2007,30(11):1524-1525.
- [23] 金宏,高兰兴,许志勤,等.支链氨基酸对运动大鼠骨骼肌线粒体功能的影响[J].*中国运动医学杂志*,2001, 20(4):432-434.

(责任编辑、校对: 孙海祥)