

微量元素在运动营养食品中的强化水平及风险评估

马艳*, 杨改红, 张雪琴

(西安交通大学城市学院, 西安 710018)

摘要: 随着人们运动健身意识的增强, 运动营养食品越来越受到欢迎。在此背景下, 运动营养食品的研发越来越受到重视。在运动营养食品中强化微量元素, 客观上增加了微量元素的摄入机会, 但微量元素的强化水平及风险评估需要得到学者的重视。本研究综述了微量元素与人体健康的关系、运动营养食品的定义、分析了国内外运动营养食品的研究现状, 以及微量元素在运动营养食品中的强化水平及风险评估, 为研究微量元素在运动营养食品中的应用提供重要参考。

关键词: 微量元素; 运动营养食品; 强化水平; 风险评估

Enhancement level and risk assessment of trace elements in sports nutrition food

MA Yan*, YANG Gai-Hong, ZHANG Xue-Qin

(City College Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710018, China)

ABSTRACT: With the increase of people's awareness of sports, sports nutritional food is becoming more and more popular. In this context, more and more attention has been paid to the research and development of sports nutrition food. Adding trace elements to sports nutritional food increases the chances of trace elements intake objectively. However, the enhancement level and risk assessment of trace elements need to be paid attention by scholars. This paper summarized the relationship between trace elements and human health and the definition of sports nutrition food, analyzed the research status of sports nutrition food at home and abroad, and the fortification level and risk assessment of trace elements in sports nutrition food, in order to provide an important reference for the study of trace elements in sports nutrition food.

KEY WORDS: trace elements; sports nutrition food; strengthening level; risk assessment

1 引言

随着科技的发展与生活水平的不断提高, 人们开始注意到微量元素在食品中的重要作用。从 20 世纪 90 年代在瑞典召开的“微量元素对健康的影响”的国际会议开始, 越来越多的国家与科研机构的专家学者着力于研究微量元素与营养学、检验医学、预防医学、运动学方面的关系, 并发表

了大量专著, 促进了微量元素与人体健康关系的研究^[1,2]。据世界卫生组织报告, 微量元素缺乏是广泛存在的公共卫生问题, 其中铁的缺乏在世界范围内普遍存在^[3,4]。同时报告指出食物强化可以有效改善人群微量元素缺乏的现状, 通过食物来补充微量元素具有高效益、易操作等优点^[5]。通过运动营养食品补充微量元素具有良好的发展前景, 但目前我国运动营养食品的研发现状有待改善^[6-8]。在国际奥委会

*通讯作者: 马艳, 硕士, 主要研究方向为体育教育研究。E-mail: n30080@163.com

*Corresponding author: MA Yan, Master, City College Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710018, China. E-mail: n30080@163.com

队医培训班(东亚国家/地区)上专家指出, 运动研究基地很少能够提供补充微量元素的运动营养食品, 一些非基地提供的运动营养食品的安全性有待考察^[9,10]。

本文对微量元素的营养价值、生物学功能、对人体健康的影响进行了介绍, 分析了微量元素在运动营养食品中的应用现状, 为微量元素运动食品的研发提供了参考。

2 微量元素

2.1 运动营养食品中的微量元素

运动营养食品中微量元素的添加量是目前存在的问题。人体若不能摄取足量的微量元素, 会导致机体微量元素失调, 出现代谢紊乱, 在食品中加入足量的微量元素有助于提高机体的抵抗力, 预防疾病。反之, 过量添加会影响健康^[2]。微量元素与人体健康密切相关, 其中人体必需的微量元素有 14 种: 铁、锌、碘、铜、锰、钼、铬、钴、硒、钒、镍、锡、氟、锶^[11,12]。人体内常见微量元素的含量及分布如表 1 所示。

表 1 人体内常见微量元素的含量及分布
Table 1 Content and distribution of common trace elements in human body

元素	含量	主要分布
铁	3~5 g	组织、血液、肝脏、脾脏等
锌	2~2.5 g	视网膜、晶状体、前列腺、肝、肾、肌肉等
碘	25~26 mg	甲状腺、血浆、肌肉、肾上腺、皮肤等
铜	100~150 mg	中枢神经、骨骼等
锰	12~20 mg	组织、骨骼、肝脏、脑、肾脏、垂体等
钼	9 mg	骨骼、肝脏、肾脏等
铬	6 mg	肝脏、肾脏、心脏等

微量元素通过食物链进入人体, 参与人体蛋白质的合成、转运以及细胞调节, 是生物体的重要组成成分^[13]。此外, 微量元素在基因转录、表达、调控以及分子识别中仍然发挥重要作用。人体中微量元素的多少直接影响着人体的发育、衰老和疾病^[14,15]。

微量元素在机体内生物活性的研究与运动营养食品的开发有密切关系, 其生物活性研究为运动营养食品的开发提供了重要的指导作用, 而运动营养食品的开发又可以提高食品的营养价值。

2.2 微量元素与人体健康的关系

人体内共有 81 种元素, 根据其在人体内的含量可分为微量元素(含量小于 0.01%)和常量元素(含量大于 0.01%)。微量元素有 70 种, 常量元素有 11 种。

如前所述, 必需微量元素在体内的含量偏少或偏多都会引起疾病, 不利于人体健康^[16]。

锌是人体必需的微量元素之一, 正常成年人体内含锌约 2.5 g, 主要分布在血液中, 人体血液中的锌有 80%~85%在红细胞内。锌对生殖器官的发育、蛋白质的合成都非常重要, 并可以保护肝脏免受化学品毒害。缺锌会引起各种皮肤瘙痒、溃疡, 甚至败血症的发生。此外缺锌会使肝脾肿大、肾功能不全等。但是, 如果吸收锌过多会产生锌中毒, 临床反应为腹痛、腹泻、昏睡等^[17]。

人体中铜的含量约为 80 mg, 主要以铜蛋白质复合物的形式存在于骨骼、血红蛋白、红血球中。铜影响铁的代谢及造血功能, 对骨骼及结缔组织代谢、能量代谢和内分泌都会产生影响。摄入大量铜, 会导致胆汁排泄铜失调, 使得铜最终积累在脑、肾、角膜等器官。缺铁主要引起的疾病是贫血, 如果吸收的铁过多也会产生铁中毒, 临床表现为恶心、呕吐、胃部烧灼感、皮肤出现瘀斑等^[17]。

3 运动营养食品

3.1 运动营养食品的定义

运动营养食品是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求而专门加工的食品。我国对运动营养食品早有定义, 《运动员使用运动营养品管理暂行办法》^[7]明确指出: “运动营养品的管理范围包括对增强体质、提高运动能力、促进机体较快消除疲劳、补充营养有明显作用, 并经卫生、医药、食品部门正式批准生产的营养补剂、中成药、药品以及凡添加中、西药成分的饮料和其他营养制品。严格禁止使用含有国际奥委会确定的禁用药物成分的运动营养补品, 以保护运动员的身体健康, 提高运动技术水平。”我国对运动营养食品的管理按照以上原则, 如果运动营养食品的组成配方发生变化, 须经过兴奋剂检测中心的检测, 不得含有世界反兴奋剂机构公布的禁用药物及成分。

在《食品安全国家标准: 运动营养食品通则》中运动营养食品的定义为, 运动营养食品是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求而专门加工的食品^[18]。运动人群指的是每周参加 3 次以上体育锻炼、每次持续 30 min 以上、每次运动强度达到中等及以上的人群。

3.2 运动营养食品的国内外研究现状

20 世纪, 科学家对碳水化合物及脂肪代谢进行研究, 开创了运动营养专业知识研究的先河^[19-22], 是目前公认的首次针对运动营养方面的专业性科学研究。自此之后有关学者在体育、航空航天等领域进行的运动营养食品研究, 使得运动营养食品产业飞速发展^[23]。

目前国外运动营养食品, 按照产品的功能, 可分为维生素类营养补充剂、蛋白类营养补充剂及肌酸类营养补充剂等^[24]。美国运动营养食品市场的销售额在 2016 年已超

过 300 亿美元, 运动营养食品行业一直在稳步发展, 种类也不断增多^[8]。我国运动营养食品发展的比较晚, 1984 年出现的碳酸饮料健力宝是最早的运动营养食品, 1998 年, 出现了首家运动营养食品企业康比特公司。随着市场需求的增加, 我国运动营养食品产业迅猛发展, 成立了专门从事运动营养方面研究的机构, 国家体育总局的运动营养研究中心等研究所进行运动营养食品的研发^[25-28]。这极大地促进了我国运动营养食品行业的繁荣发展^[8,29-31]。

我国食品药品监督管理总局设定了包括提高抗缺氧耐受力、缓解体力疲劳等与运动有关的食物功能强化, 企业生产的运动营养食品多与这些功能相关。各种微量元素强化的运动营养食品, 在选择强化形式时都要考虑其生物利用率、加入后食物的色香味及形态的变化以及添加成本^[28]。

微量元素锌的补充, 国内外开发了许多强化锌产品, 多以即食谷物的形式呈现。国际上允许使用的强化锌的来源 10 种, 我国规定的锌营养强化剂包括 3 种无机锌和 5 种有机锌, 具体包括氯化锌、氧化锌、硫酸锌、乳酸锌、乙酸锌、葡萄糖酸锌、柠檬酸锌和甘氨酸锌^[29]。在锌强化剂的形式上, 人们越来越关注利用生物技术开发的生物态锌, 如蛋白锌、富锌酵母等, 此类锌强化剂吸收效率高、副作用小^[30]。

对于安全范围较窄的微量元素, 例如硒的补充, 比强化锌、强化铁要更复杂, 目前广泛使用的硒补充剂是 Se-Met。澳大利亚和新西兰认可生产的运动营养食品的功能成分为亚硒酸钠、Se-Met 和高硒酵母。我国现多以富硒茶、富硒大蒜的形式强化微量元素硒^[31]。

4 微量元素在运动营养食品中的强化水平及风险评估

4.1 强化微量元素营养素及强化水平

世界各国对强化微量元素营养素的品种要求, 主要是铁、锌、碘、铜等元素, 对这类物质的基本要求是符合纯度及安全性^[32-34]。微量元素的添加状态能够被人体吸收利用, 同时不会对其他营养成分的代谢产生不良作用^[35-40]。在正常的储运、销售和食用条件下, 添加的微量元素能够在食品载体中保持稳定, 不会引起食品味道、色泽或外观的不良改变。欧盟可添加到食品中的微量元素包括铁、铜、碘、锌、锰、硒、铬、钼、氟等物质^[41]。《食品中添加必需营养素的通用原则》指出, 在国家食品标准中有关添加必需营养素的规定, 应包括添加营养素的品种以及为达到预期目的而应加入到食品中的量的要求, 必需营养素的添加量要适当, 要考虑其它食物来源的摄入量^[42]。

在制定食品强化水平时, 通常要综合考虑目标人群营养状况、膳食结构以及预期营养改善程度。但是食品中的微量元素很难区分天然存在还是加工过程中的强化添加,

因此, 大部分国家规定的是最终食品中的营养素含量范围, 包括天然存在的和强化添加的总量, 确保消费者在食用时能够摄入足够量的营养素^[41]。

4.2 微量元素在运动营养食品中的风险评估

营养强化食品、营养配方食品、营养素补充剂的出现, 增加了人群微量营养素的膳食摄入量。因此平衡由此而引起的健康收益和风险已经是世界范围的一项重要议题^[43-47]。风险评估的基本原则为各国食品管理提供了决策依据和科学建议。风险评估这种系统的评估方法, 可以评估不良健康作用的可能性和严重程度, 包括危害识别、危害特征描述、暴露评估以及风险特征描述 4 个步骤。

人体每天的正常生理代谢都离不开微量营养素, 因此有必要对微量营养素进行风险评估。在特定的摄入范围内, 微量营养素能够发挥生理功能, 当摄入量低于要求值时, 则会出现营养不良甚至营养缺乏疾病。此时增加摄入量, 这种缺乏引发的不良反应的严重程度会随之减少, 这种效应称之为收益。如果摄入量继续增加直至过量, 则会出现类似其他化学物质毒性作用的风险^[47]。因此, 在运动营养食品中添加微量元素时必须注意两者的平衡, 进行微量营养素的评估。

5 小结

运动营养食品中适量的添加微量元素可以有效改善营养素缺乏的状况, 改善身体机能。目前针对运动营养食品中的微量元强化的研究尚未深入, 关于微量元素摄入量的收益的评估仍然需要专家学者深入探究。我们需要不断完善运动营养食品的研发工艺, 在补充机体微量元素的同时, 还要规避微量元素摄入过量带来的风险。

参考文献

- [1] 黄作明, 黄珣. 微量元素与人体健康[J]. 微量元素与健康研究, 2010, 27(6): 58-62.
Huang ZM, Huang X. Trace elements and human health [J]. Trace Elements Health Res, 2010, 27(6): 58-62.
- [2] 周梅素, 林培华, 郭东龙. 食物微量元素与人体微量元素疾病[J]. 食品科技, 2001, (3): 64-65, 67.
Zhou MS, Lin PH, Guo DL. Trace elements in food and human trace element diseases [J]. Food Sci Technol, 2001, (3): 64-65, 67.
- [3] 王丽娟, 刘菊林. 微量元素对人体健康的作用[J]. 临床合理用药杂志, 2013, 6(8): 63.
Wang LJ, Liu JL. Effects of trace elements on human health [J]. J Clin Rat Drug Use, 2013, 6(8): 63.
- [4] 徐常龙, 陈义凡, 曹世全, 等. 论人体必需微量元素与人类保健[J]. 高等函授学报(自然科学版), 2006, (2): 7-10.
Xu CL, Chen YF, Cao SQ, et al. On essential trace elements and human health [J]. J Higher Correspond Ed (Nat Sci Ed), 2006, (2): 7-10.
- [5] 艾伦. 微量营养素食物强化指南[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2009.
Allen L. Guidelines for micronutrient food intensification [M]. Beijing:

- China Light Industry Press, 2009.
- [6] 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 nutritious food [J]. Food Saf Magz, 2017, (34): 60-61.
- [7] 杨则宜. 全球运动营养食品的发展趋势[J]. 食品工业科技, 2015, 36(24): 24-25.
- Yang ZY. Developmental trend of global sports nutritious food [J]. Sci Technol Food Ind, 2015, 36(24): 24-25.
- [8] 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 nutritious food [J]. Food Res Dev, 2017, 38(14): 205-207.
- [9] 何立群, 徐琪. 运动营养剂的研究趋势[J]. 北京体育大学学报, 2011, 34(3): 79-82.
- He LQ, Xu Q. Research trend of sports nutrition supplements [J]. J Beijing Sport Univ, 2011, 34(3): 79-82.
- [10] 宇辑. 运动营养研究及应用综述[J]. 中国体育教练员, 2015, 23(1): 16-18.
- Yu J. A review of sports nutritious research and application [J]. Chin Sports Coach, 2015, 23(1): 16-18.
- [11] Albert F, Olga M, Peter S, *et al.* Vitamins and minerals: A model for safe addition to foods [J]. Eur J Nutr, 2003, 42(2): 118-130.
- [12] Rasmussen SE, Andersen NL, Dragsted LO, *et al.* A safe strategy for addition of vitamins and minerals to foods [J]. Eur J Nutr, 2006, 45(3): 123-135.
- [13] Bjorksten J. Selenium in nutrition [M]. Washington: National Academy Press, 1983.
- [14] 毛宗万, 安燕, 计亮年. 关于我国生物无机化学发展战略的一点思考[J]. 化学进展, 2004, 16(4): 660-666.
- Mao ZW, An Y, Ji LN. Some thoughts on the development strategy of bioinorganic chemistry in China [J]. Prog Chem, 2004, 16(4): 660-666.
- [15] 陈晓滨, 林少彬, 杨文婕. 环境和生物体内不同含硒化合物测定的研究进展[J]. 卫生研究, 2005, 34(3): 371-374.
- Chen XB, Lin SB, Yang WJ. Advances in the determination of different selenium compounds in the environment and *in vivo* [M]. J Hyg Res, 2005, 34(3): 371-374.
- [16] 胡相红. 微量元素与人类健康[J]. 现代预防医学, 2001, 28(3): 353-355.
- Hu XH. Microelement and human health [J]. Mod Prev Med, 2001, 28(3): 353-355.
- [17] Lestienne I, Besancon P, Caporiccio B, *et al.* Iron and zinc in vitro availability in pearl millet flours (*pennisetum glaucum*) with varying phytate, tannin, and fiber contents [J]. J Agric Food Chem, 2005, 53: 3240-3247.
- [18] 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].
- [19] 董贵俊. 我国运动营养食品发展历程解析[C]. 全国功能性生物制品生产与应用技术交流会, 2008.
- Dong GJ. Analysis of the development of sports nutrition food in China [C]. National Functional Bioproducts Production and Application Technology Conference, 2008.
- [20] Zenith international. Zenith'S report: Global sports drinks [Z]. 2006.
- [21] 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.
- [22] 邓成涛. 运动营养食品的发展历程探析[J]. 辽宁体育科技, 2007, (5): 18-19.
- Deng CT. An analysis of the development of sports nutritional food [J]. Liaoning Sports Sci Technol, 2007, (5): 18-19.
- [23] Packaged Facts: The US. Market for sports nutritional products: sports drinks and energy bars fueling the couch potato [Z]. 2004.
- [24] Alissa Marrapodi: Playing the field-The growing market for sports nutrition [Z]. 2011.
- [25] 李文波. 运动营养食品及其功能性成分进展[J]. 湖北体育科技, 2010, 29(5): 536-537.
- Li WB. Progress in sports nutritional food and its functional components [J]. Hubei Sports Sci Technol, 2010, 29(5): 536-537.
- [26] 林潇潇. 运动营养食品的发展前景巨大[J]. 生意通, 2006, (11): 33.
- Lin XX. Sports nutrition food has great development prospects [J]. Business, 2006, (11): 33.
- [27] 杨军. 体育产业发展与食品消费增长[J]. 食品工业, 2019, (2): 260-262.
- Yang J. Sports industry development and food consumption growth [J]. Food Ind, 2019, (2): 260-262.
- [28] 邓陶陶, 焦颖, 李奇庚. 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. Current situation and future development of sports nutrition food industry [J]. Chin J Food Hyg, 2018, 30(2): 208-212.
- [29] 艾华. 当前运动营养研究述评[J]. 中国运动医学杂志, 2010, 29(2): 228-232, 237.
- Ai H. Review of current sports nutrition research [J]. Chin J Sports Med, 2010, 29(2): 228-232, 237.
- [30] 纪慧君, 方勇, 杜国玺. 运动营养剂的使用原则和种类[J]. 冰雪运动, 2000, (4): 30-33.
- Ji HJ, Fang Y, Du GX. Principles and types of sports supplements [J]. Ice Snow Sports, 2000, (4): 30-33.
- [31] 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. Investigation and development of sports nutrition food mass market in chongqing [D]. Chongqing: Chongqing University, 2016.
- [32] European Food Safety Authority. Opinion of the scientific panel on dietetic products, nutrition and allergies on a request from the commission related to the tolerable upper intake level of iron [J]. EFSA J, 2004, 125: 1-34.
- [33] 张勇. 14种微量元素与人体健康[J]. 化学教与学, 2010, (6): 79-81.
- Zhang Y. 14 trace elements and human health [J]. Chem Teach Learn, 2010, (6): 79-81.
- [34] 路慧哲, 杜凤沛, 李向东. 保护人体健康的金属元素——铁、锌、钒[J]. 大学化学, 2010, 25(S1): 85-89.
- Lu HZ, Du FP, Li XD. Metal elements for protecting human health - iron, zinc and vanadium [J]. Univ Chem, 2010, 25(S1): 85-89.
- [35] 何燕, 周国华, 王学求. 从微量元素与人体健康关系得到的启示[J]. 物探与化探, 2008, (1): 70-74.

- He Y, Zhou GH, Wang XQ. Enlightenment from the relationship between trace elements and human health [J]. *Geophys Geochem Explor*, 2008, (1): 70–74.
- [36] 董国力. 微量元素铁、锌、碘、硒、氟与人体健康的相关性探究[J]. *中国当代医药*, 2013, 20(6): 183–184.
- Dong GL. Research on the correlation between trace elements iron, zinc, iodine, selenium, fluorine and human health [J]. *Contemp Chin Med*, 2013, 20(6): 183–184.
- [37] 初瑞雪, 孟卫东, 崔晔. 食管癌患者全血微量元素变化的临床意义[J]. *国际检验医学杂志*, 2012, 33(19): 2397–2398.
- Chu RX, Meng WD, Cui X. Clinical significance of trace element changes in whole blood of patients with esophageal cancer [J]. *Int J Lab Med*, 2012, 33(19): 2397–2398.
- [38] 孙长峰, 郭娜. 微量元素铁的生理功能及对人体健康的影响[J]. *食品研究与开发*, 2012, 33(5): 222–225.
- Sun CF, Guo N. Physiological function of trace element iron and its effect on human health [J]. *Food Res Dev*, 2012, 33(5): 222–225.
- [39] 葛亚龙, 唐志华. 微量元素与人体健康[J]. *饮料工业*, 2013, 16(3): 4–6.
- Ge YL, Tang ZH. Trace element and human health [J]. *Trace Element Health Res*, 2013, 16(3): 4–6.
- [40] 袁致远, 薛海红, 陈小龙. 铬代谢对人体健康及运动的影响[J]. *西安工程大学学报*, 2008, (2): 254–256.
- Yuan ZY, Xue HH, Chen XL. Effects of chromium metabolism on human health and exercise [J]. *J Xi'an Univ Eng*, 2008, (2): 254–256.
- [41] Rasmussen SE, Andersen NL, Dragsted LO, *et al*. A safe strategy for addition of vitamins and minerals to foods [J]. *Eur J Nutr*, 2006, 45(3): 123–135.
- [42] GB/T 23526-2009 食品中必需营养素添加通则[S].
- GB/T 23526-2009 General rules for the addition of essential nutrients to foods [S].
- [43] 李晓瑜, 刘秀梅. 国内外食品强化管理法标准比较研究[J]. *中国食品卫生杂志*, 2008, 5: 10–15.
- Li XY, Liu XM. Comparative study on standards and regulations of food intensive management at home and abroad [J]. *Chin J Food Hyg*, 2008, 5: 10–15.
- [44] Meramat A, Rajab NF, Shahar S. Cognitive impairment, genomic instability and trace elements[J]. *The journal of nutrition, health & aging*, 2015, 19(1): 48–57.
- [45] Lee SY, Lee SJ. Oxidative/nitrosative stress and antidepressants: Targets for novel antidepressants [J]. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiat*, 2012, 15(2): 110–114.
- [46] Claudine B, Josiane A, Tasnime N. Selenium and cognitive impairment: A brief-review based on results from the EVA study [J]. *Bio Factors*, 2012, 38(2): 139–144.
- [47] Bauer M, Goetz T, Glenn T, *et al*. The thyroid-brain interaction in thyroid disorders and mood disorders [J]. *Neuroendocrinology*, 2008, 20: 1101–1114.

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介

马 艳, 硕士, 主要研究方向为体育教育研究。
E-mail: n30080@163.com