

# 微量元素对运动员身体健康的影响

孟佳珩, 侯建鹏\*

(黑龙江中医药大学体育教研部, 黑龙江 150040)

**摘要:** 微量元素在体内虽然含量甚微, 却是机体正常生长发育所必需的营养物质。微量元素通过形成结合蛋白、酶或激素共同协调维持运动员机体的健康水平与竞技状态, 在提高运动水平、消除运动疲劳、增强机体免疫力等方面具有积极意义。本文介绍了铁、锌、铜与硒的生理功能及其对运动员身体健康的影响, 以期与研究微量元素与运动员身体健康的关系提供理论支持, 为微量元素在运动营养强化食品中的应用提供参考。

**关键词:** 微量元素; 运动员; 生理功能

## Influence of trace elements on the health of athletes

MENG Jia-Heng, HOU Jian-Peng\*

(Department of Physical Education Teaching and Research, Heilongjiang University of Traditional Chinese Medicine, Heilongjiang 150040, China)

**ABSTRACT:** Although there exist very little in the body, the trace elements are essential nutrients for the normal growth and development of the body. By forming binding protein, enzyme or hormone, trace elements can jointly maintain the health level and competitive state of athletes. Trace elements have positive significance in improving the level of exercise, eliminating exercise fatigue and enhancing the immunity of the body. This paper described the physiological functions of iron, zinc, copper and selenium and their effects on athletes' physical health. In order to provide theoretical support for studying the relationship between trace elements and the physical health of athletes, and to provide a reference for the application of trace elements in sports nutrition-fortified foods.

**KEY WORDS:** trace elements; athletes; physiological function

## 1 引言

人体是由各种元素组成的, 一般将含量超过体重0.05%的元素称为宏量元素, 它们构成了人体总重量的99.96%; 将含量小于体重0.01%的元素称为微量元素, 这类元素的总和仅占人体重量的0.05%左右<sup>[1]</sup>。其中, 有一定生物功能的微量元素被称为人体必需微量元素<sup>[2]</sup>, 它们参与人体多种新陈代谢, 会对机体的生理功能产生直接影响, 是机体生长和活动环节所必需的元素。

正常情况下, 人体每日对微量元素的摄入量与排出

量可视为动态平衡。虽然这些微量元素在人体中含量较少, 却以多种方式发挥作用, 对人体的新陈代谢具有重要作用。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<sup>[3]</sup>。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<sup>[4,5]</sup>。当微量元素在机体中的营养平衡被打破时, 会引发普通人群的健康问题; 对于运动员来说, 则会影响到其运动能力。本文就部分对运动员的运动能力能产生影响的微量元素生理功能及其对人体运动能力和健

\*通讯作者: 侯建鹏, 硕士, 副教授, 研究方向为体育营养。E-mail: d62166@163.com

\*Corresponding author: Hou Jian-Peng, Master, Associate Professor, Department of Physical Education Teaching and Research, Heilongjiang University of Traditional Chinese Medicine, Heilongjiang 150040, China. E-mail: d62166@163.com

康状态的影响展开了讨论, 为其运动水平的提高提供膳食支持。

## 2 微量元素的生理功能

### 2.1 铁的生理功能

铁是人体中含量最多的微量元素, 可分为功能性铁和储存铁。功能性铁是铁的主要存在形式, 其中血红蛋白中铁的含量占总铁量的 60%~75%; 存储铁则以铁蛋白和铁黄素形式存在于肝、脾与骨髓中, 占体内总铁的 25%~30%。动物内脏特别是肝脏、血液与肉类都是富含血红素铁的食品, 植物性食物中芦笋、黑木耳、豆类、油菜、菠菜、海带等的含铁量也很高<sup>[6]</sup>。

缺铁将导致运动员体内氧的运输、贮存, 二氧化碳的运输及氧化还原等代谢过程紊乱, 骨髓因不能生成足够数量的血红蛋白和红细胞造成缺铁性贫血<sup>[7,8]</sup>; 铁参与运动员体内的能量代谢, 三羧酸循环中有一半以上的酶和因子含铁或需要有铁存在时才能发挥作用; 此外, 铁对人体的免疫功能及神经系统的发育也有重要作用<sup>[9]</sup>, 缺铁将影响人体内多种酶的活性, 使人体代谢发生紊乱。缺铁性贫血存在较为常见, 会造成人神经组织的损害, 表现为头昏、耳鸣、头痛、失眠、多梦、记忆力减退、注意力不集中等, 严重时机体抵抗力下降, 免疫机制受损, 易受感染, 体内物质代谢紊乱, 还会影响锌、镁、钴等元素的代谢<sup>[10]</sup>。

### 2.2 锌的生理功能

锌在体内的含量很少, 却广泛存在于机体的各种脏器中, 具有重要的生物学功能。锌是多种酶的组成成分及激活剂, 人体中约有 200 多种酶的活性与锌有关, 是人体内必须的具有结构生理功能的营养素<sup>[11]</sup>。

锌与人体的生长发育息息相关, 参与形成 RNA 和 DNA 聚合酶, 直接影响核酸和蛋白质的合成, 能够促进人体的生长发育、细胞复制和组织再生, 促进伤口愈合, 缺锌会导致伤口愈合不良或延缓愈合。锌还参与构成唾液蛋白而对味觉与食欲发生作用, 可以调节食欲<sup>[12]</sup>。此外, 锌能够促进维生素 A 的代谢, 对维护视力可以起到积极作用; 同时, 锌在人的行为和中枢神经活动及免疫系统发育中也起着重要作用, 缺锌将会引起一系列的生理紊乱和组织功能异常<sup>[13]</sup>。

### 2.3 铜的生理功能

铜对人体的生长发育、生殖器官和物质代谢等有着重要影响。在人体内, 铜大部分以结合态存在, 主要存在于人体的肝脏内, 吸收进入血液的铜主要分布在红细胞和血浆中, 以红细胞铜蓝蛋白和血浆铜蓝蛋白的形式存在<sup>[14]</sup>。

铜参与构成了体内多种酶及生物活性蛋白, 是细胞色素氧化酶的组成成分, 作为电子传递体参与生物氧化过

程, 在能量代谢中发挥着重要作用; 铜在体内促进运铁蛋白的形成及铁蛋白的转移和利用, 加速血红蛋白的生成及幼稚红细胞的成熟和释放<sup>[15]</sup>。此外, 铜还是超氧化物歧化酶的组分, 能催化机体代谢中产生的超氧化物分解, 具有一定的解毒作用<sup>[16]</sup>。当缺乏铜时会影响人的免疫能力, 但过多的铜摄入会引起机体中毒并抑制锌的摄入, 铜的摄入量应该在 RDA 或接近 RDA 的量上, 世界卫生组织(World Health Organization, WHO)推荐成人每日铜的摄入量为 0.03 mg/kg·bw<sup>[17,18]</sup>。

### 2.4 硒的生理功能

近年来, 有研究证明硒与多种疾病有关, 硒元素被誉为“生命火种”、“天然解毒剂”等<sup>[19]</sup>, 引起众多关注。成人体内含硒量约为 4~10 mg, 组织中的硒一般以硒蛋白或含硒酶的形式存在: 硒代蛋氨酸(Se-Met)和硒代半胱氨酸(Se-Cys)。

硒具有抗氧化作用。硒的抗氧化能力比维生素 E 高 500 倍, 与维生素 E 共同使用时可产生协同作用, 降低过氧化物的堆积, 防止机体的氧化损伤<sup>[20-25]</sup>; 硒能够激活  $\alpha$ -酮戊二酸脱氢酶系, 参与辅酶 A 和辅酶 Q 的合成, 故硒与三羧酸循环和呼吸链的电子传递有关, 对体内物质和能量代谢具有重要作用<sup>[26]</sup>; 硒能提高机体巨噬细胞的吞噬功能, 促进淋巴细胞的增殖、分化; 硒还能促进 T、B 细胞分泌细胞因子, 促进抗体生成, 增强机体免疫力<sup>[27]</sup>。此外, 硒能够拮抗和降低重金属的毒性, 与银、镉、汞、铅等形成不溶性化合物, 增强人体对环境中的重金属污染的抵抗力<sup>[28]</sup>。

## 3 微量元素对运动员身体健康的影响

### 3.1 铁对运动员身体健康的影响

由于从事体育运动训练, 机体热能代谢水平较高, 运动员每天随汗液损失的铁约为正常人平均排出量的 4~8 倍<sup>[29]</sup>, 女运动员和青少年运动员由于生理的特殊原因, 更易发生缺铁性贫血。机体内出现缺铁性贫血时, 一方面会使血液中红细胞含量减少, 血液中的含氧量降低; 另一方面将损伤红细胞, 使氧的运输供应能力下降, 二者都会导致运动员最大摄氧量降低, 肌肉有氧代谢能力减弱, 耐力下降, 很快达到运动极限, 容易产生疲劳且不易恢复。此外, 缺铁性贫血易造成脑内缺氧, 影响人的正常思维, 导致注意力不集中, 思考力差, 必然会影响运动员的运动能力和技术水平的正常发挥<sup>[30]</sup>。

因此, 运动员特别是长跑、足球等耐力运动员及易缺铁运动人群要特别注重铁营养的补充, 多食用含铁丰富的食物, 多吃红色瘦肉, 增加机体的储备铁, 使机体的血液中铁蛋白浓度增高, 维持红细胞正常的结构与功能, 提高组织的氧供应, 改善运动能力<sup>[31]</sup>。

### 3.2 锌对运动员身体健康的影响

人体中锌的含量水平影响着其运动能力。含锌的碳酸酐酶、乳酸脱氢酶等影响着体内气体交换、乳酸清除、酸性代谢产物的中和等,对运动中体内的能量、物质代谢和组织呼吸起着必不可少的作用<sup>[32]</sup>。运动员经过剧烈运动,体内会生成大量自由基,对细胞膜形成氧化损伤,导致运动损伤和疲劳。锌可以通过干扰铁的单电子氧化还原来阻止羟自由基的产生,故锌可以提高自身的抗氧化能力,抑制自由基产生,且随着锌浓度的增加,抑制作用增强<sup>[33]</sup>。有研究表明,在剧烈运动中,金属硫蛋白的合成受到锌的影响,营养性锌缺乏可引起金属硫蛋白含量的下降,有效补锌则可以使其明显回升。此外,锌可以通过锌酶系统,影响睾丸间质细胞产生和分泌雄性激素,促进肌蛋白合成,维持机体竞争性意识<sup>[34]</sup>。

中国营养学会推荐的每日膳食中,锌的供给量为正常成年人 15 mg/d,过量的锌会抑制铜的吸收,降低高密度脂蛋白水平,阻止运动引起的高密度脂蛋白增加<sup>[35,36]</sup>。女运动员和一些男运动员,特别是素食者和需要维持较低体重的运动员应该注重摄入含锌丰富的食物(如动物蛋白、低谷类纤维的精致食物等)。

### 3.3 铜对运动员身体健康的影响

运动员在运动时,铜进入某些运动活跃器官,促进激活血酶的活力使机体处于运动应激状态<sup>[37]</sup>。此外,对于运动员而言,铜对血红蛋白合成的催化作用为维持机体的最大摄氧量提供了保证,其对自由基的消除作用可以对机体抗疲劳具有一定积极意义<sup>[38]</sup>。运动员体内铜水平缺乏会导致营养不良,体质减弱。虽然铜可以从汗液中丢失,但运动和训练一般不会引起铜缺乏<sup>[39]</sup>,铜水平过高会对机体造成毒害,因此不建议运动员补铜,只有那些存在潜在缺铜的高强度训练下的运动员才需要摄入含铜丰富的食物,如生蚝、松蘑、章鱼、酸刺、牡蛎等<sup>[40,41]</sup>。

### 3.4 硒对运动员身体健康的影响

运动员常处在氧应激状态下,良好的硒营养水平能够增强运动器官供氧的途径,通过提高红细胞膜流动性,降低红细胞压积,保护心肌线粒体,提高血液供氧能力<sup>[42-46]</sup>。同时,充足的硒储备可加速机体内乳酸的消除,提高机体血清睾酮和游离睾酮水平,有助于运动员快速从疲劳中恢复过来;由于充足的硒营养可以提高 GSH-Px 活性,硒对于清除大量运动产生的活性氧自由基以及脂质过氧化物<sup>[47-49]</sup>,减少过氧化损伤具有不可忽视的意义。人体不能自我合成硒,只能通过外界摄入。动物性食物是硒的良好来源,特别是内脏和海产品。运动员每天硒膳食的推荐量为 50~150  $\mu\text{g}$ <sup>[50]</sup>,运动员应重视训练过程中对体内硒含量的监测,可根据实际情况做适当调整。

## 4 结 论

运动员的身体健康与运动能力都需要建立在合理的营养基础上,机体一旦缺乏某种元素就会影响整体的免疫功能和运动能力。运动员日常训练时,较多微量元素通过汗、尿排出,更需要补充充足的微量元素,以满足比赛要求。因此运动员除了日常科学营养的饮食,仍需视实际情况额外补充微量元素。我国在运动与微量元素的研究方面还不成熟,对于各类运动员体内微量元素的最佳水平,以及微量元素的补充方式尚待进一步研究,运动员应根据实际情况,平衡各种微量元素之间的关系,合理搭配膳食,慎重使用营养补剂。

### 参考文献

- [1] 范娟娟, 豆淑艳. 微量元素与人体健康[J]. 河南科技, 2014, (15): 59.  
Fan JJ, Dou SY. Trace elements and human health [J]. Henan Sci Technol, 2014, (15): 59.
- [2] 马艳, 杨改红, 张雪琴. 微量元素在运动营养食品中的强化水平及风险评估[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(12): 3734-3738.  
Ma Y, Yang GH, Zhang XQ. Strengthening level and risk assessment of trace elements in sports nutrition food [J]. J Food Saf Qual, 2019, 10(12): 3734-3738.
- [3] Meramat A, Rajab NF, Shahar S. Cognitive impairment, genomic instability and trace elements [J]. J Nutr Health Ag, 2015, 19(1): 48-57.
- [4] 郭鹏飞, 乔杰, 魏小渊, 等. 人体微量元素及检测技术在临床应用的研究[J]. 世界最新医学信息文摘, 2019, 19(5): 148-149.  
Guo HF, Qiao J, Wei XY, et al. Study on the clinical application of human trace elements and detection technology [J]. World's Latest Med Inform Abstr, 2019, 19(5): 148-149.
- [5] 陆笑寒, 刘志颖. 铁系元素与人体健康的关系[J]. 微量元素与健康研究, 2013, 30(5): 75-76.  
Lu XH, Liu ZY. Relationship between iron-based elements and human health [J]. Trac Elem Health Res, 2013, 30(5): 75-76.
- [6] 胡江虹. 微量元素铁与人体健康[J]. 微量元素与健康研究, 2013, 30(3): 73-75.  
Hu JH. Trace element iron and human health [J]. Trac Elem Health Res, 2013, 30(3): 73-75.
- [7] 李广英. 探讨铁与运动的关系[J]. 甘肃科技, 2005, 21(1): 125.  
Li GY. Exploring the relationship between iron and motion [J]. Gansu Sci Technol, 2005, 21(1): 125.
- [8] 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.
- [9] Rutigliano FA, Marzaioli R, De CS, et al. Human health risk from consumption of two common crops grown in polluted soils [J]. Sci Total Environ, 2019, (691): 1-15.
- [10] 赵睿. 运动员训练中微量元素铁与锌的补充[J]. 冰雪运动, 2013, 35(4): 56-59.  
Zhao Q. Supplement of trace element iron and zinc in athlete training [J]. Winner Sport, 2013, 35(4): 56-59.
- [11] 张瑞雪. 微量元素钙、铁、锌与运动[J]. 体育世界(学术版), 2017, (11):

- 174-176.
- Zhang RX. Trace elements calcium, iron, zinc and exercise [J]. Sport World (Acad Ed), 2017, (11): 174-176.
- [12] 赵娟娟. 动物营养和保健对养殖业的促进作用[J]. 畜牧业, 2019, 30(9): 36.
- Zhao JJ. Promoting effect of animal nutrition and health care on breeding industry [J]. Livest Poultr Ind, 2019, 30(9): 36.
- [13] Bradney L, Wijesekara H, Palansooriya KN, *et al.* Particulate plastics as a vector for toxic trace-element uptake by aquatic and terrestrial organisms and human health risk [J]. Environ Intern, 2019, (131): 1-5.
- [14] 胡军. 运动性疲劳、铜锌营养与自由基代谢的相互关系[D]. 西安: 第四军医大学, 2008.
- Hu J. The relationship between exercise fatigue, copper-zinc nutrition and free radical metabolism [D]. Xi'an: Fourth Military Medical University, 2008.
- [15] 袁施彬, 何平, 陈代文. 微量元素铜的营养生理功能和促生长机制[J]. 饲料工业, 2004, 25(7): 23-26
- Yuan SB, He P, Chen DW. Nutritional physiological function and growth-promoting mechanism of trace element copper [J]. Feed Ind, 2004, 25(7): 23-26
- [16] 王新欣, 刘建华, 祝英, 等. 运动与元素钙、铁、锌、镁、铜的研究[J]. 辽宁体育科技, 2006, (4): 15-17.
- Wang XX, Liu JH, Zhu Y, *et al.* Research on exercise and elements calcium, iron, zinc, magnesium and copper [J]. Liaoning Sport Sci Technol, 2006, (4): 15-17.
- [17] 王莹, 蔡威, 丁黎华. 铜缺乏对免疫功能的影响[J]. 中国临床营养杂志, 2004, 12(2): 141-144.
- Wang Y, Cai W, Ding LH. The effect of copper deficiency on immune function [J]. Chin J Clin Nutr, 2004, 12(2): 141-144.
- [18] 张莹, 刘树芳. 微量元素锌与人体健康[J]. 科技资讯, 2019, 17(5): 253-254.
- Zhang Y, Liu SF. Trace element zinc and human health [J]. Sci Technol Inform, 2019, 17(5): 253-254.
- [19] Claudine B, Josiane A, Tasnime N. Selenium and cognitive impairment: A brief-review based on results from the EVA study [J]. Bio Factor, 2012, 38(2): 139-144.
- [20] Bleys J, Navasacien A, Guallar E. Serum selenium and diabetes in U.S. adults [J]. Diabet Car, 2007, 30(4): 829-834.
- [21] 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, 79.
- Liu YQ, Yang WQ, Yin JJ. New process in sports nutrition research [J]. J Beijing Sport Univ, 2015, 38(8): 58-64, 79.
- [22] Michael J, Maroney F, Robert J. Selenium versus sulfur: Reversibility of chemical reactions and resistance to permanent oxidation in proteins and nucleic acids [J]. Free Rad Biol Med, 2018, (127): 228-237.
- [23] 李倩楠, 张月晓, 张正涵. 运动营养食品配料与人体健康[J]. 科技资讯, 2017, (12): 222-223.
- Li QN, Zhang YX, Zhang ZH. Sports nutrition food ingredients and human health [J]. Sci Technol Inform, 2017, (12): 222-223.
- [24] 曹立全. 运动营养食品对国民体质及健康的影响[J]. 营养健康, 2019, 13(31): 100-101, 113.
- Cao LQ. Effects of sports nutrition food on national physique and health [J]. Nutr Health, 2019, 13(31): 100-101, 113.
- [25] 丛建民. 人体内硒的生物学功能[J]. 生物学教学, 2008, 33(6): 9-10.
- Cong JM. Biological function of selenium in human body [J]. Biol Teach, 2008, 33(6): 9-10.
- [26] 周国霞, 熊正英. 运动与硒营养的补充[J]. 山西师大体育学院学报, 2006, (S1): 144-146.
- Zhou GX, Xiong ZY. Supplementation of exercise and selenium nutrition [J]. J Phys Ed Instit Shanxi Teacher Univ, 2006, (S1): 144-146.
- [27] 杜莹, 刘晓丹. 微量元素硒的研究进展[J]. 微量元素与健康研究, 2007, 24(3): 65-67.
- Du Y, Liu XD. Research progress of trace element selenium [J]. Stud Trac Elem Health, 2007, 24(3): 65-67.
- [28] 曾泽, 阳盛洪, 谭超, 等. 地理环境与军人健康系列研究(3)新藏公路沿线部分地区饮用水微量元素调查分析[J]. 人民军医, 2019, 62(10): 942-944, 947.
- Zeng Z, Yang SH, Tan C, *et al.* A series of studies on geographical environment and military health (3) Investigation and analysis of trace elements in drinking water in some areas along the Xinzang highway [J]. People's Milit Med, 2019, 62(10): 942-944, 947.
- [29] 曹烨程. 不同运动强度对大鼠Fe, Zn, Cu三种微量元素及血红蛋白含量影响的研究[D]. 长春: 东北师范大学, 2010.
- Cao YC. Effects of different exercise intensities on the contents of three trace elements and hemoglobin in Fe, Zn and Cu in rats [D]. Changchun: Northeast Normal University, 2010.
- [30] 钟地长, 邓记华. 人体微量元素平衡与健康饮食[J]. 广东微量元素科学, 2007, (7): 1-6.
- Zhong DC, Deng JH. Balance of trace elements in human body and healthy diet [J]. Guangdong Trac Elem Sci, 2007, (7): 1-6.
- [31] 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.
- [32] 赵宁宁, 曹建民, 巫苗苗, 等. 微量元素锌、镁、铬与运动[J]. 北京体育大学学报, 2005, (1): 73-75
- Zhao NN, Cao JM, Wu MM, *et al.* Trace elements zinc, magnesium, chromium and sports [J]. J Beijing Sport Univ, 2005, (1): 73-75.
- [33] 彭小玲. 锌与人体健康[J]. 微量元素与健康研究, 2013, 20(3): 60-62.
- Peng XL. Zinc and human health [J]. Trac Elem Health Res, 2013, 20(3): 60-62.
- [34] 刘金峰, 曹钧. 微量元素补剂对人体运动能力及健康的影响[J]. 南京体育学院学报(自然科学版), 2006, (3): 5-7, 31.
- Liu JF, Cao J. Effects of trace element supplements on human exercise ability and health [J]. J Nanjing Inst Phys Ed (Nat Sci), 2006, (3): 5-7, 31.
- [35] Pipoyan D, Stepanyan S, Stepanyan S, *et al.* Health risk assessment of potentially toxic trace and elements in vegetables grown under the impact of kajaran mining complex [J]. Biol Trac Elem Res, 2019, (2): 192.
- [36] 李荣华. 微量元素补剂对人体运动能力及健康的影响——以铁、锌为例[J]. 开封教育学院学报, 2015, 35(11): 282-283.
- Li RH. Effects of trace element supplements on human sports ability and health——taking iron and zinc as examples [J]. J Kaifeng Coll Ed, 2015, 35(11): 282-283.
- [37] 郝英. 运动对机体内微量元素锌、铜代谢的影响[J]. 化学与生物工程, 2005, (9): 35-36, 56.
- Hao Y. Effects of exercise on trace element zinc and copper metabolism in

- the body [J]. Chem Bioeng, 2005, (9): 35–36, 56.
- [38] 沈飞, 刘利江, 熊正英. 铜在维持机体运动能力中的重要作用[J]. 肇庆学院学报, 2006, (2): 62–65.  
Shen F, Liu LJ, Xiong ZY. The important role of copper in maintaining the movement ability of the body [J]. J Zhaoqing Univ, 2006, (2): 62–65.
- [39] Fernández-Caliani JC, Giráldez MI, Barba-Brioso C. Oral bioaccessibility and human health risk assessment of trace elements in agricultural soils impacted by acid mine drainage [J]. Chemosphere, 2019, (237): 2–5.
- [40] 孙健慧. 谈谈铜与人体健康[J]. 心血管病防治知识, 2008, (8): 56–58.  
Sun JH. Talking about copper and human health [J]. Knowl Cardiovasc Dis Prev, 2008 (8): 56–58.
- [41] 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.
- [42] 陈良龙. 合理补硒为健康加分[J]. 健康博览, 2008, (11): 15.  
Chen LL. Reasonable selenium supplementation for health points [J]. Health Exp, 2008, (11): 15.
- [43] Juan CFC, María IG, Cinta BB. Oral bioaccessibility and human health risk assessment of trace elements in agricultural soils impacted by acid mine drainage [J]. Chemosphere, 2019, (2): 37.
- [44] 潘利斌, 范辉政, 蒋建东, 等. 微量元素硒的体内过程及生物学效应研究进展[J]. 药科学报, 2017, (12): 56–58.  
Pan LB, Fan HZ, Jiang JD, *et al.* Research progress in the *in vivo* process and biological effect of trace element selenium [J]. J Pharm, 2017, (12): 56–58.
- [45] 吴德智, 李安, 黄岚, 等. 食物中硒元素分析检测技术的研究进展[J]. 轻工科技, 2017, (6): 48–50.  
Wu DZ, Li A, Huang L, *et al.* Research progress of selenium analysis and detection technology in food [J]. Light Ind Technol, 2017, (6): 48–50.
- [46] Kipp AP, Strohm D, Brigelius-Flohé R, *et al.* Revised reference values for selenium intake [J]. J Trac Elem Med Biol, 2015, (15): 25–27.
- [47] Santhosh KB, Priyadarsini KI. Selenium nutrition: How important is it [J]? Biomed Prev Nutr, 2014, (1): 23–28.
- [48] 楼晓明, 徐彩菊, 孟佳, 等. 浙江省富硒地区人群的健康状况[J]. 环境与职业医学, 2012, (6): 56–57.  
Lou XM, Xu CJ, Meng J, *et al.* Health status of people in selenium rich areas of Zhejiang Province [J]. Environ Occup Med, 2012, (6): 56–57.
- [49] 夏弈明. 中国人体硒营养研究回顾[J]. 营养学报, 2011, (4): 77–80.  
Xia YM. Review of selenium nutrition research in China [J]. J Nutr, 2011, (4): 77–80.
- [50] 熊正英, 魏威, 姚崇. 硒的生物学功能与运动能力的关系综述[J]. 安康学院学报, 2013, 25(3): 1–4, 25.  
Xiong ZY, Wei W, Yao C. A review of the relationship between biological functions and exercise capacity of selenium [J]. J Ankang Univ, 2013, 25(3): 1–4, 25.

(责任编辑: 陈雨薇)

## 作者简介

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

侯建鹏, 硕士, 副教授、硕士, 研究方向为运动生理学与运动养生。  
E-mail: d62166@163.com