

运动补剂的研究现状及其对运动员选择补剂的建议

刘建伟, 孟佳珩*

(黑龙江中医药大学体育教研部, 哈尔滨 150040)

摘 要: 运动员除了合理膳食, 还需要摄入高纯度、易吸收的运动补剂强化补充, 以促进疲劳恢复、改善机能、提高运动能力。本文综述了运动补剂的监管现状, 评价了运动补剂的优缺点, 并主要介绍了恢复体能类、提高免疫力类及电解质和微量元素类运动补剂, 总结了运动补剂中可能添加的违禁药物, 并为运动员选择合适的运动补剂提出建议, 以期对运动员的补剂选择提供参考。

关键词: 运动员; 运动补剂; 建议

Research status of sports supplements and suggestions for athletes to choose supplements

LIU Jian-Wei, MENG Jia-Heng*

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

ABSTRACT: Besides the reasonable diet, athletes need to take in high-purity, easy-to-absorb sports supplements to enhance fatigue recovery, improve performance, and improve athletic performance. This paper reviewed the current status of sports supplement supervision, evaluated the advantages and disadvantages of sports supplements, and mainly introduced the physical recovery, immunity improvement, electrolytes and trace elements sport supplement, also summarized the illegal drugs that might be added in sports supplements, and put forward suggestions for athletes to choose appropriate sports supplements, in order to provide references for athletes' supplement selection.

KEY WORDS: athletes; sports supplements; suggestions

1 引 言

运动员在训练和比赛时运动量很大, 仅仅通过普通膳食无法及时全面地补充消耗的营养物质, 因此需要通过高纯度、易吸收的强力运动补剂来强化补充。运动补剂即为运动营养食品, 是为满足运动人群(指每周参加体育锻炼 3 次及以上、每次持续时间 30 min 及以上、每次运动强度达到中等及以上的人群)的生理代谢状态、运动能力及对某些营养成分的特殊需求而专门加工的食品^[1,2]。运动营养

补剂的主要作用是促进运动性疲劳恢复, 改善由于运动训练所引起的机能紊乱, 从而提高运动员的运动能力。目前常用的运动补剂主要分为恢复体能类、提高免疫类、电解质与微量营养素类。运动员服用补品的原因有很多, 如纠正或预防可能会损害健康或运动的营养素缺乏症; 在运动过程中更方便地补充能量和营养素; 利用运动补剂更有效地进行训练, 恢复时间缩短而间接或直接地改善运动表现, 并且提高身体素质、减少受伤和患病的风险, 从而获得经济利益。

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

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

本文主要综述了运动补剂的研究现状,并为运动员摄入该类补剂提供合理建议,以期对运动员的补剂选择提供参考。

2 运动补剂的优点和缺点

一些运动补剂对运动员有实际的帮助,主要优势有以下3个方面:1)使用相应的产品满足已知的营养需求;2)增强运动员的运动能力;3)安慰剂效应。

使用运动补剂也有一些缺点:1)价格较日常食物较贵,有时运动补剂的单项支出可能超出运动员一周的膳食预算。2)有些运动补剂对运动员有副作用,如过敏反应、过量服用的毒性。虽然由于大多数补剂对人体是相对安全的,很多国家没有官方文件说明使用这些补剂的副作用,但是有些问题还是存在。例如,1992年出现了由于过量服用色氨酸补剂导致的死亡和健康问题^[3]。2003年,含麻黄素和麻黄属植物的产品导致了医学问题^[3]。3)无意的兴奋剂摄入。有一些运动补剂中存在世界反兴奋剂机构(World Anti-Doping Agency, WADA)和某些国家体育局禁用药品中的成分^[3]。

3 运动补剂的法规

在现代社会中根据欧洲指令 2002/46/CE^[4]的规定,膳食补充剂不能替代均衡饮食,也没有任何治疗作用。产品标签和广告不能声称或暗示具有治疗功效以欺骗消费者。运动员无需医疗处方即可购买运动补剂,而很多运动员仅认为补剂可以改善身体状况,而不考虑其可能的副作用^[4-6],因此它们在各个运动项目的运动员中广泛使用。美国卫生部于1999年6月7日发布的第8号通告“适合剧烈运动的食物指南,特别是针对运动员的指南”中建议运动员蛋白质(饮食加上任何补充剂)的摄入量不超过1.5 g/kg·BW。在非欧洲国家,膳食补充剂的生产和销售并不那么严格。运动员在互联网上购买了补品,却没有考虑到掺杂物质污染的可能性,这不仅危害了他们的体育事业,而且危害了他们的健康^[7]。

4 运动补剂中的常用物质

4.1 恢复体能类

4.1.1 丙酮酸肌酸

丙酮酸是一种三碳化合物,可通过糖酵解/糖异生途径和三羧酸循环进行代谢。肌酸(Cr)是一种含氮化合物,可以被磷酸化为磷酸肌酸(PCr)。Cr-PCr系统可以通过缓冲二磷酸腺苷和三磷酸腺苷的比例来维持能量稳态^[8,9]。丙酮酸肌酸(CrPyr)是一种有机化合物,其中丙酮酸和Cr的分子浓度比为40:60^[10]。肌酸可以通过再合成ATP和CP来提高运动能力,但是该物质会导致体重增加、肌肉酸胀;丙酮酸具有减脂、减重、抑制自由基等效果,而丙酮酸肌酸

则兼具这2种物质的作用并可以克服肌酸的副作用。洪平等^[11]发现服用了丙酮酸肌酸的运动员在经过6周常规训练后,其体脂降低、肌肉重量增加,且运动水平较对照组显著增强。孔一力^[12]发现该物质具有控制大鼠能量重分配的作用,可降低大鼠脂肪量并提高其蛋白质沉淀水平。

4.1.2 果糖二磷酸钠

果糖二磷酸钠是人体细胞进行糖代谢的产物,可以有效调节代谢过程中酶的活性,改善细胞缺血与缺氧,快速修复受损细胞。运动员在结束大强度的训练和比赛后,身体组织特别是运动肌处于不同程度的缺血状态,需要增加供氧,消除血乳酸,缓解运动疲劳^[13]。孙广丰等^[14]发现服用果糖二磷酸钠可以有效提高机体运动后心率的恢复能力,增加心肌收缩力,改善心脏机能,降低红细胞凝集指数,提高缺血肢体的血流量,消除血乳酸,提高人体的运动机能。余玲等^[15]发现大鼠跑台运动力竭后,脑组织丙二醛(malondialdehyde, MDA)含量和乳酸脱氢酶(lactate dehydrogenase, LDH)活性显著提高,而脑组织超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)活性显著降低,恢复期内,果糖二磷酸钠给药组的LDH活性和SOD活性明显高于生理盐水对照组,MDA含量明显低于对照组。说明果糖二磷酸钠对提高脑组织抗氧化能力的水平有良好作用,在一定程度上可以延缓疲劳。

4.2 提高免疫力类

4.2.1 谷氨酰胺

长时间运动和剧烈运动可能降低血浆中的谷氨酰胺浓度,这也是运动引起的免疫损伤和增加几率过敏的潜在原因^[16,17]。但是研究^[18]表明,谷氨酰胺补充可以在长时间剧烈运动期间和之后保持血浆谷氨酰胺浓度的恒定,但是其不能阻止运动后免疫功能几个方面的变化,如血浆弹性蛋白酶、血浆肌酸激酶活性。在健康的成年人中,短期摄入20~30 g谷氨酰胺没有不良反应。据报道^[19],运动员平均可以耐受高达0.65 g/kg·BW的谷氨酰胺(溶液或悬浮液),并且不会导致血浆氨水平异常。各种谷氨酰胺补充剂的制造商和供应商声称其可以从以下几个方面帮助运动员提高运动能力:1)为运动员的免疫系统提供营养支持,并预防感染;2)改善肠屏障功能并降低内毒素血症的风险;3)改善细胞内液体的滞留性;4)更快地从肠道吸收水分;5)刺激肌肉糖原合成;6)刺激肌肉蛋白质合成和肌肉组织生长;7)减少肌肉酸痛并改善肌肉组织修复;增强的缓冲能力和改善的高强度运动表现。大多数制造商建议以补充剂的形式摄入1000 mg/d的谷氨酰胺可以达到以上效果。但是不建议患有肾脏疾病的人摄入谷氨酰胺补充剂^[20]。

4.2.2 b-羟基-b-甲基丁酸酯

b-羟基-b-甲基丁酸酯(b-hydroxy-b-methylbutyrate, HMB)是一种营养补品,被广泛认为具有抗分解代谢的功效。HMB作为潜在的人体机能辅助药物是源于先前对亮

氨酸的研究。亮氨酸是肌肉蛋白质合成的关键引发剂,可作为合成代谢信号传递剂^[21]。然而,亮氨酸在肌肉内发生重要的分解代谢,而 HMB 即是其代谢产物之一,可以产生同化和抗代谢作用。研究表明,HMB 可增加肌肉蛋白合成,减少肌肉蛋白分解,并改善肌肉膜稳定性^[22-24]。但是,补充 HMB 的人体试验的结果还没有定论,有些研究表明有益处^[25,26],而其他研究则表明没有益处^[27,28]。

4.3 补充电解质及微量营养素类

4.3.1 电解质

人在运动过程中,会消耗大量能量,使体内新陈代谢加速,导致体内电解质、水分等成分快速流失,严重情况下会导致脱水。在运动中补充电解质可以调节人体内环境,提升细胞功能,并可以提高胃消化功能、加速小肠吸收并促进体液循环^[29,30]。在运动开始后 90 min 内补充 300~600 mg 硝酸盐(最高 10 mg/kg 或 0.1 mmol/kg), NO^3 可以转化为 NO^2 ,并由口腔细菌在肠道产生 NO。NO 可以促进耐力运动员血管舒张、血液流动、线粒体呼吸,长期摄入,可以提高肌肉效率,减轻疲劳,减小心脏负荷^[31,32]。在经过长时间体育运动后,如长跑、铁人三项等,运动员体内的钾、钠、钙、镁等电解质随体液排出,人体会出现生理机能失调的情况。若运动员及时补充 18~59 mmol/L 的含钠饮料,可以延长机体功能、延缓疲劳发生时间,显著改善运动员的竞技状态^[33]。

4.3.2 维生素 D

维生素是人体必需的有机化合物,其中维生素 D 在骨骼肌修复和重塑中具有有益作用,可以调节人体代谢和能量代谢。维生素 D 是脂溶性维生素,人体在各种组织中都有储存,过量食用可能产生毒性^[34]。研究表明,各地运动员普遍存在维生素 D 不足现象,且营养状况差别非常大。美国运动员维生素 D 不足的比例为 39%,澳大利亚为 34%,西班牙和法国为 32%,英国为 70%,中东为 84%^[35,36]。实验表明,不同人群需要补充的维生素 D 的剂量差距很大,从每天 1000 IU 到每周 100000 IU 的大剂量补充不等。因此需要对有维生素 D 缺陷风险的运动员进行测试,再根据情况补充^[37]。

4.3.3 磷脂酰丝氨酸

磷脂酰丝氨酸(phosphatidylserine, PS)是一类普遍存在于细胞膜内层,与一系列的膜功能有关且唯一能够调控细胞膜关键蛋白功能状态的磷脂,目前已广泛应用于医药及保健领域,且被证明能够平衡大脑功能^[38]。PS 具有影响神经内分泌、酶的辅助因子功能和抗炎作用。运动员补充这种必需营养素会减小运动过程中的疲劳感。Silvestro 等^[39]让 14 名年轻女性服用了含有 400 mgPS 的运动补剂,在一个月有氧运动之后,发现其可以改善成年女性的有氧运动能力。也有研究表明^[40],补充 PS 可以延长年轻男性骑自行车的时间。

5 运动补剂中禁止添加的成分

5.1 激素类运动违禁药物

虽然激素类药物可以在一定程度上帮助运动员提高运动成绩,但是会打破机体的内环境稳态,扰乱正常的生理活动或代谢,并出现一系列不良反应和继发性疾病,甚至危及生命。常见的激素类药物有人工合成类固醇(斯坦唑醇等)、拟肾上腺素药(如苯丙胺类药物等)、促红细胞生成素^[41-43]。

5.2 利尿剂和掩蔽剂

利尿剂可以增大运动员排出的尿量,从而达到减轻体重的目的。并在短时间内迅速降低体液和排泄物中其他兴奋剂及代谢产物的浓度,从而影响药检结果的准确性。常见的利尿剂有氯噻嗪、氯噻酮、甘露醇等^[44]。

5.3 镇宁剂

镇宁剂也称 beta 阻断剂,如倍他洛尔等,是一类神经阻断药物,可以降低人体的血压和心率,提高镇定感,抑制手的颤抖,因此射击、射箭运动员常常违法服用,以提高比赛成绩,长期食用会对心脏产生严重损害^[43]。

6 对运动员的建议

(1)补剂的摄入必需与具体的运动项目结合

速度类运动员必需摄入恢复体能类补剂,耐力性运动员除了恢复体能类补剂外还需要增加维生素和电解质的摄入,力量型运动员需要补充足够的蛋白质及维生素 B₂,还需要补充维持神经肌肉正常功能的钠、钾、钙、镁等^[45,46]。

(2)根据运动目的合理安排补剂的摄入

在日常训练中,尽量让运动员补充全面营养素,并不断地根据变化制定个性化营养方案,减少体脂成分,保持最佳体型。而比赛时要尽量避免出现训练时遇到的问题,做好充足准备^[47,48]。

(3)慎重选择补剂

选择运动补剂时需要了解其质量是否符合标准,是否有违禁添加物,对于运动员应特别避免无意摄入违禁药物,以免对运动生涯和身体造成损伤^[49,50]。

7 小 结

运动员、科研人员和教练员应当重视运动补剂的作用,针对不同运动类型、运动目的,以及运动员自身身体状况,合理补充合适的补剂,促进运动性疲劳恢复,改善由于运动训练所引起的技能紊乱,提高运动员的运动能力。值得注意的是,在选择运动补剂时一定要谨慎,避免无意摄入违禁药品,造成严重后果。

参考文献

- [1] GB 24154-2015 食品安全国家标准运动营养食品通则[S].
GB 24154-2015 National food safety standard-General principles of sports nutrition food [S].
- [2] 董勤峰, 裴艳华. 运动中运动员能量物质的补充与原则研究[J]. 科技信息, 2013, 26: 328-329.
Dong QF, Pei YH. Research on athletes' energy and matter supplement and principles in sports [J]. Sci Technol Inform, 2013, (26): 328-329.
- [3] Susan H, Helen OC, Scott M, *et al.* Nutrition knowledge in athletes: A systematic review [J]. Inter J Sport Nutr Exer Metabol, 2011, 21(3): 248-261.
- [4] 2002/46/EC on the approximation of the laws of the member States relating to food supplements [S].
- [5] Antonioni A, Fantini C, Dimauro I, *et al.* Redox homeostasis in sport: Do athletes really need antioxidant support? [J]. Res Sport Med, 2019, 27(2): 147-165.
- [6] Savino G, Valenti L, Alisera RD, *et al.* Dietary supplements, drugs and doping in the sportsociety [J]. Ann Ig, 2019, (31): 548-555.
- [7] Philpott JD, Witard OC, Galloway SDR. Applications of omega-3 polyunsaturated fatty acid supplementation for sport performance [J]. Res Sport Med, 2019, 27(2): 219-237.
- [8] Chen J, Wang M, Kong Y, *et al.* Comparison of the novel compounds creatine and pyruvate on lipid and protein metabolism in broiler chickens [J]. Animal, 2011, (5): 1082-1089.
- [9] Oliveira TF, Bertechini AG, Bricka RM, *et al.* Effects of *in vivo* injection of organic trace minerals and post-hatch holding time on broiler performance and bone characteristics [J]. Poultry Sci, 2015, (94): 2677-2685.
- [10] Zhao MM, Gong DQ, Gao T, *et al.* *In vivo* feeding of creatine pyruvate modulates growth performance, energy reserves and mRNA expression levels of gluconeogenesis and glycogenesis enzymes in liver of embryos and neonatal broilers [J]. J Anim Physiol Anim Nutr (Berl), 2018, 102(2): 758-767.
- [11] 洪平, 李稚, 陈耿, 等. 补充丙酮酸肌酸、肌酸和肉碱对运动员身体成分及运动能力的影响[J]. 中国体育科技, 2010, 46(3): 91-97.
Hong P, Li Z, Chen G, *et al.* Effects of supplementation of pyruvate creatine, creatine and carnitine on athletes' body composition and athletic ability [J]. China Sport Sci Technol, 2010, 46(3): 91-97.
- [12] 孔一力. 丙酮酸肌酸对大鼠胴体组成及机体氨基酸谱的影响[C]. 中国畜牧兽医学动物生理生化分会. 全国动物生理生化第十一次学术交流会论文摘要汇编. 中国畜牧兽医学动物生理生化分会: 中国畜牧兽医学, 2010: 137.
Kong YL. Effects of creatine pyruvate on carcass composition and amino acid profile in rats [C]. Animal Physiology and Biochemistry Branch of Chinese Society of Animal Husbandry and Veterinary Medicine. Animal Physiology and Biochemistry Branch of Veterinary Society: Chinese Society of Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2010: 137.
- [13] 刘英伟, 刘忠民, 王浩天, 等. 枸杞多糖和 1,6-二磷酸果糖协同抗运动疲劳作用及其机制[J]. 吉林大学学报(医学版), 2012, 38(4): 692-696.
Liu YW, Liu ZM, Wang HT, *et al.* The synergistic anti-fatigue effect of *Lycium barbarum* polysaccharide and fructose 1,6-diphosphate and its mechanism [J]. J Jilin Univ (Med Ed), 2012, 38(4): 692-696.
- [14] 孙广丰, 李卓声, 刘洪富. 果糖二磷酸钠对运动后疲劳的缓解作用[J]. 长春师范大学学报, 2017, (4): 99-101.
Sun GF, Li ZS, Liu HF. Effect of fructose diphosphate on relieving fatigue after exercise [J]. J Changchun Norm Univ, 2017, (4): 99-101.
- [15] 余玲, 史绍蓉, 黄益苏, 等. 1,6-二磷酸果糖对运动性疲劳大鼠恢复期脑组织酶活性及自由基代谢水平的影响[J]. 安徽体育科技, 2007, (5): 28-30.
Yu L, Shi SR, Huang YS, *et al.* Effects of fructose 1,6-diphosphate on brain enzyme activity and free radical metabolism in the recovery period of exercise fatigue rats [J]. Anhui Sport Sci, 2007, (5): 28-30.
- [16] Watford M. Glutamine metabolism and function in relation to proline synthesis and the safety of glutamine and proline supplementation [J]. J Nutr, 2008, (138): 2003-2007.
- [17] Manore A, Melinda M. Sports nutrition: Fats and proteins [J]. Jama, 2008, 299(17): 2091.
- [18] Gleeson M, Walsh N, Blannin AK, *et al.* The effect of severe eccentric exercise-induced muscle damage on plasma elastase, glutamine and zinc concentrations [J]. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 1998, (77): 543-546.
- [19] Manninen AH. Protein hydrolysates in sports and exercise: A brief review [J]. J Sport Sci Med, 2004, (3): 60-63.
- [20] Ward E, Picton S, Reid U, *et al.* Oral glutamine in paediatric oncology patients: a dose finding study [J]. Eur J Clin Nutr, 2003, (57): 31-36.
- [21] Holland A, Brett M, Roberts A, *et al.* Does HMB enhance body composition in athletes? A systematic review and meta-analysis [J]. J Strength Cond Res, 2019.
- [22] Wilkinson DJ, Hossain T, Limb MC, *et al.* Impact of the calcium form of b-hydroxy-b-methylbutyrate upon human skeletal muscle protein metabolism [J]. Clin Nutr, 2017, (37): 2911-2923.
- [23] Wilson JM, Lowery RP, Joy JM, *et al.* The effects of 12 weeks of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate free acid supplementation on muscle mass, strength, and power in resistance-trained individuals: A randomized, double-blind, placebo-controlled study [J]. Eur J Appl Physiol, 2014, (114): 1217-1227.
- [24] Cheng W, Phillips B, Abumrad N. Effect of HMB on fuel utilization, membrane stability and creatine kinase content of cultured muscle cells [J]. Faseb J, 1998, (12): 950.
- [25] Durkalec MK, Jeszka J. The effect of b-hydroxy-b-methyl-butyrate on aerobic capacity and body composition in trained athletes [J]. J Strength Cond Res, 2016, (30): 2617-2626.
- [26] Ferreira HR, Rodacki A, Gill P, *et al.* The effects of supplementation of b-hydroxy-b-methylbutyrate on inflammatory markers in highperformance athletes [J]. J Exer Phys Online, 2013, (16): 53-63.
- [27] Ransone J, Neighbors K, Lefavi R, *et al.* The effect of b-hydroxy b-methylbutyrate on muscular strength and body composition in collegiate football players [J]. J Strength Cond Res, 2003, (17): 34-39.
- [28] Rawson ES, Miles MP, Larson-Meyer DE. Dietary supplements for health, adaptation, and recovery in athletes [J]. Int J Sport Nutr Exer Metab, 2018, (28): 188-199.
- [29] 张钦. 电解质饮料对人体运动能力的作用[J]. 食品工业, 2018, 263(8): 180-182.
Zhang Q. Effect of electrolyte beverage on human mobility [J]. Food Ind, 2018, 263(8): 180-182.
- [30] 秦劭斐. 碳水化合物、水、电解质与运动饮料[J]. 体育科技(广西), 2000,

- (1): 32–34.
Qin SF. Carbohydrates, water, electrolytes and sports drinks [J]. Sport Sci Technol (Guangxi), 2000, (1): 32–34.
- [31] Domínguez R, Cuenca E, Maté-Muñoz JL, *et al.* Effects of beetroot juice supplementation on cardiorespiratory endurance in athletes. A Systematic Review [J]. Nutrients, 2017, (9): 43.
- [32] McMahon NF, Leveritt MD, Pavey TG. The effect of dietary nitrate supplementation on endurance exercise performance in healthy adults: A systematic review and meta-analysis [J]. Sport Med, 2017, (47): 735–756.
- [33] Wong S, Stephen H, Williams C, *et al.* Effects of ingesting a large volume of carbohydrate-electrolyte solution on rehydration during recovery and subsequent exercise capacity [J]. Inter J Sport Nutr Exer Metabol, 2000, 10(4): 375–393.
- [34] Vitale K, Getzin A. Nutrition and supplement update for the endurance athlete: review and recommendations [J]. Nutrients, 2019, 11(6).
- [35] Farrokhyar F, Tabasinejad R, Dao D, *et al.* Prevalence of vitamin D inadequacy in athletes: A systematic review and meta-analysis [J]. Sport Med, 2015, 45(3): 365–378.
- [36] 严士敏, 陈凤玲. 运动员维生素 D 营养状况的相关研究[J]. 医学综述, 2019, (6): 1154–1159.
Yan SM, Chen FL. Research on vitamin D nutrition status of athletes [J]. Med Rev, 2019 (6): 1154–1159.
- [37] Owens DJ, Allison R, Close GL. Vitamin D and the athlete: Current perspectives and new challenges [J]. Sport Med, 2018, 48: 3–16.
- [38] 陆姣姣. 磷脂酰丝氨酸在稳定射击运动员竞技状态中的应用研究[C]. 中科院上海生科院营养科学研究所, 2017.
Lu JJ. Research on the application of phosphatidylserine in the stable state of shooting athletes [C]. Shanghai Institute of Nutrition, Chinese Academy of Sciences, 2017.
- [39] Silvestro D, Robert A. Enhanced aerobic exercise performance in women by a combination of three mineral Chelates plus two conditionally essential nutrients [J]. J Inter Soc Sport Nutr, 2017, (14): 42–50.
- [40] Kingsley M, Miller M, Kilduff L, *et al.* Effects of phosphatidylserine on exercise capacity during cycling in active males [J]. Med Sci Sport Exerc, 2006, (38): 64–71.
- [41] 邹丽红. 浅谈激素类运动违禁药物[J]. 广东职业技术教育与研究, 2011, (2): 126–128.
Zou LH. Talking about banned drugs for hormone sports [J]. Guangdong Voc Technol Educ Res, 2011, (2): 126–128.
- [42] 王娟. 保健食品中违禁药物分析方法研究[D]. 长沙: 湖南师范大学, 2008.
Wang J. Research on analysis method of prohibited drugs in health food [D]. Changsha: Hunan Normal University, 2008.
- [43] 范杰, 李晓萍. 浅谈体育比赛中的违禁药物及其检测[J]. 化学世界, 1998, (9): 54–55.
Fan J, Li XP. A brief account of illegal drugs and their detection in sports games [J]. Chem World, 1998, (9): 54–55.
- [44] 赵君. 多种兴奋剂及其代谢产物超高效液相色谱质谱联用检测方法研究[D]. 北京: 北京化工大学, 2017.
Zhao J. Study on the detection methods of multiple stimulants and their metabolites by ultra performance liquid chromatography-mass spectrometry [D]. Beijing: Beijing University of Chemical Technology, 2017.
- [45] 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, (14): 4605–4608.
Ma Y, Xi BY, Yu L. Research progress on sports diet nutrition [J]. J Food Saf Qual, 2019, (14): 4605–4608.
- [46] 韩东旭. 我国青少年网球运动员膳食营养状况调查及分析[D]. 北京: 北京体育大学, 2015.
Han DX. Survey and analysis of dietary nutrition status of Chinese junior tennis players [D]. Beijing: Beijing Sport University, 2015.
- [47] 卢彩兰, 张景平, 张志超. 2016 年龙岩市部分中学生饮食运动行为调查[J]. 中国卫生工程学, 2017, (5): 79–80, 82.
- [48] 王未. 运动膳食营养对运动能力的影响[J]. 文体用品与科技, 2019, (4): 191–192.
Wang W. The effect of sports diet nutrition on sports ability [J]. Station Sci, 2019, (4): 191–192.
- [49] 王锋, 刘艳. 浅谈体育运动中兴奋剂的作用及危害[J]. 中国病毒病杂志, 2006, 8(1): 63–64.
Wang F, Liu Y. Talking about the effect and harm of doping in sports [J]. Chin J Virol, 2006, 8(1): 63–64.
- [50] 董传升, 王钰清, 吕羿畏, 等. 青少年运动员兴奋剂认知特征、态度动机与反兴奋剂行为之间的关系[C]. 2015 第十届全国体育科学大会, 2015.
Dong CS, Wang YQ, Lv YW, *et al.* The relationship between stimulant cognitive characteristics, attitude and motivation and anti-doping behavior of young athletes [C]. 2015 The 10th National Sports Science Conference, 2015.

(责任编辑: 于梦娇)

作者简介

刘建伟, 实验师, 主要研究方向为运动营养学。
E-mail: z55433@163.com

孟佳珩, 副教授, 主要研究方向为运动生理学。
E-mail: z18906@163.com