

运动食品能量棒功能与代谢特点的研究进展

齐 佳*

(西安医学院, 西安 710021)

摘 要: 运动食品能量棒能够满足运动员在运动过程中的特殊营养需求, 快速且持续地为运动员供能, 提高运动耐力, 缓解运动疲劳。运动食品能量棒的研究具有广阔的市场前景。不同运动类型的运动员的营养需求不同, 了解运动员不同的营养需求和运动食品能量棒的成分与代谢特点, 对研究和选择有针对性地运动食品十分重要。本文介绍了国内外运动食品能量棒的发展现状和市场趋势、运动食品能量棒的分类、不同运动类型运动员的营养需求特点, 以及运动食品能量棒的成分及代谢特点, 为运动食品能量棒的研究提供理论参考。

关键词: 运动食品; 能量棒; 分类; 运动类型; 代谢

Research progress on the function and metabolism characteristics of energy bars in sports food

QI Jia*

(Xi'an Medical University, Xi'an 710021, China)

ABSTRACT: Sports food energy bar can meet the special nutritional needs of athletes in the process of sports. It can provide energy for athletes quickly and continuously, improve sports endurance and relieve sports fatigue. The development of the energy bar has a broad market prospect. Different types of athletes have different nutritional needs. It is very important to understand the different nutritional needs of athletes and the composition and metabolism characteristics of energy bars for research and selection of targeted sports food. This paper introduced the development status and market trend of the energy bar at home and abroad, the classification of the energy bars, the nutritional needs of athletes of different sports types, as well as the composition and metabolism characteristics of sports food energy bar. This paper provided a theoretical reference for the research of the energy bar.

KEY WORDS: sports food; energy bar; classification; sports types; metabolism

1 引 言

运动食品是与运动有关的一类功能食品, 能为运动员提供特殊营养需求, 调整代谢状态, 并提高运动员体能^[1,2]。随着我国经济的快速发展和体育从业人数的不断增加, 人们对于运动营养的了解十分迫切, 运动食品随之迎来新的发展机遇^[3]。运动营养是竞技体育运动中的热点研究话题。有研究发现^[4], 运动营养可以缓解运动员在比赛中的肌肉疲

劳和赛后的恢复, 有利于运动员获得优异的成绩。能量棒是一种棒状或片状的运动食品, 既能快速供能, 又能保证持续供能, 有利于保持机体血糖水平的稳定, 增强运动员的运动能力。能量棒能够及时为运动员提供大量能量、蛋白质以及维生素等营养成分, 同时有助于提高运动耐力, 缓解运动疲劳。因此能量棒在体育、军事等领域有广泛的应用^[5]。本文就运动食品能量棒的发展和市场、分类、功能和代谢展开了讨论, 以期运动食品能量棒的研究提供理论参考。

*通讯作者: 齐佳, 硕士, 主要研究方向为体育教育训练学。E-mail: 186547@163.com

*Corresponding author: QI Jia, Master, Xi'an Medical College, Xi'an 710021, China. E-mail: 186547@163.com

2 不同运动类型运动员的营养需求特点

不同运动员的营养需求与运动类型、运动强度有关,也与其自身的代谢特点有关^[6,7]。只有充分了解不同运动类型运动员的营养需求特点,才能更科学地为运动员选择适宜的运动食品。

耐力运动持续时间较长,运动员消耗的能量多,特别需要补充糖类供能物质。运动时机体先由糖代谢供能,然后以脂肪代谢为主,随着运动的持续,运动员体内糖的水平持续下降,脂肪不断被分解^[8]。张玮^[9]研究表明,耐力型运动员机体糖原的储存能力和糖的代谢能力对运动结果的影响十分关键。耐力运动需要大量糖原的氧化供能,因此该类运动员应补充大量的糖类物质,以保证体内有充足的糖原储备,同时适当补充脂肪,以满足机体的能量需求。

力量运动对运动员的爆发力有较高要求,运动时能量供应方式以无氧呼吸为主。运动员对蛋白质的摄取,直接关乎运动员力量和爆发力的大小,一般要求运动员应摄取蛋白质 29 g/kg 体重,且半数为优质蛋白质^[10]。同时,维生素及微量元素的摄入,有利于保证其神经和肌肉的兴奋度。乔晓芸^[11]研究表明,适量补充磷酸肌酸有助于力量型运动员运动能力的提高。蛋白质能够有效补充运动过程中的耗能,有利于肌肉的修复,有利于刺激神经系统的兴奋,从而增加运动员的爆发力,提高运动成绩^[12]。

速度运动时运动员体内的能量消耗快,机体易出现缺氧状态。速度运动多为高耗能运动,由于短时间内酸代谢产物的堆积,对运动员的肌肉、血液以及神经系统造成极大影响,运动员必须摄入充足的能量保证机体的糖原储备^[13]。除了能源物质,该运动类型运动员还应同时补充维生素和无机盐,以保证参与代谢的酶系的活性。马齐慧等^[14]研究证实,速度型运动员在赛前 2 h 补充能量,同时在比赛过程中补充易消化的营养物质,有利于保证运动员的体能状态;在赛后摄入大量糖类和蛋白质的食物,有利于运动员快速恢复身体机能。

技巧运动时运动员能量消耗不大,不宜摄入过多能量,应加强神经系统的营养供给^[15,16]。运动员应摄入足够的蛋白质、维生素以及微量元素,以保证比赛时的能量供应和神经活动^[17]。

根据不同运动类型的需能特点,适当补充能量及营养物质,有助于运动员取得更好地运动成绩,达到事半功倍的效果。

3 运动食品能量棒的分类

能量棒主要包括休闲食品能量棒和运动食品能量棒 2 类。休闲食品能量棒的碳水化合物和脂肪含量较高,营养含量不均衡。

3.1 按主要功能分类

运动食品能量棒按主要功能可分为动力能量棒和耐力能量棒 2 大类。动力能量棒富含碳水化合物、蛋白质和脂肪等营养物质,能为机体提供全面的营养,可作为代餐食品食用。耐力能量棒是为高强度耐力运动者设计的,碳水化合物含量极高,几乎没有蛋白质和脂肪,其主要功能是为运动员快速补充能量^[18]。

3.2 按主要成分分类

运动食品能量棒按主要成分可分为谷物能量棒、坚果能量棒、其他能量棒 3 大类。谷物能量棒是以大米、燕麦、玉米等谷物为主要原料,利用高黏度糖浆的黏合作用,制成的棒状或片状的产品。谷物含有丰富的蛋白质和碳水化合物,富含维生素和微量元素,是生产运动食品能量棒的首选原料^[19]。于新等^[20]发明了全营养谷物能量棒,其营养价值高、食用方便而且功效好。另有张薇等^[21]以小麦胚芽为主要原料,辅以大豆蛋白和低聚果糖,研制出了小麦胚芽能量棒,该能量棒是一种新型的健康代餐能量棒。坚果能量棒是以坚果为主料,另添加果干、巧克力等辅料,利用黏合剂制成的产品。坚果的加入改善了传统能量棒的口感,营养丰富、味道香甜、方便携带。赵敏等^[22]研制了一种核桃花生能量棒,口感酥脆、营养价值高。其他能量棒是指除了谷物和坚果能量棒以外的能量棒。此种能量棒添加了功能性物质,更有利于改善运动员的体质,提高运动成绩。目前,广泛应用于能量棒中的功能性物质有人参皂苷、葡萄子花青素、鱼腥草黄酮等^[23-25]。

4 运动食品能量棒的成分及代谢特点

运动食品能量棒作为一种可快速补充能量的产品,要满足不同运动类型运动员对能量和营养物质的特殊需求,还要具备缓解运动员运动疲劳、提高运动耐力的作用。运动疲劳是指由于运动过度引起的机体运动能力下降,不能维持原有的运动强度。运动疲劳的发生机制主要有自由基损伤说、代谢失调说和内环境稳态失调说等^[26,27]。

4.1 碳水化合物的功能与代谢

碳水化合物是运动食品能量棒中重要的供能成分,在高强度运动中,若机体内碳水化合物含量不足,则会诱发肌肉疲劳,降低运动能力,因而运动员在运动前和运动过程中,应及时补充碳水化合物^[28]。运动前摄入升糖指数低的能量棒可以降低运动员体内葡萄糖的消耗,为机体持续供能,同时促进脂肪氧化,降低厌氧糖原的分解,提高运动耐力,利于运动员的长期营养健康^[29]。

糖代谢是运动员重要的能量来源之一,是重要的运动燃料。血液中的葡萄糖,通过葡萄糖转运体进行浓度差转运而进入细胞内,细胞内的葡萄糖经己糖激酶磷酸化,

转化为葡萄糖-6-磷酸,作为糖原储备或 ATP 的中间代谢产物。在耐力运动中,运动员的糖代谢明显区别于其他运动,因此,耐力运动过程中的糖摄入量需具体分析。黄波^[30]研究认为,在进行长时间、大强度的耐力运动训练时,建议不限制摄糖的最高摄入量。Jeilemdri^[31]研究表明,运动员在 1 h 以上的持续运动中,单一糖来源在体内的氧化速率可高达 60 g/h;大强度的耐力运动时,氧化速率约为 90 g/h;在绝对运动强度降低时,糖氧化速率也低,需要下调糖的摄入量。在耐力训练和适量限食的运动中,训练和限食可以显著降低运动员的体重和体脂成分,同时降低其血清胰岛素水平。训练与限食干预结合,可以提高运动员股四头肌肌糖原含量,进而提高了骨骼肌的糖代谢水平^[32]。

碳水化合物是最经济的、最重要的能量来源。能量棒中的碳水化合物为机体持续供能,有利于运动能力的保持和提升,是能量棒中较为重要的组成成分。

4.2 蛋白质的功能与代谢

蛋白质是机体的供能物质,同时参与由运动引起的损伤性肌肉的修复,以及肌肉的生成与代谢。运动后补充蛋白质,有利于运动员提高免疫力、修复受伤的肌肉组织、缓解肌肉疲劳^[33]。董亚会^[34]以优质蛋白质、膳食纤维为主要原料,研制出了一种蛋白质能量棒,实验表明该能量棒可以有效缓解运动疲劳。

氨基酸代谢是蛋白质代谢研究的重点^[35]。氨基酸循环水平的升高可提高肌肉蛋白质合成能力。运动可以激活雷帕霉素复合物 1(mTORC1)信号,调节骨骼肌蛋白质代谢,提高骨骼肌蛋白质合成的能力^[36]。Evans^[37]研究发现,渐进式阻力训练或力量训练可刺激运动员肌肉尺寸和力量的增加。

运动员在训练和比赛中消耗大量的能量,体内蛋白质的分解代谢十分旺盛。在能量棒中加入蛋白质,可以使运动员及时摄取优质蛋白质和氨基酸,缓解运动对机体的损伤。

4.3 脂肪的功能与代谢

脂肪是能量的重要储存形式,是运动员耐力运动时的主要能源物质,运动强度越大,脂肪的供能作用降低;运动时间越长,脂肪的供能作用越大^[38]。对于耐力运动的运动员而言,适量摄入脂肪,可提高脂肪动员的能力,改善运动效果。

脂类代谢与运动能力有关。甘油三酯的氧化速率与运动中肌肉的能量需求、脂肪酸向肌肉线粒体的输送速度以及其他底物的状态有关。肌肉中血流的增加,减少了脂肪酸再酯化,有利于促进释放的脂肪酸向骨骼肌的传递。徐晓峰等^[39]研究表明,在接受相同强度的训练时,接受过耐

力训练的人,运动时的脂肪氧化程度更高。另有证据显示^[40],训练可以增加非血浆衍生的脂肪酸的氧化,从而使机体脂肪氧化水平增加。高强度运动期间进行肠外脂肪补充,可增加机体脂肪氧化的能力。

脂肪除了为运动释放能量外,磷脂对肌肉细胞的信息传递有一定影响。能量棒中的脂类物质有利于提高运动员的运动能力。

4.4 其他营养物质的功能与代谢

维生素是维持人体正常代谢不可缺少的营养物质。“抗氧化剂复合物链”学说主要包括:维生素间的协调性作用、维生素与无机盐之间的协调性作用、维生素与其他有机成分之间的协调性作用^[41]。巫国贵等^[42,43]研究表明,维生素 C、维生素 E 具有很好的抗氧化功能,能够有效清除运动员在运动中产生的自由基,促进机体受损 DNA 的清除,预防和减缓运动性自由基损伤,保证骨骼肌维持正常水平,具有缓解运动疲劳、提高运动耐力的作用。维生素 A 或胡萝卜素可引发促氧化反应,通过电子转移和脱氢反应发挥其抗氧化能力,有利于延缓运动员的用眼疲劳^[44]。维生素 B 主要预防运动性贫血^[45]。维生素 D 与骨骼代谢相关联。薛瑜等^[46]研究发现,运动干预和补充维生素 D 对改善骨骼质量有明显作用。

水是维持机体代谢平衡的重要物质,过度脱水会导致肾功能和免疫功能受损,甚至出现意识模糊^[47]。一项针对马拉松运动员的研究发现^[4],运动过程中水分的摄入应因天气、比赛速度和运动员身体状况而异,合理补充水分对运动成绩尤为重要。

5 国内外运动食品能量棒的发展现状及市场趋势

5.1 国内外运动食品能量棒的发展现状

马拉松、游泳等耐力型运动,大量消耗运动员体内的糖原物质。随着糖原含量的迅速降低,机体的供能物质转换为脂肪,当运动强度过大,脂肪供能无法维持机体所需时,便出现了撞墙期。撞墙期的表现为呼吸困难、肚子疼痛、肌肉僵硬等。为了解决运动中出现的撞墙期,加拿大运动员布莱恩夫妇研制出了易于吸收、能够长时间提供能量的食品“Power Bar”,标志着能量棒的诞生^[48]。此后,各种能量棒品牌逐渐进入人们的视野。

能量棒是一种方便、能快速补充能量的棒状食品,营养素含量合理,能够满足运动员的能量需求,调节人体机能^[49]。目前,国外运动食品能量棒的种类较多,普遍为欧美专业运动员和运动人群接受,美国、德国、英国和法国的能量棒食品每年销量巨大。目前,国内的运动食品能量棒的发展还处于起步阶段。随着中国经济的发展和消费者

需求的增加,国民对运动食品能量棒的消费热情也迅速增加。但是,现在国内能量棒产品大部分是依靠进口国外品牌^[50]。国外产品价格高,且口感不能满足中国消费者的需求;国内已有学者张春美等^[49,51]对能量棒的不同配方进行了研究,但整体上能量棒产品不多,种类较为单一,产品功能性还需要不断提高^[52]。

5.2 运动食品能量棒的市场趋势

运动食品能量棒可以为运动员提供各种类型的蛋白质、脂肪和碳水化合物,是非常适合运动员的食品类型,具有广阔的市场前景。部分国外运动食品品牌占据着较大的市场份额,销售量惊人,种类繁多。随着国内市场和消费者需求的增加,运动食品能量棒的消费群体在迅速增加,运动食品的产量和种类也在不断提高。在过去的几年里,全球能量棒市场出现了巨大的增长。能量棒的发展随着人们对各种人工色素认识的提高而加速。能量棒被认为是快节奏生活中可供选择的膳食替代品。目前北美地区能量棒所占的市场比重最大。沈豪等^[53]预测,在 2017~2023 年间,运动食品能量棒在北美地区所占市场比重最大,在亚太地区将出现大规模增长,其中中国将为亚太地区的生长创造有利环境。各大能量棒制造商也开始重视在亚太地区发展中国开展促销活动,从而加速能量棒的销售。

从市场规模来看,我国能量棒的市场占有率较低。2018 年我国能量棒的产值达到了 91.5 亿元,销售收入为 66.3 亿元,市场规模达到 305.5 亿元。能量棒的目标人群主要是运动健身的人,而在这类人群的市场中,能量棒只占了 21.7%。从产品结构来看,高蛋白能量棒新品增长最快的市场在亚太地区,复合年增长率高达 25.4%。含有蛋白质的谷物和能量营养棒市场份额占比为 72.4%,运动营养棒的市场份额占比为 27.6%。我国市场每年新推出的能量棒产品种类逐年递增,2008 年为 4 个品种,2017 年为 163 个品种,增长了近 40 倍^[54]。相对于美国等发达国家而言,我国能量棒市场还有很大的开拓空间。

6 结 语

运动食品能量棒能够保证运动员生理代谢的需求,迅速、持续、有效的为运动员提供能量,缓解疲劳,提高运动成绩。运动食品能量棒按主要功能分类有动力能量棒和耐力能量棒 2 类,按主要成分又有谷物能量棒、坚果能量棒、其他能量棒之分。运动员需了解不同运动食品能量棒的成分与代谢特点,并结合自身的运动特点与能量需求进行选择。随着运动食品的普及,能量棒的市场前景将十分广阔。我国应尽快解决市面上运动食品能量棒产品种类单一、功能性欠佳的问题,研制出更多的适合国人的能量棒产品,以满足巨大的市场需求。

参考文献

- [1] 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 Int Soc Sport Nutr*, 2018, 15: 23–24.
- [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] 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(10).
Su ZH. Sports nutrition food industry: Running in the morning sun [N]. *Chin Med J*, 2017-09-21(10).
- [4] 刘玉倩, 杨雯茜, 殷娟娟. 运动营养研究的新进展[J]. *北京体育大学学报*, 2015, 38(8): 58–64.
Liu YQ, Yang WQ, Yin JJ. New progress in sports nutrition research [J]. *J Beijing Sport Univ*, 2015, 38(8): 58–64.
- [5] 王婵, 董新娜, 李博. 能量棒以颜色为劣变指标的货架期预测模型的建立[J]. *食品科技*, 2013, 38(12): 54–59.
Wang C, Dong XN, Li B. Establishment of shelf-life prediction model for power bar with color as the deterioration index [J]. *Food Sci Technol*, 2013, 38(12): 54–59.
- [6] 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 Behav*, 2018, 201: 35–37.
- [7] 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.
Zhou LL, Yi MQ, Yang ZY. Study on the recovery value of blood biochemical indexes of elite Chinese athletes [J]. *Sci Phys Edu*, 2002, 22(3): 96–102.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 薛博洋. 补充不同营养剂组合对男子 U18 足球运动员赛前准备期成分、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.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] Blennerhassett C, Mcnaughton LR, Sparks SA. Factors influencing ultra-endurance athletes food choices: an adapted food choice questionnaire [J]. *Res Sport Med*, 2019, 27(2): 55–56.
- [16] 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]. *Sport World(Acad Ed)*, 2019, 13(2): 167–169.
- [17] 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.
- [18] 张坚锋, 刘海山. 运动员参赛准备期营养及训练课能源补充问题探讨[J]. *才智*, 2020, (10): 244.
Zhang JF, Liu HS. Discussion on energy supplement of nutrition and training courses for athletes in preparation period [J]. *Intelligence*, 2020, (10): 244.
- [19] 李建玲. 谷物在我国运动营养食品中的应用[J]. *食品安全质量检测学报*, 2018, 9(21): 5559–5564.
Li JL. Application of cereals in sports nutrition food in China [J]. *J Food Saf Qual*, 2018, 9(21): 5559–5564.
- [20] 于新, 曾天孺, 何嘉敏, 等. 全营养谷物能量棒及其制备方法: 中国, 109566998A[P]. 2019-04-05.
Yu X, Zeng TR, He JM, *et al.* Whole nutrient grain energy bar and preparation method thereof: CN, 109566998A [P]. 2019-04-05.
- [21] 张薇, 徐慧玉, 赵朋涛. 响应面法优化小麦胚芽能量棒配方研究[J]. *陕西农业科学*, 2018, 64(3): 15–18.
Zhang W, Xu HY, Zhao PT. Optimization of wheat germ energy bar formula by response surface methodology [J]. *Shaanxi J Agric Sci*, 2018, 64(3): 15–18.
- [22] 赵敏, 赵志峰, 秦凤娇, 等. 一种核桃花生能量棒及其制备方法: 中国, 107080030A[P]. 2017-08-22.
Zhao M, Zhao ZF, Qin FJ, *et al.* Walnut peanut energy bar and preparation method thereof: CN, 107080030A [P]. 2017-08-22.
- [23] 刘娜, 刘鲲, 刘苾川, 等. 人参皂苷对小鼠抗疲劳作用研究[J]. *光明中医*, 2015, (9): 1867–1869.
Liu N, Liu K, Liu BC, *et al.* Study on antifatigue effect of ginsenoside on mice [J]. *Guangming J Chin Med*, 2015, (9): 1867–1869.
- [24] 臧守相. 原花青素对小鼠运动性疲劳及抗氧化能力的影响[J]. *世界复合医学*, 2019, 5(3): 25–28.
Zang SX. Effects of procyanidins on exercise-induced fatigue and antioxidant capacity in mice [J]. *World J Complex Med*, 2019, 5(3): 25–28.
- [25] 王文军. 运动营养食品的现状和未来发展探讨[J]. *食品安全质量检测学报*, 2018, 9(6): 1411–1415.
Wang WJ. Discussion on the present situation and future development of sports nutrition food [J]. *J Food Saf Qual*, 2018, 9(6): 1411–1415.
- [26] 刘瑞. 针灸疗法治疗运动性疲劳的抗氧化应激机制探索[J]. *广州中医药大学学报*, 2019, 36(7): 1029–1034.
Liu R. Anti-oxidative stress mechanism for acupuncture and moxibustion therapy in treating exercise-induced fatigue [J]. *J Guangzhou Univ Tradit Chin Med*, 2019, 36(7): 1029–1034.
- [27] 林朝霞, 陈园. 运动饮料对体育运动功能的影响[J]. *食品安全质量检测学报*, 2019, 10(8): 2300–2303.
Lin ZX, Chen Y. Effects of sports drinks on sports function [J]. *J Food Saf Qual*, 2019, 10(8): 2300–2303.
- [28] Kaviani M, Chilibeck PD, Jochim J, *et al.* The glycemic index of sport nutrition bars affects performance and metabolism during cycling and next-day recovery [J]. *J Human Kinet*, 2019, 66(1): 69–79.
- [29] Bennett CB, Chilibeck PD, Barss T, *et al.* Metabolism and performance during extended high-intensity intermittent exercise after consumption of low and high-glycaemic index pre-exercise meals [J]. *British J Nutr*, 2012, 108(1): 81–90.
- [30] 黄波. 运动营养对身体机能改善的研究进展[J]. *食品与发酵科技*, 2018, 54(3): 89–92, 100.
Huang B. Research progress of sports nutrition on improvement of body function [J]. *Food Ferment Technol*, 2018, 54(3): 89–92, 100.
- [31] Jeilemdri A. A step towards personalized sports nutrition: carbohydrate intake during exercise [J]. *Sport Med*, 2014, 44(1): 25–33.
- [32] 胥靓, 伊木清, 楼望, 等. 耐力训练和适量限食轻度上调大鼠骨骼肌 ER 分子伴侣表达并改善糖代谢的研究[J]. *成都体育学院学报*, 2013, 39(5): 84–90.
Xu L, Yi MQ, Lou W, *et al.* Endurance training and moderate food restriction slightly up regulate the expression of Er molecular chaperone in rat skeletal muscle and improve glucose metabolism [J]. *J Chengdu Inst Phy Edu*, 2013, 39(5): 84–90.
- [33] 卓长清, 周兵. 蛋白食品对运动员生理功能的影响[J]. *食品安全质量检测学报*, 2018, 9(19): 239–243.
Zhuo CQ, Zhou B. Influence of protein food on athletes' physiological function [J]. *J Food Saf Qual*, 2018, 9(19): 239–243.
- [34] 董亚会. 蛋白棒抗运动性疲劳的功效研究及市场前景分析[J]. *食品研究与开发*, 2016, 37(17): 161–164.
Dong YH. Research on the anti-exercise fatigue effect of protein bar and market outlook analysis [J]. *Food Res Dev*, 2016, 37(17): 161–164.
- [35] 罗钧秋, 曹中明, 陈代文, 等. 蛋白质营养研究新阶段[J]. *中国畜牧杂志*, 2012, 48(13): 73–76.
Luo JQ, Cao ZM, Chen DW, *et al.* New stage of protein nutrition research [J]. *Chin J Anim Husband*, 2012, 48(13): 73–76.
- [36] Dickinson JM, Volpi E, Rasmussen BB. Exercise and nutrition to target protein synthesis impairments in aging skeletal muscle [J]. *Exerc Sport Sci Rev*, 2013, 41(4): 216–223.
- [37] Evans WJ. Protein nutrition, exercise and aging [J]. *J Am Coll Nutr*, 2004, 23(6): 601–609.
- [38] 吴菊花, 鞠丽丽. 脂肪分解代谢与运动训练[J]. *中国体育教练员*, 2015, 23(3): 19–20.
Wu JH, Ju LL. Fat catabolism and exercise training [J]. *Chin Sport Coach*, 2015, 23(3): 19–20.
- [39] 徐晓峰, 吴升, 吴敏魁, 等. 营养干预对代谢综合征患者脂代谢影响的

- 研究[J]. 临床军医杂志, 2011, 39(1): 17-18.
- Xu XF, Wu S, Wu MK, *et al.* Effect of nutritional intervention on lipid metabolism in patients with metabolic syndrome [J]. *J Clin Mil Med*, 2011, 39(1): 17-18.
- [40] Horowitz JF, Klein S. Lipid metabolism during endurance exercise [J]. *Am J Clin Nutr*, 2000, 72(2): 558-563.
- [41] 邱烈峰. 维生素与运动研究进展[J]. 中国老年学杂志, 2016, 36(9): 2287-2290.
- Qiu LF. Research progress on vitamins and exercise [J]. *Chin J Gerontol*, 2016, 36(9): 2287-2290.
- [42] 巫国贵, 于芳, 崔建梅. 维生素 E 对大鼠骨骼肌无氧运动能力及自由基代谢的影响[J]. 运动, 2012, (35): 50-51.
- Wu GG, Yu F, Cui JM. Effects of vitamin e on anaerobic exercise capacity and free radical metabolism in skeletal muscle of rats [J]. *Sport*, 2012, (35): 50-51.
- [43] 汪求真, 马爱国. 维生素 E 对氧化应激及相关慢性病的影响[J]. 环境卫生学杂志, 2008, 35(6): 364-370.
- Wang QZ, Ma AG. Effect of vitamin E on oxidative stress and related chronic diseases [J]. *J Environ Hyg*, 2008, 35(6): 364-370.
- [44] 林文强, 黄燕玲, 李宇星. 维生素 A 与运动能力[J]. 中国体育教练员, 2019, 27(2): 34-35.
- Lin WT, Huang YL, Li YX. Vitamin A and exercise ability [J]. *Chin Sport Coach*, 2019, 27(2): 34-35.
- [45] 林文强, 陈珍珠, 杨贵明. 维生素 B 与运动能力[J]. 中国体育教练员, 2018, 26(2): 16-17.
- Lin WT, Chen ZZ, Yang GM. Vitamin B and exercise ability [J]. *Chin Sport Coach*, 2018, 26(2): 16-17.
- [46] 薛瑜, 王鸥, 徐苓, 等. 强化运动、维生素 D 和钙剂补充对社区绝经后女性生活质量的影响[J]. 中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志, 2017, 10(6): 507-512.
- Xue Y, Wang O, Xu L, *et al.* Effects of intensive exercise, vitamin D and calcium supplementation on the quality of life of postmenopausal women in communities [J]. *Chin J Osteoporos Bone Miner Dis*, 2017, 10(6): 507-512.
- [47] Kenney EL, Long MW, Craddock AL, *et al.* Prevalence of inadequate hydration among us children and disparities by gender and race/ethnicity: national health and nutrition examination survey [J]. *Am J Publ Health*, 2015, 105(8): 113-118.
- [48] 黄序, 尹未华, 李奇庚. 食物棒类运动营养食品的研制[J]. 食品研究与开发, 2007, 128(4): 160-162.
- Huang X, Yin WH, Li QG. Research technology of sports nutrition food of food bar [J]. *Food Res Dev*, 2007, 128(4): 160-162.
- [49] 张春美, 张少君, 姚玉芳, 等. 小麦胚芽能量棒的配方研究 [J]. 粮食与食品工业, 2008, 15(2): 20-22.
- Zhang CM, Zhang SJ, Yao YF, *et al.* Study on the formula of wheat germ energy bar [J]. *Cere Food Ind*, 2008, 15(2): 20-22.
- [50] 于新, 曾天衢, 何嘉敏, 等. 一种绞股蓝提取物与水果复配的营养能量棒及其制备方法: 中国, 109363181A[P]. 2019-02-22.
- Yu X, Zeng TR, He JM, *et al.* Nutritional energy bar compounded with *Gynostemma pentaphyllum* extract and fruit and preparation method thereof: CN, 109363181A [P]. 2019-02-22.
- [51] 杨则宜, 焦颖. 能量棒: 中国, 1729860A[P]. 2006-02-08.
- Yang ZY, Jiao Y. Energy bar: CN, 1729860A [P]. 2006-02-08.
- [52] 吴铁, 徐伟雄, 崔燎, 等. 一组以结晶果糖为主要能源原料制备的果糖能量棒: 中国, 109619592A[P]. 2019-04-16.
- Wu T, Xu WX, Cui L, *et al.* A group of fructose energy bars prepared by using crystalline fructose as the main energy source: CN, 109619592A [P]. 2019-04-16.
- [53] 沈豪, 陈可为. 能量棒的研究进展[J]. 现代食品, 2018, (16): 39-45, 48.
- Shen H, Chen KW. Research progress of energy bar [J]. *Mod Food*, 2018, (16): 39-45, 48.
- [54] 中国产业研究院. 2019-2025 年中国能量棒行业市场现状调研与投资风险预测报告 [EB/OL]. [2019-04-01] <http://www.chinairm.com/report/20190129/092502370.html>
- China Industrial Research Institute. Market survey and investment risk prediction report of China energy bar industry from 2019 to 2025 [EB/OL]. [2019-04-01] <http://www.chinairm.com/report/20190129/092502370.html>

(责任编辑: 于梦娇)

作者简介

齐 佳, 硕士, 主要研究方向为体育教育训练学。
E-mail: 186547@163.com