

能量补充类运动食品的研究现状

王思*

(西安医学院体育部, 西安 710021)

摘要: 运动食品能够满足运动员在运动过程中的特殊营养需求, 能够提高运动员的体能和体质。能量补充类运动食品是运动食品中的一类, 其主要成分是糖类物质, 能够快速补充运动员在运动训练中消耗的大量能量, 缓解运动疲劳。不同运动类型的运动员需补充的运动食品有所不同, 了解运动食品的分类以及运动食品的功能性成分, 对帮助运动员选择适宜的运动产品十分重要。本文介绍了速度型运动类型、耐力型运动类型、力量型运动类型以及技巧型运动类型与运动员的营养需求的关系, 运动食品的分类, 糖类物质对运动的影响, 肌糖原的合成与消耗, 肌糖原与运动的关系, 并针对能量补充剂的功能因子葡萄糖、肌酸、L-肉碱进行了介绍, 为能量补充类运动食品的研发提供理论参考。

关键词: 运动食品; 运动类型; 分类; 糖类物质

Research status of energy supplement sports food

WANG Si*

(Sports Department of Xi'an Medical University, Xi'an 710021, China)

ABSTRACT: Sports food can meet the special nutritional needs of athletes in the process of sports and improve their physical fitness. Energy supplement sports food is a kind of sports food, its main component is carbohydrate, which can quickly supplement a large amount of energy consumed by athletes in sports training and alleviate sports fatigue. Athletes of different sports types need to supplement different sports food. It is very important to know the classification of sports food and the functional components of sports food to help athletes choose appropriate sports products. This paper introduced the relationship between the speed type, endurance type, strength type and skill type and the nutritional needs of athletes. It also introduced the classification of sports food, the influence of carbohydrate on sports, the synthesis and consumption of muscle glycogen, and the relationship between muscle glycogen and sports. The functional factors of energy food supplements, such as glucose, creatine and L-carnitine were introduced. It provided a theoretical reference for the research and development of energy supplement sports food.

KEY WORDS: sports food; sports types; classification; carbohydrate

1 引言

运动食品是与运动相关的一类功能食品, 是能够为运动员提供特殊营养需求、调整代谢状态, 并有助于提高体能的食品。运动食品对改善运动员体质、提高运动能力、保持体能与活力、促进疲劳恢复具有明显的效果^[1-3]。国务院

发布的《全民健身计划(2016~2020)》中倡导全民参与体育运动。在这样的社会背景下, 运动食品迎来新的发展机遇^[4,5]。如今, 我国不断提高对运动食品的重视程度, 随着相关制度的完善和科研水平的提升, 我国的运动食品行业必将进一步走向规范化、国际化。我国运动食品市场的巨大商机吸引了众多科研人员及运动食品企业的关注, 对我

*通讯作者: 王思, 硕士, 主要研究方向为体育教学与运动康复。E-mail: z83553@163.com

*Corresponding author: WANG Si, Master, Xi'an Medical College, Xi'an 710021, China. E-mail: z83553@163.com

国运动食品的研发起了积极的促进作用。本文就运动员营养需求的特点、运动食品的分类、糖类物质对运动的影响、能量补充剂的功能因子展开了讨论, 以期能为能量补充类运动食品的开发提供理论支持。

2 运动类型与运动员营养需求

运动员的运动训练消耗能量极大, 合理的营养供给可以调节体内的营养物质, 有助于消除运动疲劳, 加速运动员的身体恢复^[6,7]。运动员的营养需求与运动项目的类型、强度以及训练方法有关, 也与运动员自身的代谢特点有关^[8,9]。一般认为, 速度型运动的代谢特点是能量消耗快, 运动中机体易出现高度缺氧状态。耐力型运动持续时间较长, 机体消耗的营养较多, 特别需要注意供能物质的补充。力量型运动对运动员肌肉的力量和爆发力有较高要求, 消耗机体的热量较大^[10-13]。技巧型运动机体热量消耗不大, 但神经系统处于高度集中状态, 运动员不宜摄入过多能量, 但要注意加强神经系统的营养。此外, 水的补充可以起到关节润滑的作用, 因此技巧型运动员要保证足量水分的摄入^[10-13]。只有充分了解各类运动的需能特点, 才能更科学地制定运动员的训练计划和能量需求。

2.1 速度型运动营养需求特点

速度型运动一般指极限运动以及接近极限运动的项目。速度型运动多为高耗能运动, 在极短时间内使酸代谢产物在体内堆积, 会对运动员肌肉、血液以及神经系统造成极大影响^[14]。运动员必须摄入充足的能量才能保证体内有充足的糖原储备。摄入鱼、大豆、瘦肉、鸡蛋等富含优质蛋白的食物, 一般应保持在 140 g 左右。矿物质及维生素虽然不是主要的能量来源, 但它们参与蛋白质合成与酶的分解, 因此矿物质及维生素也是极其重要的。B 族维生素对肝糖元的储存和利用有关, 同时也参与构成许多重要的辅酶。维生素 C 是生物氧化过程中的递氢体, 能增强机体的氧化还原作用^[15]。

研究发现, 速度型运动员的能量摄入应在赛前 2 h 进行, 在比赛过程中也可以适当补充一些易消化的营养物质, 以保证运动员的体能状态。在赛后补充富含糖类的低脂肪、高蛋白食物, 有利于速度型运动员快速恢复身体机能^[16,17]。

2.2 耐力型运动营养需求特点

耐力型运动持续的时间相对较长, 对运动员的体能消耗非常大。这类运动一般是先依靠糖的代谢供能, 后以脂肪的代谢为主, 随着运动的继续, 运动员体内糖的水平持续下降, 脂肪不断分解^[18]。糖是耐力型运动过程中最为主要的能源物质, 为了提高运动员的运动能力并快速恢复体能, 需要对糖有足够的摄入量, 一般运动员糖的摄入量以 9 g/kg 体重为宜。

有研究发现, 适当的糖的摄取对运动员在比赛有益, 过量的糖分摄取则会增加胃的消化负担, 延长胃的排空时间, 对身体不利。糖原的储存能力以及糖的代谢能力对耐力型运动员至关重要^[19]。耐力型运动需要大量糖原的有氧化供能, 因此运动员需摄入大量的糖类物质保证体内有充足的糖原储备, 同时也可以适当摄入一定量的脂肪, 以满足机体能量的需要。运动员赛前补充足量的碳水化合物、蛋白质、B 族维生素、维生素 C 与磷, 可以使运动中机体的血红蛋白和呼吸酶处于较高水平。钙以及其他微量元素的补充有利于强健骨骼, 促进血红蛋白的合成。此外, 及时补充体液可以有效防止运动员在耐力型运动过程中出现虚脱症状, 维持运动员体内环境的平衡^[20]。

2.3 力量型运动营养需求特点

力量型运动要求运动员有较强的爆发力, 其能量供应方式基本以无氧呼吸为主, 且一直持续到整个运动结束。力量、爆发力的大小依赖运动员对蛋白质的摄取, 所以力量型运动员应多摄入高蛋白食物, 一般要求摄取蛋白质 29 g/kg 体重, 且优质蛋白应占一半左右^[21]。由于力量型运动员对神经、肌肉的兴奋有很高的要求, 所以运动员应摄入充足的维生素及微量元素, 以保证神经、肌肉的兴奋。

有研究表明, 补充磷酸肌酸有助于提高运动员的运动能力, 但是补充量应严格限定, 过量的磷酸肌酸会对运动员身体造成伤害^[22]。充足的蛋白质能够有效补充运动员的耗能, 有利于促成肌肉等蛋白质的修复与合成, 同时刺激运动员神经系统的兴奋, 增加运动员的爆发力, 提高运动成绩。但是摄入过多蛋白质会对正常身体机能产生负面影响, 加重肝肾负担^[23]。此外, 力量型运动员需补充足量的维生素以及矿物质, 以促进机体的新陈代谢和生物合成功能^[24]。

2.4 技巧型运动营养需求特点

技巧型运动要求神经高度紧张、肢体动作多变, 对动作的协调性及技巧要求较高。与其他 3 种运动类型相比, 技巧型运动能量消耗不高, 运动员经常要控制体重与体脂, 因此, 脂肪的摄入量不宜过高。运动员应补充足够的蛋白质、B 族维生素及钙、磷等营养物质, 为保证比赛时紧张的神经活动^[25]。一般要求技巧型运动员的蛋白质供能应占总能量的 12%~15%, 维生素 B₁ 的供给量应达到每日 4 mg, 维生素 C 为 140 mg。运动员应多摄入蛋类、鱼类、瘦肉类及豆制品, 严格控制脂肪的摄入量^[26]。

3 运动食品的分类

目前不同国家和地区对运动食品的分类方法各有不同, 大多数是以产品类别或受众人群来分类的^[27]。欧盟按产品类别将运动营养食品分为 3 类: 运动饮料; 以蛋白质为基础的增肌、加速运动后恢复的产品; 持续补充能量、

提高运动能力的产品^[28]。美国运动食品的分类较为详细,运动饮料或能量饮料占比较大,其次是运动营养补充剂、减重代餐、营养棒等产品^[29]。加拿大运动营养食品的分类方法是按照消费人群来分:以运动员和业余体育爱好者组成的运动人群和非专业运动人群^[30]。

2016 年 11 月 13 日,我国实施的《食品安全国家标准运动营养食品通则》将运动食品进行了划分。按照特征营养素将产品分为能量补充类运动食品、能量控制类运动食品和蛋白质补充类运动食品^[31-34]。

能量补充类运动食品,以糖类物质为主要成分,能够为机体快速或持续地提供能量,以满足机体在运动时快速、大量的能量补充需求^[35]。该类食品主要是在运动前和运动间隙为运动员短时间补充能量,其形式多为能量饮料或能量棒,主要的功能因子包括葡萄糖、肌酸和肉碱等^[36]。

4 糖类物质对运动的影响

长时间耐力运动加速了机体的新陈代谢,导致了能源物质的大量消耗,从而引起运动员身体疲劳、运动能力下降^[37]。肌糖原是运动中维持肌肉收缩的重要能源物质,肌糖原水平较低时,肌肉的收缩能力便会受到限制^[38]。研究证明,补充糖类物质可促进肌糖原的再合成,加快肌糖原的储备,有利于运动员运动能力的恢复^[39]。

4.1 肌糖原的消耗及合成规律

肌糖原是维持中、高强度耐力性运动的主要能源物质。一般情况下,机体的肌糖原储备量为 500~600 mmol/kg 肌肉干重,运动过程中肌糖原的含量急剧下降^[40]。有研究发现,当肌糖原的水平较低时,肌肉的运动能力会受到明显影响。肌糖原合成有 2 个阶段,第 1 阶段在运动结束后并可持续 30~60 min,该阶段内肌糖原的合成速率高,且不依赖胰岛素的调控作用,因而此阶段称为肌糖原的胰岛素非依赖型合成阶段或快速合成阶段。第 2 阶段称为胰岛素依赖型合成阶段或慢速合成阶段,此阶段内肌糖原的合成会随血糖及胰岛素水平的变化而变化^[41]。肌糖原合成速率对运动后机体的恢复起着决定性作用。

4.2 补充糖类物质对肌糖原合成的影响

运动后补充糖类物质的类型和补充时间对肌糖原的合成效果有一定影响^[42]。胰岛素可调整机体的内源性糖储备,对体内肌糖原的合成有重要调控作用。有研究发现,摄入升糖指数较高的碳水化合物,会提高胰岛素水平,进而促进肌糖原合成^[43]。果糖的升糖指数比葡萄糖低,因而补充果糖对运动后体内肌糖原的合成速率,比补充葡萄糖低。研究还发现,无论以液态饮料的形式,还是以固态形式补充糖类物质,机体内肌糖原的合成速率没有明显差异^[44]。运动后立即进行糖类物质的补充,可显著促进肌糖原的合成。但是运动后 2 h 再补充糖类物质,肌糖原的

合成速率会降低约 50%^[45,46]。另有研究发现,少量多次的补糖方式能够促进肌糖原的合成^[47]。

4.3 肌糖原与运动的关系

机体中存在肝糖原和肌糖原,其中肝糖原大约 100 g,占肝脏重量的 6%~8%,主要功能是维持机体血糖稳定;肌糖原约有 400 g,占骨骼肌重量的 1%~2%,主要作用是肌肉运动供能^[48]。专家学者对肌糖原与运动的关系的研究很早就开始了。Burke 等^[49]认为,运动员碳水化合物的摄入量影响肌肉中肌糖原的水平,从而影响中枢神经系统在运动中的稳定性,且碳水化合物的摄入时机和摄入量因比赛而异。Jensen 等^[50]研究提出,以肌糖原和葡萄糖形式的碳水化合物是运动状态肌肉的能源底物。Philp 等^[51]认为,肌糖原含量不只是肌肉运动能力的决定因素,而且还是骨骼肌对运动训练适应的反馈调节信号。糖原颗粒的数量与训练比赛的结果相关。由此可见,肌糖原的数量对运动结果有重要影响,肌糖原不仅是肌肉的功能物质,还与肌肉的反馈调节相关,由此进一步说明了肌糖原在运动训练与比赛中的重要用途。

5 能量补充剂的功能作用

5.1 葡萄糖

葡萄糖是机体的能量来源,是细胞新陈代谢的中间产物。1 mol 葡萄糖被机体完全氧化后可以产生 2870 kJ 的能量,部分能量转化成 32 mol ATP,另一部分能量以热量的形式散出以维持机体体温。血液中的葡萄糖也可通过肝脏或肌肉转化成糖原或脂肪贮存在体内。葡萄糖能够不断被人体吸收并提供能量,可在较短时间内提高机体耐力,效缓解机体能源储存的大量消耗^[52]。摄入葡萄糖可及时为运动员提供充足的能量,有效提高机体的血糖水平^[53]。

5.2 肌 酸

肌酸由精氨酸、甘氨酸、甲硫氨酸 3 种氨基酸构成,是三磷酸腺苷合成的原料物质,可为肌肉的快速动作提供能量保证^[54]。肌酸从 1993 年进入竞技体育,随后便成为最流行的能量补充剂。研究发现,补充肌酸可以增强运动员短时间、高强度的反复运动的运动能力。也有研究指出,肌酸可减轻长跑运动员在更高强度训练时的疲劳感。补充肌酸可促使磷酸肌酸储量增加,从而确保机体维持高强度运动下的 ATP 水平^[55,56]。

5.3 L-肉碱

在机体长时间、高强度的运动下,L-肉碱可以加速体内脂肪的氧化分解,给予机体相应的营养补给。L-肉碱促进了脂肪酸进入线粒体的氧化分解,是脂肪酸转运的载体^[57,58]。L-肉碱可减少机体的糖原消耗,效缓解机体疲劳。在竞技运动中,运动员常以 L-肉碱进行减脂抗疲劳。

有研究显示, L-肉碱可缓解运动员的神经紧张, 提高机体免疫力, 同时有助于机体在短时间内合成蛋白质, 保护机体细胞膜的稳定^[59]。

6 结 语

运动食品的关键作用是保证运动员的正常生理代谢, 满足运动员在运动中的营养需求, 迅速、有效的改善运动员的体质、保持体能。依据我国对运动食品的分类, 可将运动食品分为能量补充类、能量控制类和蛋白质补充类运动食品。其中能量补充类运动食品的主要成分是糖类物质, 可以快速合成肌糖原, 为运动员补充所需能量, 从而提高运动员的竞技水平。目前我国运动食品领域的发展还不太成熟, 对于各类运动食品的法规制定及监管力度尚待进一步完善。随着人们对运动食品关注度的提高, 相信运动食品行业将会蓬勃发展。

参考文献

- [1] 武阳阳. “运动营养食品”调查报告[J]. 食品安全导刊, 2017, (34): 60-61.
Wu YY. Investigation report on exercise nutrition food [J]. Chin Food Saf Magaz, 2017, (34): 60-61.
- [2] 马永轩, 张名位, 魏振承, 等. 运动营养食品的现状与趋势[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(14): 205-207.
Ma YX, Zhang MW, Wei ZC, *et al.* The present situation and trend of sports nutrition food [J]. Food Res Dev, 2017, 38(14): 205-207.
- [3] Trakman GL, Forsyth A, Hoye R, *et al.* Development and validation of a brief general and sports nutrition knowledge questionnaire and assessment of athletes' nutrition knowledge [J]. J Inter Soc Sport Nutr, 2018, 15: 23-24.
- [4] 郭之东. 全国首个运动营养食品生产审查方案在京诞生[J]. 首都食品与医药, 2017, 24(15): 26.
Guo ZD. Birth of the first national sports nutrition food production review program in Beijing [J]. Beijing Food Med, 2017, 24(15): 26.
- [5] 宿志红. 运动营养食品产业: 迎着朝阳奔跑[N]. 中国医药报, 2017-09-21.
Su ZH. Sports nutrition food industry: running in the morning sun [N]. China Medical Journal, 2017-09-21.
- [6] 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, 23(36): 43.
Yuan L. Current situation and future development trend of sports nutrition food [J]. Chin Food Saf Magaz, 2018, 23(36): 43.
- [7] 王思. 运动营养食品的研究现状与发展趋势[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(15): 5007-5012.
Wang S. Research status and development trend of sports nutrition food [J]. J Food Saf Qual, 2019, 10(15): 5007-5012.
- [8] McCartney D, Irwin C, Cox GR, *et al.* The effect of different post-exercise beverages with food on ad libitum fluid recovery, nutrient provision, and subsequent athletic performance [J]. Physiol Behavior, 2018, 201: 35-37.
- [9] 周丽丽, 伊木清, 杨则宜. 中国优秀运动员血液生化指标恢复值研究[J]. 体育科学, 2002, 22(3): 96-102.
- [10] 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 Inst Phys Edu, 2013, 32(4): 82-86.
- [11] 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.
- [12] Blennerhassett C, McNaughton LR, Sparks SA. Factors influencing ultra-endurance athletes food choices: an adapted food choice questionnaire [J]. Res Sports Med, 2019, 27(2): 55-56.
- [13] 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, 13(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, 13(2): 167-169.
- [14] 马国强. 不同专项速度耐力训练方法对优秀自行车运动员运动能力的影响[D]. 上海: 上海体育学院, 2014.
Ma GQ. Influence of different special speed endurance training methods on sports ability of excellent cyclists [D]. Shanghai: Shanghai Institute of Physical Education, 2014.
- [15] Ihsan M, Abbiss C, Lipski M, *et al.* Muscle oxygenation and blood volume reliability during continuous and intermittent running [J]. Sports Med, 2013, 10(4): 34-36.
- [16] 马齐慧, 王宪杰, 李曦东, 等. 不同运动负荷速度型间歇训练对心率的影响研究[J]. 青少年体育, 2016, 28(11): 43-44.
Ma QH, Wang XJ, Li XD, *et al.* Study on the effect of interval training with different exercise load and speed on heart rate [J]. Youth Sports, 2016, 28(11): 43-44.
- [17] 周德超, 宣涛. 从田径运动的生理特征探究营养补充问题[J]. 长春师范大学学报, 2017, 36(6): 101-103.
Zhou DC, Xuan T. Nutrition supplement from physiological characteristics of track and field sports [J]. J Changchun Norm Univ, 2017, 36(6): 101-103.
- [18] Maunder E, Kilding AE, Stevens CJ, *et al.* Heat stress training camps for endurance sport: A descriptive case study of successful monitoring in two ironman triathletes [J]. Inter J Sports Phy Perform, 2019, 12: 1-16.
- [19] 张玮. 食用菌对耐力运动的代谢和体能恢复的影响[J]. 中国食用菌, 2020, 39(1): 231-233, 236.
Zhang W. Effect of edible fungus on metabolism and physical recovery of endurance sports [J]. Chin Edible Fungus, 2020, 39(1): 231-233, 236.
- [20] 黄海, 葛岩琦. 田径运动的生理特征与饮食保健[J]. 现代食品, 2015, 1(23): 1-2.
Huang H, Ge YQ. Physiological characteristics and diet health care of track and field [J]. Mod Food, 2015, 1(23): 1-2.
- [21] 魏元元. 运动营养食品研究——评《食物的营养与功效: 食物密码》[J]. 食品工业, 2019, 40(12): 356.
Wei YY. Research on sports nutrition food-Review of nutrition and efficacy of food: food code [J]. Food Ind, 2019, 40(12): 356.
- [22] 乔晓芸. 摔跤运动员力量训练及其膳食营养的特点[J]. 河南教育学院

- 学报(自然科学版), 2018, 27(1): 81–83.
- Qiao XY. Strength training of wrestlers and characteristics of their diet and nutrition [J]. J Henan Inst Edu (Nat Sci Ed), 2018, 27(1): 81–83.
- [23] 薛博洋. 补充不同营养补剂组合对男子 U18 足球运动员赛前准备期体成分、力量和部分生化指标的影响[D]. 上海: 上海体育学院, 2018.
- Xue BY. Effects of different nutrition supplement combinations on body composition, strength and some biochemical indexes of men's U18 football players in pre match preparation period [D]. Shanghai: Shanghai Institute of Physical Education, 2018.
- [24] 王宏. 田径运动员的力量训练和营养恢复[J]. 田径, 2012, 2(6): 5–8.
- Wang H. Strength training and nutrition recovery of track and field athletes [J]. Track Field, 2012, 2(6): 5–8.
- [25] 吴伟欢, 陈奕. 技巧运动员体能训练恢复与营养的研究与运用[J]. 科技资讯, 2011, 11(1): 217, 219.
- Wu WH, Chen Y. Research and application of physical training recovery and nutrition of skilled athletes [J]. Sci Technol Inform, 2011, 11(1): 217, 219.
- [26] 许丽斌. 技巧啦啦操运动员疲劳营养干预探析[J]. 九江学院学报(自然科学版), 2015, 30(4): 116–119.
- Xu LB. Analysis of fatigue and nutrition intervention of skill cheerleaders [J]. J Jiujiang Univ (Nat Sci Ed), 2015, 30(4): 116–119.
- [27] Physical Activity Council. 2016 Participation report: the Physical Activity Council's annual study tracking sports, fitness, and recreation participation in the US [Z]. 2016.
- [28] 杨则宜, 韩军花. GB 24154-2015《食品安全国家标准 运动营养食品通则》实施指南[M]. 北京: 中国质检出版社, 2017.
- Yang ZY, Han JH. Guidelines for the implementation of GB 24154-2015 *National food safety standard-General principles of nutrition food for national standard campaign* [M]. Beijing: China Quality Inspection Press, 2017.
- [29] 杨则宜. 全球运动营养食品的发展趋势[J]. 中国食品工业科技, 2015, 36(24): 24–25.
- Yang ZY. Development trend of global sports nutrition food [J]. Chin Food Ind Sci Technol, 2015, 36(24): 24–25.
- [30] International Markets Bureau, Agriculture and Agri-Food Canada. Overview of the global sports nutrition market food, beverages and supplements [Z]. 2010.
- [31] 安彦明. 基于品牌战略管理视角分析我国运动营养补剂企业品牌发展[D]. 北京: 首都体育学院, 2016.
- An YM. Analysis of brand development of sports nutritions supplement enterprises in China from the perspective of brand strategy management [D]. Beijing: Capital Institute of Physical Education, 2016.
- [32] 李欣. 大连市青少年运动员运动营养食品应用现状研究[D]. 大连: 辽宁师范大学, 2016.
- Li Xin. Study on the application of sports nutritious food for young athletes in Dalian [D]. Dalian: Liaoning Normal University, 2016.
- [33] 牛禄青. 大健康时代的运动营养洼地[J]. 新经济导刊, 2016, 23(5): 38–43.
- Niu LQ. The era of health sports nutritions depression [J]. New Econom Her, 2016, 23(5): 38–43.
- [34] 陈艳龙. 重庆市运动营养食品大众市场的现状调查与发展研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2016.
- Chen YL. Survey and development of mass market of sports nutritious food in Chongqing [D]. Chongqing: Chongqing University, 2016.
- [35] 邓陶陶, 焦颖, 李奇庚, 等. 运动营养食品产业现状和未来发展[J]. 中国食品卫生杂志, 2018, 30(2): 208–212.
- Deng TT, Jiao Y, Li QG, *et al.* Current situation and future development of sports nutrition food industry [J]. Chin J Food Hygi, 2018, 30(2): 208–212.
- [36] Heikkilä M, Lehtovirta M, Autio O, *et al.* The impact of nutrition education intervention with and without a mobile phone application on nutrition knowledge among young endurance athletes [J]. Nutrients, 2019, 11(9): 36–38.
- [37] 李芳菲. 不同碳水化合物混合物补充对运动后糖原合成的影响[J]. 巢湖学院学报, 2019, 21(3): 109–113.
- Li FF. Effect of different carbohydrate mixture supplementation on glycogen synthesis after exercise [J]. J Chaohu Univ, 2019, 21(3): 109–113.
- [38] Balestrino M, Adriano E. Beyond sports: Efficacy and safety of creatine supplementation in pathological or parapsychological conditions of brain and muscle [J]. Med Res Revie, 2019, 39(6): 13–15.
- [39] 何隽, 颜玉凤. 运动与补糖[J]. 沈阳体育学院学报, 2004, 23(1): 51–53.
- He J, Yan YF. Sports and sugar supplement [J]. J Shenyang Inst Phy Edu, 2004, 23 (1): 51–53.
- [40] 李林蔚. AMPK 和 Akt 对一次力竭运动后不同时相大鼠肝糖原合成的调节[D]. 北京: 北京体育大学, 2018.
- Li LW. The regulation of AMPK and Akt on the synthesis of glycogen in the liver of rats at different phases after exhaustive exercise [D]. Beijing: Beijing Sport University, 2018.
- [41] 陈锦, 胡海旭. 肌糖原超量恢复的研究历史与进展[J]. 成都体育学院学报, 2017, 43(1): 120–126.
- Chen J, Hu HX. Research history and progress of muscle glycogen excess recovery [J]. J Chengdu Inst Phy Edu, 2017, 43(1): 120–126.
- [42] 林文弢, 宋雪. 糖与运动能力[J]. 中国体育教练员, 2017, 25(4): 15–16.
- Lin WC, Song X. Sugar and sports ability [J]. Chin Sports Coach, 2017, 25(4): 15–16.
- [43] 曾芳桂. 运动时骨骼肌糖、脂肪氧化的交互作用及机制[J]. 武汉体育学院学报, 2017, 51(10): 76–81.
- Zeng FG. Interaction and mechanism of skeletal muscle sugar and fat oxidation during exercise [J]. J Wuhan Inst Phy Edu, 2017, 51(10): 76–81.
- [44] Japan Institute of Sports Sciences. C MRS reveals a small diurnal variation in the glycogen content of human thigh muscle [Z]. 2015.
- [45] Cholewa JM, Newmire DE, Zanchi NE. Carbohydrate restriction: Friend or foe of resistance-based exercise performance [J]. Nutrition, 2018, 60: 64–66.
- [46] Kreider RB, Kalman DS, Antonio J, *et al.* International society of sports nutrition position stand: safety and efficacy of creatine supplementation in exercise, sport, and medicine [J]. J Inter Soc Sports Nutr, 2017, 14: 156–158.
- [47] 陈琦. 集体项目运动员碳水化合物补充与运动能力关系的研究进展[C]. 《西部体育研究》2017 年第 1 期(总第 145 期): 甘肃省体育科学学会, 2017: 23–29.
- Chen Q. Research progress on the relationship between carbohydrate supplement and sports ability of collective event athletes [C]. Western sports research, 2017, No.1 (145 in total): Gansu Sports Science Society, 2017: 23–29.

- [48] Brown AM. Brain glycogen re-awakened [J]. *J Neurochem*, 2004, 89(3): 537–552.
- [49] Burke LM, Hawley JA, Wong SHS, *et al.* Carbohydrates for training and competition [J]. *J Sports Sci*, 2011, 29(1): 17–27.
- [50] Jensen TE, Richter EA. Regulation of glucose and glycogen metabolism during and after exercise [J]. *J Physiol*, 2012, 590(5): 1069–1076.
- [51] Philp A, Hargreaves M, Baar K. More than a store: regulatory roles for glycogen in skeletal muscle adaptation to exercise [J]. *Am J Physiol-Endocrinol Metabol*, 2012, 302(11): 1343–1351.
- [52] 孙晶琳, 王玉峰. 运动食品的现状和未来[J]. *大家健康旬刊*, 2017, 11(6): 298–299.
- Sun JL, Wang YF. Current situation and future of sports food [J]. *Health People*, 2017, 11(6): 298–299.
- [53] 陆磊. 糖原填充对于间歇运动成绩的影响[J]. *当代体育科技*, 2017, 7(13): 18–19.
- Lu L. The effect of glycogen filling on the performance of interval sports [J]. *Contemp Sport Technol*, 2017, 7(13): 18–19.
- [54] 徐婷婷. 网球运动能量代谢特征及糖类补充方法[J]. *运动*, 2017, 24(8): 30–31.
- Xu TT. Characteristics of energy metabolism and methods of carbohydrate supplement in tennis [J]. *Exercise*, 2017, 24(8): 30–31.
- [55] 何丹丹. 不同方式急性运动对糖代谢指标动态变化的影响[D]. 苏州: 苏州大学, 2017.
- He DD. The effect of different acute exercise on the dynamic change of glucose metabolism index [D]. Suzhou: Suzhou University, 2017.
- [56] 代春满, 柳凤舞. 肌酸补充在青少年运动员中的实践应用[J]. *中国学校体育*, 2018, 35(9): 69.
- Dai CM, Liu FW. Practical application of creatine supplementation in young athletes [J]. *Chin School Phy Edu*, 2018, 35(9): 69.
- [57] 张学庆. 运动后补充肉碱可提升骨骼肌糖原合成代谢[J]. *基因组学与应用生物学*, 2019, 38(1): 342–348.
- Zhang XQ. Carnitine supplementation can enhance glycogen synthesis and metabolism in skeletal muscle [J]. *Geno Appl Biol*, 2019, 38(1): 342–348.
- [58] 张宪亮, 徐波. 左旋肉碱(L-肉碱)对运动能力的影响[J]. *辽宁体育科技*, 2011, 33(2): 50–52.
- Zhang XL, Xu B. The influence of L-carnitine on sports ability [J]. *Liaoning Sports Sci Technol* 2011, 33(2): 50–52.
- [59] Nevin AG, Gamze EO, Filiz SB, *et al.* Effects of acute L-carnitine supplementation on nitric oxide production and oxidative stress after exhaustive exercise in young soccer players [J]. *J Sports Med Phy Fit*, 2015, 55: 245–248.

(责任编辑: 于梦娇)

作者简介

王 思, 硕士, 主要研究方向为体育
教学与运动康复。
E-mail: z83553@163.com