

蛋白质类运动营养食品的研究现状及其对运动员的影响

韩 旭, 孟佳珩*

(黑龙江中医药大学体育教研部, 哈尔滨 150040)

摘 要: 体育运动是国家综合国力的重要体现, 体育运动员的身体素质及营养需求也得到了越来越多的关注。运动营养食品能够及时补充运动员对特定营养成分的需求, 是改善运动员自身体质的重要组成部分, 对体育运动也有重大意义。蛋白质类运动营养食品为提高运动员训练及比赛成绩带来了诸多积极影响。本研究介绍了蛋白质及其代谢产物多肽和氨基酸类运动营养食品的研究现状, 以及联合补充蛋白质和糖类对运动效果的影响。为蛋白质类运动营养食品的研发与应用提供了重要参考。

关键词: 蛋白质; 运动营养食品; 运动员

Research status of protein sports nutrition food and its influence on athletes

HAN Xu, MENG Jia-Heng*

(Heilongjiang University of Traditional Chinese Medicine Physical Education Department, Harbin 150040, China)

ABSTRACT: Sports is an important embodiment of national comprehensive national strength. More and more attention has been paid to the physical quality and nutritional needs of athletes. Sports nutrition food can timely supplement the needs of athletes for specific nutrients, which is an important part of improving athletes' physical fitness, and it also has great significance for sports. Protein sports nutrition food has brought a lot of positive effects for improving athletes' training and competition results. This paper introduced the research status of protein and its metabolite polypeptide and amino acid sports nutrition food, and introduced the effect of protein and sugar supplement on sports effect, so as to provide an important reference for the research and application of protein sports nutrition food.

KEY WORDS: protein; sports nutrition food; athletes

1 引 言

随着人民生活水平的不断提高, 运动营养食品越来越为人们所关注, 市场对运动营养食品的需求也越来越高。运动营养食品主要是为了保证运动员的正常生理代谢, 满足机体在运动过程中对特定营养成分的需求^[1]。运动营养食品可以迅速改善运动员自身的体质, 及时补充机体所

需的营养, 为运动员的训练提供能量, 改善运动员身体疲劳的状况。运动过程加速了运动员机体营养成分的代谢消耗, 使机体组织器官产生应激改变或运动损伤, 因此运动增加了机体对某些营养成分的需求, 但常规膳食可能无法及时满足运动员的机体需求^[2,3]。因此, 研发运动营养食品具有巨大的市场潜力和经济效益。运动营养食品有利于提高运动员的营养水平, 促进国民体质的整体提高, 推动我

*通讯作者: 孟佳珩, 副教授, 主要研究方向为运动生理学、运动养生。E-mail: z18906@163.com

*Corresponding author: MENG Jia-Heng, Associate Professor, Heilongjiang University of traditional Chinese Medicine, Harbin 150040, China. E-mail: z18906@163.com

国从体育大国向体育强国的转变,为我国的体育发展提供支撑^[4]。

本文从运动营养食品的定义和分类出发,分析了运动过程中机体的耗能特点以及不同运动类型的运动员对运动营养食品的选择,总结了蛋白质类运动营养食品的作用与功能,介绍了多肽及氨基酸类运动营养食品的研究现状,以及联合补充蛋白质和多糖对运动效果的影响,以期对蛋白质类运动营养食品的研发提供一定的参考。

2 运动营养食品

运动营养食品是指为满足运动人群的生理代谢状态、运动能力及对某些营养成分的特殊需要而专门加工的食品。以运动营养食品的主要成分为依据,可将其分为动植物功能因子类运动营养食品和营养物质补充类运动营养食品。前者以提高运动能力为主要目的,具有潜在改善运动能力的活性成分;后者以补充为目的,具体成分包括机体所需的营养素及其代谢产物等^[5]。

当运动员进行持续长时间的耐力性运动时,机体消耗的营养较多。脂肪是机体主要的供能物质,但是脂肪供能有一定的局限,即脂肪能氧化供能,不能转化为葡萄糖维持血糖水平,只能由氨基酸转换葡萄糖维持正常的血糖水平^[6]。因而在耐力性运动中,蛋白质发挥着举足轻重的作用,研究显示,在进行耐力性运动时,由蛋白质提供的能量应占总能量的 12%~14%^[7]。力量性运动区别于耐力性运动,前者对肌肉力量和爆发力的要求较高,因而机体能量消耗较大。运动员需要摄入较多优质蛋白质来满足机体需求,其摄入量不应该低于总蛋白摄入量的 1/3^[8,9]。运动员了解各类运动对能量的不同需求,有助于运动员选择适当的运动营养食品,从而提高训练和比赛的成绩。

3 蛋白质类运动营养食品

蛋白质类运动营养食品是营养物质补充类运动营养食品中的一大类,是增肌的主力产品。在运动中,蛋白质不仅参与了供能,还与由运动引起的骨骼肌损伤性修复和组织适应性增生有关。研究表明,机体运动后补充蛋白质可以增加机体肌肉蛋白质的合成速度,有利于增强骨骼肌对运动的适应性,促进骨骼肌功能的恢复^[10-12]。

乳清蛋白是目前市场常见的蛋白质类运动营养食品。乳清蛋白富含亮氨酸等支链氨基酸以及其他必需氨基酸、免疫球蛋白和功能性肽等,它具有增强机体免疫力、促进骨骼肌蛋白合成、减少肌肉酸痛和加快运动性损伤的修复,以及加速训练后体能恢复的功效,是一种理想的蛋白质类运动营养食品^[13-15]。冯晓慧等^[16]的研究证实,运动员在训练期间适当补充乳清蛋白可以显著改善运动员的运动能力,加速修复疲劳。有研究表明,补充

蛋白质的效果与补充时段有一定关系,运动后补充蛋白质对机体肌肉合成代谢有明显的正向作用,有助于恢复肌肉功能^[11],运动前和运动中补充蛋白质对机体运动能力的改善无显著影响^[6,13]。

3.1 多肽及氨基酸类运动营养食品

在关于蛋白质类运动营养食品的研究中,国内外学者研究最多的是蛋白质代谢产物多肽以及氨基酸。蛋白质是人体重要的营养物质,机体对蛋白质的营养需求主要包括氨基和多肽 2 个方面。较高的氨基酸水平有利于增加机体的肌肉蛋白合成。多肽易被机体的运载体 PepT1 吸收,有利于机体的利用^[17]。机体内骨骼肌蛋白质的合成,需要雷帕霉素复合物 1(mTORC1)作为信号传导,运动和摄取适量氨基酸,有利于激活 mTORC1 的信号传导,刺激骨骼肌蛋白质合成^[18]。研究发现,运动以及摄入蛋白质,有利于机体的肌肉蛋白质的合成,渐进式阻力训练或力量训练有利于肌肉尺寸和力量的增加^[19]。

多肽没有蛋白质的空间结构,易被机体消化吸收。运动员在运动后,消化系统还未恢复到运动前的水平,此时补充多肽及氨基酸,可加快机体的吸收利用,有利于相关组织器官的快速修复,有利于增肌性合成代谢,因而对消除运动员的运动后疲劳以及促进体能恢复起到重要作用^[20]。Morato 等^[21]在研究时发现,富含异亮氨酸和 L-亮氨酸-L-异亮氨酸二肽的乳清蛋白水解产物有助于促进胞外葡萄糖转运进入肌细胞,从而促进葡萄糖的氧化供能或肌糖原合成。有研究表明^[22,23],运动员在运动的过程中,机体内需要支链氨基酸进行氧化供能的量约占氨基酸提供的能量的 60%,因而及时补充支链氨基酸能为长时间、大强度运动的有氧代谢提供物质基础,这些能量可用于修复和重建受损的肌肉细胞,有利于改善机体的氮储留,使运动员能够保持充沛的体力和良好的竞技状态。补充亮氨酸可以提高机体运动后骨骼肌的肌原纤维蛋白合成速率,亮氨酸可能对乳清蛋白的增肌作用起重要作用^[24-26]。王一民等^[27]研究大鼠有氧训练时发现,对大鼠进行支链氨基酸补充可显著提高大鼠的血糖和肌糖原水平,并延长力竭运动的时间。

肌肽是由 β -丙氨酸和 L-组氨酸组成的二肽,具有抗氧化等作用^[28]。 β -丙氨酸可以提高机体的肌肽含量,减轻机体疲劳感、促进机体的运动后恢复以及增加肌肉力量和运动能力^[29]。但 β -丙氨酸只在感官指标和生化指标的层面上对运动肌肉疲劳有改善作用,在运动成绩方面效果不太明显^[30]。 β -羟基- β -甲基丁酸是亮氨酸在体内的代谢产物,补充后可增强骨骼肌蛋白质的合成,改善运动后的肌肉酸痛以及减少运动引起的肌肉损伤^[31]。有研究显示^[32], β -羟基- β -甲基丁酸的增肌作用与年龄和运动强度相关,对于运动强度不太大的老年人则效果不明显。

谷氨酰胺肽是机体内重要的调节因子,可有效调节机体肌肉组织中的血氨含量、缓冲乳酸,缓解其对机体造成的不利影响。谷氨酰胺肽可作为原料物被人体免疫组织利用。此外,谷氨酰胺肽还可充分调节肌细胞内蛋白质的合成、分解,缓解了训练中的肌肉损伤^[33,34]。通常条件下,从食物中获取的谷氨酰胺肽即可满足机体需求,但在运动中,机体需要外界不断提供给谷氨酰胺肽,才能维持正常的生理状态。机体运动时,全身脏器的代谢随之加快,各大脏器均于血液中直接摄取谷氨酰胺肽,致使其在血液中的浓度降低,肌肉组织中提前储存的谷氨酰胺肽便会起补充作用,以确保各组织脏器中的谷氨酰胺肽含量处于平衡状态^[35]。有研究表明,运动员补充谷氨酰胺肽可以减轻应激状态下的肠粘膜结构损伤,以及改善肠粘膜屏障功能^[36]。

此外,其他多肽对运动能力的提高也有一定作用。花生多肽具有抗氧化、增强免疫力和降血压作用^[37-39]。牛磺酸有利于促进肌肉的快速增长,其发挥生理作用的方式与胰岛素类似,能够抑制肌蛋白分解,对维护细胞膜结构的稳定及防止细胞膜脂质过氧化反应有较大作用^[40]。另有研究表明^[41-45],大豆寡肽、鹿茸多肽、玉米肽、海参肽、霞水母胶原蛋白活性肽以及寡肽胶原均具有抗疲劳的作用。

3.2 联合补充蛋白质与多糖对运动的影响

肌糖原可迅速为肌肉收缩提供能量,运动员长时间、高强度的运动会大量消耗肌糖原,进而影响运动员的运动能力。肌糖原快速合成对运动员的运动后恢复十分重要。联合补充糖与蛋白质可有效促进肌糖原的合成。肌糖原的合成途径较为复杂,首先肌细胞从血液中摄取葡萄糖,在己糖激酶的催化下转化为 6-磷酸葡萄糖,然后在磷酸葡萄糖变位酶的作用下转化为 1-磷酸葡萄糖,之后再转化为尿苷二磷酸葡萄糖,最后在糖原合成酶及分支酶的催化下合成肌糖原。补充糖和蛋白质的速度制约着肌糖原合成的效果。其机制可能与胰岛素水平升高进而促进葡萄糖转运,以及糖原合成酶活性的增强有关^[46]。

Zawadzki 等^[47]的研究结果表明,当补充糖和蛋白质的混合物时,受试者肌糖原的合成速率明显高于单独补充糖或蛋白质。另外有学者的研究也证实了机体运动后蛋白质的补充可提高肌糖原的合成速率^[48]。Berardi 等^[49]的研究发现,同时补充蛋白质和糖时的肌糖原合成速率,显著高于单独补充糖时的合成速率。阮定国^[50]在研究低聚糖和乳清蛋白多肽的补充对肌糖原利用及合成的影响时发现,联合补充低聚糖和乳清蛋白多肽混合饮料的大鼠,运动过程中消耗的肌糖原较少,并在运动后更快的恢复了肌糖原的储备。另有研究发现^[51-53],运动后联合补充糖和乳清蛋白可显著提升肌肉蛋白的合成率及维持机体总蛋白的平衡。

4 展 望

值得注意的是,蛋白质难以完全溶于水中,以饮料的形式开发的蛋白质类运动营养食品,口感稍差,甚至会影响机体对蛋白质的吸收效果。若大量补充蛋白质,会影响胃的排空速度,从而影响机体对营养成分的消化吸收^[54-56]。因此,采用固体食物的方式补充蛋白质,或者以多肽或氨基酸的形式进行蛋白质补充,则是较为理想的方案。

参考文献

- [1] 黄一迪,王珊,胡奥森. 运动营养食品的现状与未来发展策略[J]. 体育世界(学术版), 2019, (2): 167, 169.
Huang YD, Wang S, Hu AS. Current situation and future development strategy of sports nutrition food [J]. Sports world (Acad Ed), 2019, (2): 167, 169.
- [2] 马艳,席本玉,喻龙. 运动膳食营养的研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(14): 4603-4607.
Ma Y, Xi BY, Yu L. Research progress of sports diet nutrition [J]. J Food Saf Qual, 2019, 10(14): 4603-4607.
- [3] 孟佳珩,侯建鹏. 运动营养食品及其功能性成分研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(15): 5001-5006.
Meng JH, Hou JP. Research progress of sports nutrition food and its functional components [J]. J Food Saf Qual, 2019, 10(15): 5001-5006.
- [4] 袁林. 运动营养食品现状与未来发展趋势[J]. 食品安全导刊, 2018, (36): 43.
Yuan L. current situation and future development trend of sports nutrition food [J]. Chin Food Saf Magaz, 2018, (36): 43.
- [5] 曹立全. 运动营养食品对国民体质及健康的影响[J]. 现代食品, 2019, (13): 100-101, 113.
Cao LQ. The influence of sports nutrition food on national physique and health [J]. Mod Food, 2019, (13): 100-101, 113.
- [6] Mclellan TM, Pasiakos SM, Lieberman HR. Effects of protein in combination with carbohydrate supplements on acute or repeat endurance exercise performance: A systematic review [J]. Sports Med, 2014, 44(4): 535-550.
- [7] 艾华. 当前运动营养研究评述[J]. 中国运动医学杂志, 2010, (3): 228.
Ai H. Review of current sports nutrition research [J]. Chin J Sports Med, 2010, (3): 228.
- [8] 谢国超. 从生物化学角度分析运动员的营养需求[J]. 生物技术世界, 2014, (10): 185.
Xie GC. Analysis of nutritional needs of athletes from a biochemical perspective [J]. Biotechnol World, 2014, (10): 185.
- [9] 李莹,李进华. 运动、营养和免疫功能-宏量营养素和氨基酸[J]. 沈阳体育学院学报, 2013, 32(4): 82-86.
Li Y, Li JH. Exercise, nutrition and immune function-macronutrients and amino acids [J]. J Shenyang Instit Phys Educ, 2013, 32(4): 82-86.
- [10] Weng X. Food bar, good sports partner [J]. Track Field, 2007, (2): 41-42.
- [11] Pasiakos SM, Lieberman HR, Mclellan TM. Effects of protein supplements on muscle damage, soreness and recovery of muscle function and physical performance: A systematic review [J]. Sports Med, 2014, 44(5): 655-670.
- [12] Chen WC, Huang WC, Chiu CC, et al. Whey protein improves exercise

- performance and biochemical profiles in trained mice [J]. *Med Sci Sports Exp*, 2014, 46(8): 1517–1524.
- [13] Vanloon LJ. Is there a need for protein ingestion during exercise? [J]. *Sports Med*, 2014, 44: 105–111.
- [14] Farup J, Rahbek SK, Vendelbo MH, *et al.* Whey protein hydrolysate augments tendon and muscle hypertrophy independent of resistance exercise contraction mode [J]. *Scand J Med Sci Sports*, 2014, 24(5): 788–798.
- [15] Hall WL, Millward DJ, Long SJ, *et al.* Casein and whey exert different effects on plasma amino acid profiles, gastrointestinal hormone secretion and appetite [J]. *Brit J Nutr*, 2003, 89(2): 239–248.
- [16] 冯晓慧, 蔡东联. 乳清蛋白在临床营养中的应用[J]. *氨基酸和生物资源*, 2010, 32(2): 55–58, 62.
- Feng XH, Cai DL. The application of whey protein in clinical nutrition [J]. *Amino Acid Biotic Resour*, 2010, 32(2): 55–58, 62.
- [17] 庞广昌, 陈庆森, 胡志和, 等. 蛋白质的消化吸收及其功能评述[J]. *食品科学*, 2013, 34(9): 375–391.
- Pang GC, Chen QS, Hu ZH, *et al.* Review of protein digestion and absorption and its function [J]. *Food Sci*, 2013, 34 (9): 375–391.
- [18] Dickinson JM, Volpi E, Rasmussen BB. Exercise and nutrition to target protein synthesis impairments in aging skeletal muscle [J]. *Exercise Sport Sci Rev*, 2013, 41(4): 216–223.
- [19] Evans WJ. Protein nutrition, exercise and aging [J]. *J Am Coll Nutr*, 2004, 23(6): 601–609.
- [20] Patel S. Emerging trends in nutraceutical applications of whey protein and its derivatives [J]. *J Food Sci Technol-Mysore*, 2015, 52(11): 6847–6858.
- [21] Morato PN, Lollo P, Moura CS, *et al.* A dipeptide and an amino acid present in whey protein hydrolysate increase translocation of GLUT-4 to the plasma membrane in Wistar rats [J]. *Food Chem*, 2013, 139(1/4): 853–859.
- [22] Moura CS, Lollo PC, Morato PN, *et al.* Whey protein hydrolysate enhances HSP90 but does not alter HSP60 and HSP25 in skeletal muscle of rats [J]. *PLoS One*, 2014, 9(1): e83437.
- [23] Lollo PC, Amaya-Farfán J, Faria IC, *et al.* Hydrolysed whey protein reduces muscle damage markers in Brazilian elite soccer players compared with whey protein and maltodextrin: A twelve-week in-championship intervention [J]. *Int Dairy J*, 2014, 34(1): 19–24.
- [24] Anthony JC, Yoshizawa F, Anthony TG, *et al.* Leucine stimulates translation initiation in skeletal muscle of postabsorptive rats via a rapamycin-sensitive pathway [J]. *J Nutr*, 2000, 130(10): 2413–2419.
- [25] Churchward-Venne TA, Breen L, Di-Donato DM, *et al.* Leucine supplementation of a low-protein mixed macronutrient beverage enhances myofibrillar protein synthesis in young men: A double-blind, randomized trial [J]. *Am J Clin Nutr*, 2014, 99(2): 276–286.
- [26] Morton JP, Kayani AC, Mcardle A, *et al.* The exercise-induced stress response of skeletal muscle, with specific emphasis on humans [J]. *Sports Med*, 2009, 39(8): 643–662.
- [27] 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.
- Wang YM, You WH, Xiong ZY. Effects of branched chain amino acids on some biochemical indexes of endurance training rats [J]. *J Shaanxi Normal Univ (Nat Sci Ed)*, 2013, 41(6): 93–97.
- [28] Blancquaert L, Everaert I, Derave W. Beta-alanine supplementation, muscle carnosine and exercise performance [J]. *Curr Opin Clin Nutr Metabol Care*, 2015, 18(1): 63–70.
- [29] Cermak NM, Van-Loon LJ. The use of carbohydrates during exercise as an ergogenic aid [J]. *Sports Med*, 2013, 43(11): 1139–1155.
- [30] Bellinger PM. Beta-alanine supplementation for athletic performance: An update [J]. *J Strength Cond Res*, 2014, 28(6): 1751–1770.
- [31] Luckose F, Pandey MC, Radhakrishna K. Effects of amino acid derivatives on physical, mental, and physiological activities [J]. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 2015, 55(13): 1793–1807.
- [32] Phillips SM. Nutritional supplements in support of resistance exercise to counter age-related sarcopenia [J]. *Adv Nutr*, 2015, 6(4): 452–460.
- [33] 景新. 谷氨酰胺在训练后机体恢复及免疫提升中的作用[J]. *中国学校体育*, 2016, (6): 63.
- Jing X. The role of glutamine in body recovery and immune enhancement after training [J]. *Chin School Phys Ed*, 2016, (6): 63.
- [34] 赵静, 孙卓, 吴丽君. 补充谷氨酰胺对运动机体影响研究进展[J]. *体育科技文献通报*, 2019, 27(2): 46–47.
- Zhao J, Sun Z, Wu LJ. Research progress on the effect of glutamine supplementation on Sports organism [J]. *J Sports Sci Technol*, 2019, 27(2): 46–47.
- [35] 俞孟辰, 魏冰, 李奇庚, 等. 不同配方增肌营养品对运动员体力能力和相应代谢参数的影响[J]. *南京体育学院学报*, 2019, 2(4): 41–49.
- Yu MC, Wei B, Li QG, *et al.* Effects of different formulas of muscle tonics on physical ability and metabolism parameters of athletes [J]. *J Nanjing Inst Phys Edu*, 2019, 2(4): 41–49.
- [36] 刘文豪. 麦谷蛋白源谷氨酰胺肽的制备和肠道营养效果研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2008.
- Liu WH. Study on the preparation and enteral nutrition of glutamine peptide derived from wheat gluten [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2008.
- [37] 陈晓芸, 王桔红, 林鸿生, 等. 花生粕多肽螯合钙咀嚼片制作工艺研究[J]. *江苏调味副食品*, 2019, (4): 35–37.
- Chen XY, Wang JH, Lin HS, *et al.* Study on the manufacturing technology of peanut meal peptide calcium chelate chewable tablets [J]. *Jiangsu Condiment Subsidiary Food*, 2019, (4): 35–37.
- [38] 展俊岭, 赵二芳. 利用花生粕中蛋白制备多肽方法研究现状[J]. *农业与技术*, 2017, (21): 42–43.
- Zhan JL, Zhao EL. Research status of peptide preparation from peanut meal protein [J]. *Agric Technol*, 2017 (21): 42–43.
- [39] 李宁, 石爱民, 刘红芝, 等. 花生肽功能特性研究进展[J]. *生物产业技术*, 2017, (4): 53–56.
- Li N, Shi AM, Liu HZ, *et al.* Research progress on functional characteristics of peanut peptide [J]. *Biotechnology*, 2017, (4): 53–56.
- [40] Kanter MM. Free radicals, exercise and antioxidant supplementation [J]. *Int J Sport Nutr*, 1994, (4): 205–206.
- [41] 刘娜, 李湘浓, 吴翱, 等. 大豆寡肽抗疲劳作用的实验研究[J]. *中国实验诊断学*, 2010, 14(2): 201–203.
- Liu N, Li XN, Wu A, *et al.* Experimental study on anti fatigue effect of soybean oligopeptide [J]. *Chin J Exper Diagnost*, 2010, 14(2): 201–203.
- [42] 罗翔丹, 潘风光, 张铁华, 等. 鹿茸多肽对小鼠耐缺氧和抗疲劳能力的影响[J]. *食品科学*, 2008, 29(4): 386–388.

- Luo XD, Pan FG, Zhang TH, *et al.* Effects of pilose antler polypeptide on hypoxia tolerance and fatigue resistance in mice [J]. *Food Sci*, 2008, 29(4): 386–388.
- [43] 郑鸿雁. 玉米肽抗疲劳作用的实验研究[J]. *中国粮油学报*, 2005, 20(1): 33–38.
Zheng HY. Experimental study on the antifatigue effect of corn peptide [J]. *J Chin Cereal Oil Ass*, 2005, 20(1): 33–38.
- [44] 卢连华, 周景洋, 颜燕, 等. 海参肽对小鼠免疫调节及抗疲劳能力的影响[J]. *山东医药*, 2009, 49(25): 35–37.
Lu LH, Zhou JY, Yan Y, *et al.* Effects of holothurian peptide on immune regulation and anti fatigue ability of mice [J]. *Shandong Med J*, 2009, 49(25): 35–37.
- [45] 林丹, 王琪, 邓超, 等. 霞水母胶原蛋白活性肽和寡肽胶原抗疲劳作用的实验研究[J]. *天然产物研究与开发*, 2010, (22): 113–116.
Lin D, Wang Q, Deng C, *et al.* Experimental study on Antifatigue Effect of collagen active peptide and oligopeptide collagen of jellyfish [J]. *Res Dev Nat Prod*, 2010, (22): 113–116.
- [46] 甄宜峰. 对运动营养在运动训练恢复中作用的几点理解[J]. *田径*, 2008, (4): 56–57.
Zhen YF. Understanding the role of sports nutrition in sports training recovery [J]. *Track field*, 2008, (4): 56–57.
- [47] Zawadzki KM, Yaspelkis BB, Ivy JL. Carbohydrate protein complex increases the rate of muscle glycogen storage after exercise [J]. *J Appl Physiol*, 1992, 72(5): 1854–1867.
- [48] Ivy JL, Goforth HW, Damon BM, *et al.* Early postexercise muscle glycogen recovery is enhanced with a carbohydrate-protein supplement [J]. *J Appl Physiol*, 2002, 93(4): 1337–1344.
- [49] Berardi JM, Price TB, Noreen EE, *et al.* Postexercise muscle glycogen recovery enhanced with a carbohydrate-protein supplement [J]. *Med Sci Sport Exe*, 2006, 38(6): 1106–1113.
- [50] 阮定国. 低聚糖和多肽联合补充对耐力运动大鼠肌糖原合成代谢的影响[D]. 广州: 华南师范大学, 2010.
Ruan DG. Effect of oligosaccharide and polypeptide supplementation on muscle glycogen synthesis and metabolism in endurance sports rats [D]. Guangzhou: South China Normal University, 2010.
- [51] McLellan TM. Protein supplementation for military personnel: A review of the mechanisms and performance outcomes [J]. *J Nutr*, 2013, 143(11): 1820–1833.
- [52] Patel S. Emerging trends in nutraceutical applications of whey protein and its derivatives [J]. *J Food Sci Technol-Mysore*, 2015, 52(11): 1–12.
- [53] Howarth KP, Moreau NA, Phillips SM, *et al.* Coingestion of protein with carbohydrate during recovery from endurance exercise stimulates skeletal muscle protein synthesis in humans [J]. *J Appl Physiol*, 2009, 106(4): 1394–1420.
- [54] 周遵琴. 体育运动食品功效机制与市场情况[J]. *食品安全导刊*, 2019, (30): 78, 82.
Zhou ZQ. Efficacy mechanism and market situation of sports food [J]. *Chin Food Saf Magaz*, 2019, (30): 78, 82.
- [55] 刘权. 体育生运动营养解决方案[J]. *中国学校体育*, 2017, (10): 65.
Liu Q. Sports nutrition solutions for physical education students [J]. *China School Phys Edu*, 2017, (10): 65.
- [56] 白厚增. 中国运动营养食品产业发展研究[D]. 北京: 北京体育大学, 2013.
Bai HZ. Research on the development of sports nutrition food industry in China [D]. Beijing: Beijing Sport University, 2013.

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介

韩旭, 主要研究方向为运动营养学、运动生理学。

E-mail: k960836@163.com

孟佳珩, 副教授, 主要研究方向为运动生理学、运动养生。

E-mail: z18906@163.com