

β -羟基- β -丁酸甲酯调控肌肉代谢的研究进展

乔璇^{1,2} 张海军^{2*} 齐广海² 武书庚² 冯定远¹ 左建军¹

(1. 华南农业大学动物科学学院, 广州 510642; 2. 中国农业科学院饲料研究所, 北京 100081)

摘要: β -羟基- β -丁酸甲酯(HMB)是亮氨酸的代谢中间产物,可调控肌肉蛋白质合成和分解代谢,并能维持细胞膜的完整性。本文在简述 HMB 生成与代谢途径的基础上,概述 HMB 调控肌肉代谢的效果,并重点分析 HMB 发挥作用的可能机制,同时对 HMB 作为添加剂的安全性进行评述,以期 HMB 在营养调控中的应用提供理论依据。

关键词: β -羟基- β -丁酸甲酯;肌肉代谢;蛋白质代谢

中图分类号: S811.2

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2011)12-2064-07

肌肉中 30% 以上的蛋白质由支链氨基酸(BCAA)组成,BCAA 与骨骼肌的氧化供能和蛋白质周转密切相关。BCAA 中最重要的是亮氨酸,亮氨酸是骨骼肌与心肌中唯一可调节蛋白质周转的氨基酸,它可以调节葡萄糖平衡、维持胰岛素功能、促进肌肉合成、预防蛋白质降解和肌肉丢失以及加速运动后的恢复等。亮氨酸发挥上述生理功能的核心物质为其代谢中间产物 β -羟基- β -丁酸甲酯(HMB)^[1]。目前已知 HMB 具有促进运动、缓解肌肉损伤的作用,并且具有改善畜禽生长和调节免疫等功效。随着国民生活水平的提高,对动物性蛋白质的消费不断增多,合理利用 HMB 调节肌肉代谢、增加畜禽肉品产量,是满足国民对肉制品需求日益增长的一条出路。明确 HMB 对肌肉代谢的调控效果及其作用机制,对促进其在畜牧生产中的应用具有积极的推动作用。本文拟首先对 HMB 在体内的生成与代谢途径和调节肌肉代谢的效果进行简要阐述,然后着重从蛋白质周转方面分析 HMB 调控肌肉代谢的可能机制,最后对 HMB 作为添加剂的安全性给予说明,以期 HMB 在营养调控中的应用提供理论基础。

1 HMB 的生成与代谢

HMB 是亮氨酸的代谢中间产物,亮氨酸在肝外组织首先在 BCAA 转移酶作用下生成 α -酮异己酸(KIC),然后 KIC 进入 2 种代谢途径。KIC 主要由 2 种酶催化:一种是存在于细胞质中的 KIC 二氧化碳酶;另一种是存在于线粒体中的 KIC 脱氢酶^[2]。这 2 种酶的作用形式不同,达到相同反应常数所需的底物浓度前者是后者的 20 倍^[3]。由于线粒体中催化 KIC 的酶活性远远高于细胞质中,因此 KIC 代谢的主要途径是在线粒体中氧化生成异戊酰-辅酶 A(CoA),最后通过 β -羟甲基戊二酸单酰-CoA(HMG-CoA)合成酶生成 HMG-CoA,参与细胞膜胆固醇的合成。KIC 代谢的次要途径是在细胞质中由 KIC 二氧化碳酶合成 HMB^[4]。在正常情况下,大部分 KIC 被转化成异戊酰-CoA,只有一小部分 KIC(约合 5% 的亮氨酸)能代谢生成 HMB^[5]。机体摄入的 HMB 有 2 条去路:1) 直接通过尿液排出体外。人、羊及猪摄入的 HMB 有 10% ~ 40% 是通过尿液直接排出体外的。与许多水溶性维生素的代谢相似,尿液中 HMB 浓度与血浆中 HMB 浓度成正比。2) 经催化生成 HMB-CoA,再酯化成 HMG-CoA,最终合成胆固

收稿日期: 2011-06-29

基金项目: 北京市自然科学基金(6102022); 动物营养学国家重点实验室开放课题; 家禽产业技术体系北京市创新团队项目

作者简介: 乔璇(1987—), 女, 北京人, 硕士研究生, 从事家禽肉质调控的研究。E-mail: 13810363534@139.com

* 通讯作者: 张海军, 副研究员, 硕士生导师, E-mail: fowlfeed@163.com

运动领域,其所发挥的作用与在动物中相似。Nissen 等^[1]将 41 名男性分为 3 组,3 周内连续补充 0、1.5、3.0 g/d 的 HMB,结果表明,在抗阻力训练的同时补充 HMB 可显著增加肌肉体积和力量。在耐力运动方面,HMB 的作用效果与训练持续时间有关。在短期耐力训练时,HMB 未能影响肌肉蛋白质周转和肌肉力量^[16-17];而在长期耐力训练时,HMB 可降低肌肉蛋白质降解和肌肉损伤^[2],增加肌肉重量和力量^[16],从而有效改变能量负平衡状态下的机体组成。Flakoll 等^[17]认为,HMB 提高运动员身体素质的原因可能在于减少高强度训练时肌肉蛋白质的降解。

此外,HMB 还可减缓处于应激状态时的肌肉损伤^[18]。给卧床不起的病人服用 HMB,减少了其

肌肉萎缩^[19]。临床试验表明,HMB对一些代谢病(如艾滋病^[20]、恶性肿瘤^[21])造成的肌肉损伤有改善作用,可降低肌肉减少症的发生,延缓老年人肌肉力量的下降^[22]。

3 HMB 发挥作用的可能机制

肌肉肥大可表现为蛋白质合成代谢的增加或分解代谢的减少。在许多生理和病理条件下, HMB 改变蛋白质水平的主要途径是调控蛋白质降解过程而不是蛋白质合成过程。本文将主要从蛋白质合成和降解这 2 个方面分析 HMB 调控肌肉代谢的可能机制(图 2),并简述 HMB 维护细胞膜完整性的作用途径。

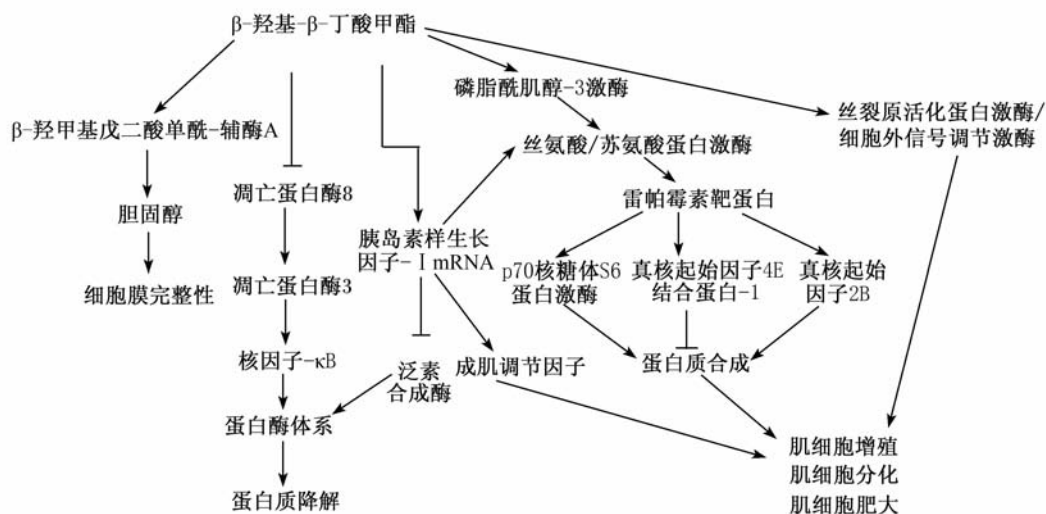


图 2 HMB 调控肌肉代谢的可能机制

Fig. 2 Possible mechanisms of HMB action on muscle metabolism

3.1 促进肌肉蛋白质合成

胰岛素样生长因子(IGFs)是调节肌卫星细胞增殖和分化的主要生长因子之一,其能促进骨骼肌的合成,促使肌纤维增大。HMB 可通过增加胰岛素样生长因子 - I (IGF- I, IGFs 的一种) mRNA 的表达促进蛋白质的合成。给小鼠连续 4 d 服用 320 mg/(kg · d) HMB 可显著提高肝脏 IGF- I mRNA 表达量和血清中 IGF- I 含量^[23]。成肌调节因子(MRFs)在成肌细胞的增殖和分化过程中起着正向调节作用。Kornasio 等^[24]研究表明,HMB 可促进 DNA 的合成,并可剂量依赖性地提高成肌分化抗原(MyoD, MRFs 的一种) mRNA

表达量。

此外,HMB 可通过调节骨骼肌雷帕霉素靶蛋白(mTOR)信号通路促进蛋白质合成。Bodine 等^[25]研究发现,IGF- I 引起的体外肌管肥大是通过启动磷脂酰肌醇-3 激酶/丝氨酸/苏氨酸蛋白激酶(PI-3K/Akt)通路,进而激活 mTOR 信号通路来实现的。Eley 等^[26]研究表明,HMB 通过引起 mTOR 磷酸化,增加了该通路关键因子真核起始因子 4E 结合蛋白-1(4EBP-1)和 p70 核糖体 S6 蛋白激酶(p70S6K)的磷酸化,提高了肌纤维蛋白质的合成;在体外培养的骨骼肌细胞(C2C12 细胞系)中添加 HMB 可显著促进蛋白质的合成,且合

成增加的幅度与 mTOR 磷酸化程度及 4EBP-1 和 p70S6K 底物蛋白质 mRNA 转录和翻译的增加程度呈正相关。桑丹等^[27]在研究过瘤胃保护性亮氨酸对绵羊骨骼肌 mTOR 的影响时也发现了类似的结果。

3.2 抑制肌肉蛋白质降解

HMB 具有抑制肌肉蛋白质降解的作用,该作用在异化代谢或应激状态时尤为明显,其作用途径与蛋白酶体系有关。Ostaszewski 等^[28]在比较亮氨酸和 HMB 对离体培养的大鼠和肉鸡骨骼肌蛋白质的周转作用时发现,HMB 在促进蛋白质合成方面作用甚微,但可显著降低蛋白质降解。随后有研究表明,HMB 通过增强泛素/蛋白酶体系的基因表达,降低蛋白质水解诱导因子的活化,从而抑制蛋白质的降解^[29]。另有研究表明,HMB 抑制癌症衰弱期病人^[30]和败血病小鼠^[31]肌肉蛋白质的降解均是通过降低蛋白酶体系的催化活性来实现的。

此外,体外研究表明,HMB 可通过抑制凋亡蛋白信号通路来降低肌肉蛋白质的降解。HMB 可减弱由肿瘤坏死因子- α (TNF- α) 和血管紧张素 II (ANG II) 介导的鼠类肌管蛋白质降解,抑制由脂多糖引起的蛋白质降解,这与 HMB 抑制凋亡蛋白酶 3 和 8 信号通路的激活有关^[32]。凋亡蛋白酶 3 和 8 活化后可使蛋白酶 R (PKR) 自磷酸化,进而激活 p38 丝裂原活化蛋白激酶 (p38 MAPK),增加活性氧 (ROS) 的形成;ROS 的增加可以激活核因子- κ B (NF- κ B),通过泛素-蛋白酶通路引起蛋白质降解;而 HMB 能够衰减此过程,进而抑制肌肉蛋白质降解^[33]。人的肌卫星细胞培养试验表明,HMB 可通过激活丝裂原活化蛋白激酶/细胞外信号调节激酶 (MAPK/ERK) 和 PI-3K/Akt 通路促进肌卫星细胞增殖、分化及融合,减少由星形孢菌素诱导的成肌细胞凋亡,表现为致密细胞核数量减少,抗凋亡蛋白 Bcl-2 和 Bcl-X 水平提高,促凋亡蛋白 Bax 水平下降^[34]。以上研究结果提示,HMB 可能在促进肌肉的再生和降低肌肉的消耗方面发挥重要作用。

3.3 维护细胞膜完整性

除了调控肌肉蛋白质合成和分解代谢外,HMB 还可作为细胞膜或者细胞结构的组成成分,这也是其维持肌肉功能的原因之一。当组织处于应激状态,如细胞快速生长和细胞膜修复时,胆固

醇需要量增加,HMB 可生成大量的 HMG-CoA 来满足胆固醇合成的需要,减少细胞损伤,加快应激状态下细胞膜的修复,从而减少细胞蛋白质的释放。

4 HMB 的应用安全性

安全性是添加剂应用的前提条件,国内外学者开展了大量关于 HMB 安全性的研究。Baxter^[35]给小鼠饲喂分别含有 1%、2% 和 5% Ca^{2+} -HMB 的饲料 90 d,没有发现任何毒副作用。动物连续 16 周摄入 8~5 000 mg/(kg·d) HMB,未见不良影响^[36-38]。人的临床安全性和耐受性试验也表明 HMB 是安全的。研究表明,人每天服用 3~6 g HMB 均未见潜在的副作用^[3, 36, 39-40]。Nissen 等^[41]用 9 个试验研究了 HMB 对健康人群的安全性,发现健康成人持续服用 HMB 3 g/d 3~8 周无任何不良反应,认为 HMB 可作为运动员的激动剂或正常人群的健康促进剂。Rathmacher 等^[42]研究表明,罹患肌肉萎缩的艾滋病或癌症病人每天服用 3 g HMB 是安全的,并能改善某些血液指标。Gallagher 等^[39]研究了阻力训练和未训练人群连续 8 周服用 6 g/d HMB 的安全性,结果 2 组人群均未发现肝、肾功能,脂类代谢和免疫反应发生异常变化,同时还发现 HMB 能够加速外伤修复。由上述结果可知,HMB 是安全的,并且具有改善机体健康状况的潜力。

5 小 结

HMB 对肌肉代谢的调控引起了运动、医学和畜牧领域的广泛关注。运动员在阻力训练后服用 HMB 可加速肌肉的修复,代谢病病人服用 HMB 能减少肌肉的损伤,动物生产中应用 HMB 可提高生长性能、增加瘦肉含量。HMB 发挥作用的可能机制与调节蛋白质周转和维护细胞膜完整性有关。运动医学领域以降低肌肉蛋白质降解为目的进行的研究揭示出,HMB 的作用效果与训练经历和代谢状态有关。今后在探索 HMB 的作用机制时,应充分考虑以上影响因素,客观评估效果,建立在不同代谢状态或生理条件下 HMB 影响肌肉代谢的敏感指标,利用这些指标更好地指导 HMB 营养调控研究。

参考文献:

[1] NISSEN S, SHARP R, RAY M, et al. Effect of leu-

- cine metabolite β -hydroxy- β -methylbutyrate on muscle metabolism during resistance-exercise training[J]. *Journal of Applied Physiology*, 1996, 81(5):2095 – 2104.
- [2] VAN KOEVERING M, NISSEN S. Oxidation of leucine and α -ketoisocaproate to β -hydroxy- β -methylbutyrate *in vivo*[J]. *American Journal of Physiology: Endocrinology and Metabolism*, 1992, 262(1): E27 – E31.
- [3] NISSEN S L, ABUMRAD N N. Nutritional role of the leucine metabolite β -hydroxy- β -methylbutyrate (HMB) [J]. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 1997, 8(6):300 – 311.
- [4] SABOURIN P J, BIEBER L L. Formation of β -hydroxyisovalerate by an α -ketoisocaproate oxygenase in human liver[J]. *Metabolism: Clinical and Experimental*, 1983, 32(2):160 – 164.
- [5] WILSON G J, WILSON J M, MANNINEN A H. Effects of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) on exercise performance and body composition across varying levels of age, sex, and training experience: a review[J]. *Nutrition and Metabolism*, 2008, 5(1): 1 – 17.
- [6] ZANCHI N, GERLINGER-ROMERO F, GUIMARÃES-FERREIRA L, et al. HMB supplementation: clinical and athletic performance-related effects and mechanisms of action[J]. *Amino Acids*, 2011, 40(4):1015 – 1025.
- [7] VUKOVICH M D, SLATER G, MACCHI M B, et al. β -hydroxy- β -methylbutyrate (HMB) kinetics and the influence of glucose ingestion in humans [J]. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 2001, 12:631 – 639.
- [8] OSTASZEWSKI P, KOZLOWSKA E, SIWICKI A K, et al. The immunomodulating activity of dietary β -hydroxy- β -methylbutyrate (HMB) in weanling pigs [J]. *Journal of Animal Science*, 1998, 76(Suppl. 1):136. (Abstr.)
- [9] KOVARIK M, MUTHNY T, SISPERA L, et al. Effects of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate treatment in different types of skeletal muscle of intact and septic rats [J]. *Journal of Physiology Biochemistry*, 2010, 66:311 – 319.
- [10] SOARES J M C, PÓVOAS S, NEUPARTH M J, et al. The effects of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) on muscle atrophy induced by immobilization [J]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2001, 33(5):140. (Abstr.)
- [11] MOORE D T, FERKET P R, MOZDZIAK P E. The effect of early nutrition on satellite cell dynamics in the young turkey [J]. *Poultry Science*, 2005, 84(5):748 – 756.
- [12] UNI Z, FERKET P R, TAKO E, et al. In ovo feeding improves energy status of late-term chicken embryos [J]. *Poultry Science*, 2005, 84(5):764 – 770.
- [13] KORNASIO R, HALEVY O, KEDAR O, et al. Effect of in ovo feeding and its interaction with timing of first feed on glycogen reserves, muscle growth, and body weight [J]. *Poultry Science*, 2011, 90: 1467 – 1477.
- [14] FOYE O T, FERKET P R, UNI Z. The effects of in ovo feeding arginine, beta-hydroxy-beta-methylbutyrate, and protein on jejunal digestive and absorptive activity in embryonic and neonatal turkey poults [J]. *Poultry Science*, 2007, 86:2343 – 2349.
- [15] FOYE O T, UNI Z, FERKET P R. Effect of in ovo feeding egg white protein, β -hydroxy- β -methylbutyrate, and carbohydrates on glycogen status and neonatal growth of turkeys [J]. *Poultry Science*, 2006, 85:1185 – 1192.
- [16] SLATER G J, JENKINS D. β -hydroxy- β -methylbutyrate (HMB) supplementation and the promotion of muscle growth and strength [J]. *Sports Medicine*, 2000, 30(2):105 – 116.
- [17] FLAKOLL P, SHARP R, BAIER S, et al. Effect of β -hydroxy- β -methylbutyrate, arginine, and lysine supplementation on strength, functionality, body composition, and protein metabolism in elderly women [J]. *Nutrition*, 2004, 20(5):445 – 451.
- [18] JÓWKO E, OSTASZEWSKI P, JANK M, et al. Creatine and β -hydroxy- β -methylbutyrate (HMB) additively increase lean body mass and muscle strength during a weight-training program [J]. *Nutrition*, 2001, 17(7):558 – 566.
- [19] VUKOVICH M D, NANCY B, STUBBS N B, et al. Body composition in 70-year-old adults responds to dietary β -hydroxy- β -methylbutyrate similarly to that of young adults [J]. *The Journal of Nutrition*, 2001, 131:2049 – 2052.
- [20] CLARK R H, FELEKE G, DIN M, et al. Nutritional treatment for acquired immunodeficiency virus-associated wasting using β -hydroxy- β -methylbutyrate, glutamine, and arginine: a randomized, double-blind, placebo-controlled study [J]. *Journal of Par-*

- enteral and Enteral Nutrition, 2000, 224(3):133 – 139.
- [21] MAY P E, BARBER A, D'OLIMPIO J T, et al. Reversal of cancer-related wasting using oral supplementation with a combination of β-hydroxy-β-methylbutyrate, arginine, and glutamine [J]. American Journal of Surgery, 2002, 183(4):471 – 479.
- [22] BAXTER J H, MUKERJI P, VOSS A C, et al. Attenuating protein degradation and enhancing protein synthesis in skeletal muscle in stressed animal model systems[J]. Medicine and Science in Sports and Exercise, 2006, 38:S550 – S551.
- [23] GERLINGER-ROMERO F, GUIMARÃES-FERREIRA L, GIANNOCCO G, et al. Chronic supplementation of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) increases the activity of the GH/IGF- I axis and induces hyperinsulinemia in rats[J]. Growth Hormone and IGF Research, 2011, 21(2):57 – 62.
- [24] KORNASIO R, RIEDERER I, BUTLER-BROWNE G, et al. β-hydroxy-β-methylbutyrate (HMB) stimulates myogenic cell proliferation, differentiation and survival via the MAPK/ERK and PI3K/Akt pathways [J]. Biochimica et Biophysica Acta: Molecular Cell Research, 2009, 1793(5):755 – 763.
- [25] BODINE S C, STITT T N, GONZALEZ M, et al. Akt/mTOR pathway is a crucial regulator of skeletal muscle hypertrophy and can prevent muscle atrophy *in vivo*[J]. Nature Cell Biology, 2001, 3(11):1014 – 1019.
- [26] ELEY H L, RUSSELL S T, BAXTER J H, et al. Signaling pathways initiated by beta-hydroxy-beta-methylbutyrate to attenuate the depression of protein synthesis in skeletal muscle in response to cachectic stimuli[J]. American Journal of Physiology: Endocrinology and Metabolism, 2007, 293 (Suppl. 4): E923 – E931.
- [27] 桑丹,孙海洲,郭俊清,等. 过瘤胃保护性亮氨酸对绵羊骨骼肌哺乳动物雷帕霉素靶蛋白(mTOR)信号传导通路关键因子的影响[J]. 动物营养学报, 2011, 23(1):61 – 65.
- [28] OSTASZEWSKI P, KOSTIUK S, BAŁASIŃSKA B, et al. The leucine metabolite β-hydroxy-β-methylbutyrate (HMB) modifies protein turnover in muscles of laboratory rats and domestic chickens *in vitro*[J]. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 2000, 84(1/2):1 – 8.
- [29] SMITH H J, WYKE S M, TISDALE M J. Mechanism of the attenuation of proteolysis-inducing factor stimulated protein degradation in muscle by β-hydroxy-β-methylbutyrate[J]. Cancer Research, 2004, 64(23):8731 – 8735.
- [30] SMITH H J, MUKERJI P, TISDALE M J. Attenuation of proteasome-induced proteolysis in skeletal muscle by β-hydroxy-β-methylbutyrate in cancer-induced muscle loss[J]. Cancer Research, 2005, 65(1):277 – 283.
- [31] KOVARIK M, MUTHNY T, SISPERA L, et al. Effects of β-hydroxy-β-methylbutyrate treatment in different types of skeletal muscle of intact and septic rats[J]. Journal of Physiology and Biochemistry, 2010, 66(4):311 – 319.
- [32] ELEY H L, RUSSELL S T, TISDALE M J. Mechanism of attenuation of muscle protein degradation induced by tumor necrosis factor-α and angiotensin II by β-hydroxy-β-methylbutyrate[J]. American Journal of Physiology: Endocrinology and Metabolism, 2008, 295(6):E1417 – E1426.
- [33] RUSSELL S T, TISDALE M J. Mechanism of attenuation by beta-hydroxy-beta-methylbutyrate of muscle protein degradation induced by lipopolysaccharide [J]. Molecular and Cellular Biochemistry, 2009, 330(Suppl. 1/2):171 – 179.
- [34] KORNASIO R, RIEDERER I, BUTLER-BROWNE G, et al. Beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) stimulates myogenic cell proliferation, differentiation and survival via the MAPK/ERK and PI3K/Akt pathways [J]. Biochimica et Biophysica Acta, 2009, 1793(Suppl. 5):755 – 763.
- [35] BAXTER J H, CARLOS J L, THURMOND J, et al. Dietary toxicity of calcium beta-hydroxy-beta-methyl butyrate (CaHMB) [J]. Food and Chemical Toxicology, 2005, 43(12):1731 – 1741.
- [36] NISSEN S, PANTON L, FULLER J, Jr., et al. Effect of feeding β-hydroxy-β-methylbutyrate (HMB) on body composition and strength of women [J]. FASEB Journal, 1997, 11(3):A150. (Abstr.)
- [37] FIOROTTO M L, SCHWARTZ R J, DELAUGHTER M C. Persistent IGF- I overexpression in skeletal muscle transiently enhances DNA accretion and growth[J]. FASEB Journal, 2003, 17(1):59 – 60.
- [38] HOFFMAN J R, COOPER J, WENDELL M, et al. Effects of β-hydroxy-β-methylbutyrate on power performance and indices of muscle damage and stress

- during high-intensity training[J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2004, 18(4):747–752.
- [39] GALLAGHER P M, CARRITHERS J A, GODARD M P, et al. β -hydroxy- β -methylbutyrate ingestion. Part II: effects on hematology, hepatic and renal function[J]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2000, 32(12):2116–2119.
- [40] DOHM G L. Protein nutrition for the athlete[J]. *Clinics in Sports Medicine*, 1984, 3(3):595–604.
- [41] NISSEN S, SHARP R L, PANTON L, et al. β -hydroxy- β -methylbutyrate (HMB) supplementation in humans is safe and may decrease cardiovascular risk factors[J]. *The Journal of Nutrition*, 2000, 130(8):1937–1945.
- [42] RATHMACHER J A, NISSEN S, PANTON L, et al. Supplementation with a combination of β -hydroxy- β -methylbutyrate (HMB), arginine, and glutamine is safe and could improve hematological parameters[J]. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 2004, 8:65–75.

Recent Advances in β -Hydroxy- β -Methylbutyrate Regulating Muscle Metabolism

QIAO Xuan^{1,2} ZHANG Haijun^{2*} QI Guanghai² WU Shugeng² FENG Dingyuan¹ ZUO Jianjun¹

(1. *College of Animal Science, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;*

2. *Institute of Feed Research, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China*)

Abstract: β -hydroxy- β -methylbutyrate (HMB), metabolite of leucine, has the potential of regulating muscle protein synthesis and catabolism, and keeping the plasmalemmal integrality. The contents of this review is to describe the formation and metabolism pathway of HMB, to summarize the effects of HMB on muscle metabolism, to provide an analysis of possible mechanisms that HMB may exert its effects, and to analyze the safety of HMB as an additive. This paper aims to provide a theoretical basis for the application of HMB in nutrition regulation. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2011, 23(12):2064-2070]

Key words: HMB; muscle metabolism; protein metabolism