

有机酸的生理功能及其在运动中的应用

王美舒*

(青岛农业大学体育教学部, 青岛 266109)

摘 要: 随着运动过程中能量的消耗, 机体的良好运动状态往往会受阻, 有时机体的健康也会受到影响。只有及时地调整运动状态, 才能减轻运动机体的压力, 维持运动机体的健康状态。因此, 如何提升自身的运动能力成为运动爱好者普遍关心的问题。而运动机体内有机酸的种类及数量能够影响其运动状态。本文详细叙述了茶氨酸、肌酸、丙酮酸和乳酸这 4 种有机酸的生理功能及其对机体运动的作用, 以期提升运动机体的运动状态以及保持高效的运动能力提供参考。

关键词: 运动能力; 有机酸; 应用; 建议

Physiological functions of organic acids and the applications in sports

WANG Mei-Shu*

(Department of Physical Education, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China)

ABSTRACT: With the energy consumption in the process of exercise, the good state of movement of the body could be hindered, and sometimes the health of the body could be also affected. Only by adjusting motion state in time, the pressure of motion organism of the body could reduce and maintain the healthy state. Therefore, how to improve sport lovers' sporting ability becomes a public concern over the sport enthusiasts. The types and quantities of organic acids in our body can affect the motion state. This paper summarized the physiological functions of 4 kinds of organic acids (theanine, creatine, pyruvate and lactic acid) and their application effects on sports, in order to provide references for improving the motion state of the body and maintaining efficient athletic ability.

KEY WORDS: x motor ability; organic acids; application; suggestion

1 引 言

随着生活的日渐富足, 越来越多的人群投入到运动之中, 并不断找寻能够提升自身运动能力的方法。有机酸在人体生命活动中起着十分重要的作用, 例如一些有机酸能够抑制细菌感染、消炎杀菌、帮助机体抗病毒、抗癌变等。总之, 这些有机酸通过帮助调节机体的新陈代谢来帮助机体增强免疫力, 从而起到改善人体健康状况的作用。因此, 有机酸对人体的作用不容小觑^[1-4]。更令人惊喜的是, 有机酸因其对人体的强大调节作用而备受运动人群青睐。有机酸既能通过人体自身合成, 还可通过摄入营养品

获得, 这些有机酸在人体内都发挥着一定的作用^[5]。因此, 本文选取了 4 种熟知的有机酸, 综述了这些有机酸的生理功能以及在运动中的作用, 以帮助运动爱好者识别有机酸对自身的益处与损害, 使其能够通过调节自身有机酸的含量来维持身体健康和良好的运动状态。

2 有机酸在运动中的应用

2.1 茶氨酸的生理功能及其在运动中的应用

茶氨酸最初在 1950 年由日本学者酒户弥二郎从玉露茶新梢中分离得到并命名。是一种大量存在于茶叶中特殊

*通讯作者: 王美舒, 主要研究方向为运动营养。E-mail: u56245@163.com

*Corresponding author: WANG Mei-Shu, Department of Physical Education, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China. E-mail: u56245@163.com

的非蛋白氨基酸。茶氨酸在茶树根部时可通过谷氨酸和乙胺合成,并随树干传送到茶叶部分。茶氨酸极易溶于水,呈微酸性。茶氨酸具有较多的生理功能,其药理活性包括降低血压、抑制肿瘤和保护脑损伤及降脂减压。茶氨酸还能够有效地抵抗疲劳、促进睡眠、保护人体神经细胞、提高学习记忆力等,不仅如此,其还能对人体产生明显的放松作用、减轻心理和生理应激反应、增强免疫力等^[6-8]。茶氨酸是茶中的一种极其活跃的分子,具有调节免疫功能、降低和预防疾病等多种生理功能,抗氧化应激,通过增加免疫细胞因子的分泌来增强机体免疫效果,使其在体力补充和体育运动能力恢复等方面发挥一定的作用^[9-11]。

Peng 等^[12]发现 *L*-茶氨酸能增加大鼠海马和前额皮质中 5-羟色胺(5-hydroxytryptamine, 5-HT)的水平,同时也能降低促肾上腺皮质激素、皮质酮(corticosterone, CORT)和去甲肾上腺素水平。Wen 等^[13]研究发现,在饮食中添加茶氨酸 400 mg/(kg·d)能增加空肠和 IFN- α 血清中 IgA 的分泌水平。饲料中添加 *L*-茶氨酸可改善猪的体重增加,增加抗炎细胞因子的产生^[14]。茶氨酸作为一种天然抗氧化剂,对慢性应激具有神经保护作用认知障碍^[7]。Tamano 等^[15]的研究表明,幼鼠断奶 3 周后给予含有 0.3% *L*-茶氨酸的水,并经过水浸应激 30 min 后, *L*-茶氨酸处理的大鼠血清 CORT 水平低于对照组的水平。即使在应激暴露后,当幼鼠出生后给予含有 0.3% *L*-茶氨酸的水时,血清 CORT 水平也显著降低, *L*-茶氨酸也表现出明显的抗抑郁作用^[16]。现研究发现,将微量的茶氨酸注入大鼠大脑可以显著增加多巴胺的释放量,减少因运动而造成的疲劳感^[17]。而且有研究发现茶氨酸可以降低对肝糖原的消耗,维持运动者的体力^[18]。茶氨酸能够有效地提高人体的免疫力,降低运动员的患病几率,从而提高运动员的体育运动能力,帮助及时补充体力。*L*-茶氨酸具有许多生理功能, Mesa 等^[19]发现在休息状态下,其有几种放松的作用。首先其被认为是一种抗焦虑剂,因为喝绿茶的人感到放松和平静,这被认为是由于 *L*-茶氨酸导致。先前的研究表明,人体摄取 *L*-茶氨酸至少可以通过 2 种不同的机制在 30~40 min 内达到放松的效果。首先,它直接激活 α -waves 生产在大脑中,创建一个心理防备和深度放松条件模拟的冥想。其次,它还可抑制神经运输的发展,如伽马氨基丁酸(γ -aminobutyric acid, GABA)。GABA 会影响其他 2 种神经递质,如多巴胺和血清素,从而引起放松^[20]。*L*-茶氨酸被报道具有多种精神药物和神经保护作用。茶氨酸与胱氨酸联合服用能够有效提高谷胱甘肽的合成,产生抗体,有效地提高人体的免疫能力。由于人体在经过高强度的运动之后,通过补充茶氨酸和胱氨酸,能够降低自然杀伤细胞活性,间接地提高人体机能的运动能力,促进体力补充和体育运动能力的恢复^[21,22]。通过进行大鼠实验研究,发现当大鼠补充较高剂量的茶氨酸之后不易疲劳,游泳时间增加。通过这一变化可以证明茶氨酸能够缓解运动性疲劳^[23]。

对运动员来说,在无氧运动这种高速的运动状态下,很容易长时间保持一种亢奋的状态,从而造成其身体和精神的疲劳感。疲劳是机体参与运动之后的必然现象,因此如何有效缓解运动机体的疲劳现象,将对整体的培训效果产生重要作用和影响^[24]。此外,运动员的心理也需要及时调节,结合上述研究发现,服用一定量的茶氨酸不仅能有效地降低肝糖原的消耗量来维持体力,也能减轻运动带来的疲劳感,还能提高运动机体的免疫力。因此,运动机体适当补充茶氨酸能有效地调整运动状态,及时消除疲劳感^[25]。

2.2 肌酸的生理功能及其在运动中的应用

上述的茶氨酸需要摄入或食用到人体,才能使其参与到机体的新陈代谢,进而发挥作用。而接下来介绍的 3 种有机酸均能在机体自身的新陈代谢中产生。

肌酸由甘氨酸、精氨酸和蛋氨酸 3 种氨基酸内产生,其合成在肾脏中开始,并在肝脏中完成。人体内每日可生成 1~2 g 的肌酸,且 95% 的肌酸都存在人体的肌肉中。肌酸是一种非必需的营养物质。除身体内产生外,肌酸也能通过食用肉制品获得,可使人体每日摄入约 1~2 g 肌酸^[19,26]。故机体产生的有机酸和食物中摄入的肌酸构成了人体内一日的肌酸含量,总共 2~4 g。

运动过程的能量损耗有时使得有机酸的补充成为必要,经过多年的临床研究,肌酸成为一种受欢迎的运动营养补给品^[21]。权威机构指出,健康成年人每天每人摄入 3 g 肌酸不太可能引起安全问题,孕妇和哺乳期妇女除外^[27]。EFSA 等^[20,22,27-29]通过对一水合肌酸酐和其他形式的肌酸进行了安全性的相关讨论,特别是丙酮酸肌酸酐、柠檬酸肌酸酐、苹果酸肌酸、牛磺酸肌酸、磷酸肌酸、磷酸肌酸、磷酸肌酸乙酯、焦谷氨酸肌酸、葡萄糖酸肌酸和螯合肌酸镁,发现相关安全数据有限,暂无法指导营养补充。肌酸的生物利用度相当高,并会受到各种其他营养物质的影响,如碳水化合物和蛋白质^[30]。有研究表明,补充肌酸可使肌肉中的肌酸含量增加约 20%~40%,主要见于肌酸含量较低的个体。肌肉肌酸含量的增加可以通过每天摄取 20 g 肌酸共 4~5 d,或每天摄取 3 g 肌酸并持续 1 个月来实现。然而,肌肉中肌酸增加的程度有很大的个体差异,从 0 到 40% 不等^[31,32]。大多数运动员使用肌酸作为一种营养补充剂以提高成绩^[33,34]。

欧洲食品安全局(European food safety authority, EFSA)评估了关于肌酸和身体机能或记忆功能的各种健康声明^[33,35]。欧洲委员会批准了关于肌酸和在短期、高强度、反复运动中提高身体表现的健康声明^[16,36,37]。此外,澳大利亚体育研究所(Australian institute of sport)或美国运动医学学院(American college of sports medicine)等几家成熟的国际体育机构已将肌酸列为一种提高运动成绩的膳食补充剂。肌酸已经成为最受欢迎的运动营养补充剂之一,且男

性使用肌酸的概率高于女性^[38,39]。因此,肌酸可以看成是一种较为健康的营养补充剂,在建议剂量内服用,一般不会对运动机体产生消极的影响。

2.3 丙酮酸的生理功能及其在运动中的应用

丙酮酸是人体内十分重要的有机酸,其酸性很弱。在体外自然条件下,丙酮酸为无色液体,有刺激性臭味、易溶于水。除具有羧酸和酮的性质外,还具有 α -酮酸的性质,是最简单的 α -酮酸^[40]。丙酮酸很不稳定,极易氧化为乙酸,同时释放出 CO_2 。在人体内,主要生成于糖酵解过程中。丙酮酸作为能量代谢环节中关键的中间代谢产物,生成于糖酵解的最后一步。其能在 O_2 存在的条件下,转移入线粒体,经过三羧酸循环,转变为ATP,供给骨骼肌利用。有研究表明,生物体内补充一定量的丙酮酸将会加快三羧酸循环进程,导致ATP生成速率加快。例如,补充丙酮酸可降低大鼠的呼吸交换率,有助于运动能力的提高。另外,从理论上来说,外源性补给丙酮酸可以为丙氨酸合成提供丰富的前体物质,进而可能对氨基酸代谢产生影响^[41]。权威机构建议,在1 d至12周内,可每日摄入0.5~30 g丙酮酸肌酸酐作为膳食补充剂^[42,43]。欧洲食品安全局(EFSA)评估了丙酮酸钙或丙酮酸镁作为膳食补充剂的成分摄入量,并指出丙酮酸盐在每日摄入量不超过5.2 g的情况下不会对运动机体的健康造成影响。在一项人体实验中,在日摄入丙酮酸盐高达46 g的人体没有观察到明显的副作用^[37,44]。

综上,补充丙酮酸可在一定程度上减缓运动机体体脂的增长速度,加快运动机体能量代谢速度;并通过影响运动机体脂肪代谢相关调控酶和激素水平,使其血脂和血糖水平下降,从而影响其脂肪代谢过程^[18,37,45]。上述数据及作用效果均显示,丙酮酸有可能会成为一种较为理想的膳食营养补充品。而且,如果结合运动进行补充,作用效果可能会更好^[25]。

2.4 乳酸的生理功能及其在运动中的应用

在人体的组织细胞内,乳酸可以在无氧条件下通过糖酵解过程产生^[46]。糖酵解过程主要包括4个阶段,乳酸生成于糖酵解的第4个阶段。经过这一复杂的反应后形成的乳酸代谢产物,可使机体产生疲劳感。研究指出,疲劳产生的机制极其复杂,大致可分为周围性疲劳和中枢性疲劳,而乳酸堆积作用造成的疲劳属于外周性疲劳。乳酸是致疲劳物质之一,如果运动过于剧烈或持久,那么体内的乳酸来不及被代谢出去,就会造成乳酸的堆积。乳酸过多将使原本呈弱碱性的体液变为酸性环境,影响细胞的正常代谢,从而影响细胞的正常功能^[47]。不仅如此,堆积乳酸的肌肉会发生收缩,挤压血管,使得血流不畅,造成肌肉酸痛、发冷、头痛、头重感等症状。许多运动员锻炼的过程中都会因为出现各种堆积的代谢产物,使机体运动能力下降,并出现各种各样的不良现象^[48]。因此,有研究人员

建议,在无氧耐力训练中,一方面充分提高原动肌群中的糖酵解能力,另一方面利用小力量训练形式来发展非原动肌群的有氧氧化能力,2种方式协同调节,能有效地延缓运动中乳酸的积累^[47]。这是延缓运动时血乳酸过快积累的有效方法,比较实用,有助于提高运动机体的速度耐力^[49,50]。因此,为了达到较好的运动效果,可以使用上述调节方法来延缓乳酸积累带来的疲劳感。

3 结论与展望

运动员的运动强度大、能量消耗高,且又因为剧烈运动而易产生疲劳。所以,补充足够的营养,及时消除疲劳感非常重要。本文从有机酸的角度来分析如何满足运动过程的需要,发现不同种类的有机酸对运动机体和运动过程的影响有所不同,如注意增加茶氨酸、肌酸和丙酮酸的摄入量,同时需要维持机体内乳酸含量在较低水平。而且在补给有机酸的同时,也要注意用量的要求。在之后的相关研究中,需要更多的数据来充分说明有机酸的用量问题和作用机制问题,用以指导运动机体的营养补充。

参考文献

- [1] Ren XY. Advances in the research progress on the improvement of sports ability and its detection techniques of organic acids in sports nutrition [J]. J Food Saf Qual, 2018, 9(18): 4906–4910.
- [2] Ma QZ, Li ZY, Guo LF, *et al.* Isolation and characterization of lignin extracted from corn stalk rind with organic acids [J]. J Bioresour Bioprod, 2018, 3(3): 112–117.
- [3] 钱宁, 杨艳玲. 有机酸代谢障碍的研究进展[J]. 中国优生与遗传杂志, 2003, 11(4): 6–8.
Qian N, Yang YL. Progress in the study of metabolic disorders of organic acids [J]. Chin J Birth Health Hered, 2003, 11(4): 6–8.
- [4] 叶军. 高苯丙氨酸血症的诊治及研究进展[J]. 临床儿科杂志, 2010, 28(2): 197–200.
Ye J. Progress in the diagnosis and treatment of hyperphenylalaninemia [J]. J Clin Pediatr, 2010, 28(2): 197–200.
- [5] Canete-Rodriguez AM, Santos-Duenas IM, Jimenez-Hornero JE, *et al.* Gluconic acid: Properties, production methods and applications-an excellent opportunity for agro-industrial by-products and waste bio-valorization [J]. Process Biochem, 2016, 51(12): 1891–1903.
- [6] Williams J, Sergi D, McKune AJ, *et al.* The beneficial health effects of green tea amino acid L-theanine in animal models: Promises and prospects for human trials [J]. Phytother Res, 2019, 33(3): 571–583.
- [7] Kimura K, Ozeki M, Juneja LR, *et al.* L-theanine reduces psychological and physiological stress responses [J]. Biol Psychol, 2007, 74(1): 39–45.
- [8] Takagi Y, Kurihara S, Higashi N, *et al.* Combined administration of L-cystine and L-theanine enhances immune functions and protects against influenza virus infection in aged mice [J]. J Veter Med Sci, 2010: 0911170039.
- [9] Matsumoto K, Yamada H, Takuma N, *et al.* Effects of green tea catechins and theanine on preventing influenza infection among healthcare workers: A randomized controlled trial [J]. BMC Complem Altern M, 2011, 11(1): 15.

- [10] In WWSBI. This opposes the long standing application for ginseng as an athletic enhancement supplement [J]. Heart, 2019.
- [11] 李刚. 茶氨酸对体力补充和体育运动能力恢复作用的研究[J]. 福建茶叶, 2016, (5): 24.
Li G. Study on theanine's effect on physical strength supplement and sports ability recovery [J]. Fujian Tea, 2016, (5): 24.
- [12] Peng B, Liu Z, Lin Y, *et al.* The ameliorative effect of *L*-theanine on chronic unpredictable mild stress-induced depression in rats [J]. J Tea Sci, 2014, 34: 355–363.
- [13] Wen H, Wei SL, Zhang SR, *et al.* Effects of *L*-theanine on performance and immune function of yellow-feathered broilers [J]. Chin J Anim Nutr, 2012, 24(10): 1946–1954.
- [14] Hwang YH, Park BK, Lim JH, *et al.* Effects of β -glucan from *paenibacillus polymyxa* and *L*-theanine on growth performance and immunomodulation in weanling piglets [J]. Asian Austral J Anim, 2008, 21(12): 1753–1759.
- [15] Tamano H, Fukura K, Suzuki M, *et al.* Preventive effect of theanine intake on stress-induced impairments of hippocampal long-term potentiation and recognition memory [J]. Brain Res Bull, 2013, 95: 1–6.
- [16] 屈萍, 屈胜国, 郑俊. 绿茶活性提取物对有氧性运动疲劳恢复的作用[J]. 武汉体育学院学报, 2007, 41 (12): 48–52.
Qu P, Qu SG, Zheng J. The effect of green tea active extract on aerobic exercise fatigue recovery [J]. J Wuhan Inst Phys Edu, 2007, 41(12): 48–52.
- [17] 任祥钰. 运动营养品中的有机酸对体育运动能力的提升作用及检测技术研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, (18): 146–150.
Ren XY. Advances in the research progress on the improvement of sports ability and its detection techniques of organic acids in sports nutrition [J]. J Food Saf Qual, 2018, (18): 146–150.
- [18] Amin B, Karimi M. The effect of glutamine and glucose supplementation on maximal aerobic power and hemoglobin concentration in athlete young girls [J]. Ann Appl Sport Sci, 2017, 5(1): 25–30.
- [19] Mesa JLM, Ruiz JR, González-Gross MM, *et al.* Oral creatine supplementation and skeletal muscle metabolism in physical exercise [J]. Sports Med, 2002, 32(14): 903–944.
- [20] European Food Safety Authority (EFSA). Opinion of the scientific panel on food additives, flavourings, processing aids and materials in contact with food (AFC) on a request from the commission related to furfural and furfural diethylacetal [J]. EFSA J, 2004, 2(7): 67.
- [21] 孟艳林. 肌酸补充与运动能力[J]. 中国体育教练员, 2016, (4): 18–20.
Meng YL. Creatine supplementation and motor ability [J]. China Sports Coaches, 2016, (4): 18–20.
- [22] Frølich W, Børsheim E, Raastad T, *et al.* Assessment of creatine in sports products [J]. VKM Report, 2010.
- [23] 白宝丰. 茶氨酸抗运动性疲劳机制及应用前景的思考[J]. 中国实验方剂学杂志, 2011, (12): 289–292.
Bai BF. Thinking on the mechanism and application prospect of theanine anti-exercise fatigue [J]. Chin J Exp Tradit Med Form, 2011, (12): 289–292.
- [24] 黎明. 茶氨酸对运动员无氧运动能力的影响[J]. 福建茶叶, 2016, (6): 23–24.
Li M. Effect of theanine on athletes' anaerobic exercise ability [J]. Fujian Tea, 2016, (6): 23–24.
- [25] Peters B, Junker A, Brauer K, *et al.* Deletion of pyruvate decarboxylase by a new method for efficient markerless gene deletions in *Gluconobacter oxydans* [J]. Appl Microbiol Biot, 2013, 97(6): 2521–2530.
- [26] Poortmans JR, Rawson ES, Burke LM, *et al.* A-Z of nutritional supplements: Dietary supplements, sports nutrition foods and ergogenic aids for health and performance part 11 [J]. Brit J Sport Med, 2010, 44(10): 765–766.
- [27] Andres S, Ziegenhagen R, Trefflich I, *et al.* Creatine and creatine forms intended for sports nutrition [J]. Mol Nutr Food Res, 2017, 61(6): 1600772.
- [28] Jones M, Busekrus R, Torok Z, *et al.* Effects of creatine supplementation and doxorubicin treatment on diaphragm myogenic regulatory factor expression [J]. Faseb J, 2018, 32(1): 769.
- [29] Kim HJ, Kim CK, Carpentier A, *et al.* Studies on the safety of creatine supplementation [J]. Amino Acids, 2011, 40(5): 1409–1418.
- [30] 杨则宜, 弭苗苗. 肌酸作为运动营养品使用的研究和应用[J]. 食品工业科技, 2013, (13): 331–339.
Yang ZY, Mi MM. Study and application of creatine as a sports nutrient [J]. Sci Technol Food Ind, 2013, (13): 331–339.
- [31] 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 Int Soc Sport Nutr, 2017, 14(1): 18.
- [32] Sef EU. Report of the scientific committee on food on composition and specification of food intended to meet the expenditure of intense muscular effort, especially for sportsmen [J]. Eur Commission Brüssel, 2001.
- [33] EFSA panel on dietetic products, nutrition and allergies (NDA). Creatine in combination with resistance training and improvement in muscle strength: Evaluation of a health claim pursuant to article 13 (5) of regulation (EC) No 1924/2006 [J]. EFSA J, 2016, 14(2): 4400.
- [34] Dunstan D, Barr E, Healy G, *et al.* Television viewing time and mortality: The Australian diabetes, obesity and lifestyle study (AusDiab) [J]. Circulation, 2010, 121(3): 384.
- [35] Tetens I. EFSA panel on dietetic products, nutrition and allergies; scientific opinion on the substantiation of health claims related to creatine and increased attention (ID 1524) and improvement of memory (ID 1528) pursuant to Article 13 (1) of Regulation (EC) No 1924/2006 [J]. EFSA J, 2013, 11(2): n/a-n/a.
- [36] 张海信. 浅谈运动性疲劳之代谢产物堆积学说[J]. 科技信息, 2009, (3): 564–565.
Zhang HX. A brief discussion on the metabolite accumulation theory of sports fatigue [J]. Science, 2009, (3): 564–565.
- [37] Liu R, Wang SM, Li ZY, *et al.* Pyruvate in reduced osmolarity oral rehydration salt corrected lactic acidosis in sever scald rats [J]. J Surg Res, 2018, 226: 173–180.
- [38] Butts J, Jacobs B, Silvius M. Creatine use in sports [J]. Sports Health, 2018, 10(1): 31–34.
- [39] Dalbo VJ, Roberts MD, Stout JR, *et al.* Putting to rest the myth of creatine supplementation leading to muscle cramps and dehydration [J]. Br J Sport Med, 2008, 42(7): 567–573.
- [40] 郭英杰. 丙酮酸补充对运动机体身体成份和脂肪代谢的影响及机理的研究[J]. 北京体育大学, 2005.
Guo YJ. Effect of pyruvate supplementation on body composition and fat metabolism in sports body and its mechanism [J]. J Beijing Sport Univ, 2005.

- [41] Jeukendrup A, Gleeson M. Sport nutrition [M]. USA: Human Kinetics, 2018.
- [42] Munoz VR, Gaspar RC, Crisol BM, *et al.* Physical exercise reduces pyruvate carboxylase (PCB) and contributes to hyperglycemia reduction in obese mice [J]. *J Phys Sci*, 2018, 68(4): 493–501.
- [43] Spano M, Kruskall L, Thomas DT. Nutrition for sport, exercise, and health [M]. USA: Human Kinetics, 2017.
- [44] Onakpoya I, Hunt K, Wider B, *et al.* Pyruvate supplementation for weight loss: A systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials [J]. *Crit Rev Food Sci*, 2014, 54(1): 17–23.
- [45] Addevico F, Svedman S, Edman G, *et al.* Pyruvate and lactate as local prognostic biomarkers of patient outcome after achilles tendon rupture [J]. *Scand J Med Sci Sport*, 2019.
- [46] Acsinte A, Alexandru E. Blood lactic acid concentration changes in women handball players during a high intensity training session [J]. *Gymnasium*, 2017, 13(2): 200.
- [47] 李勤. 无氧耐力运动状态下延缓机体血乳酸积累的训练方法探索[J]. *生命科学研究*, 2012, 16 (6): 507–510.
- Li Q. Exploration of training methods for postponing blood lactic acid accumulation in anaerobic endurance exercise [J]. *Life Sci Res*, 2012, 16 (6): 507–510.
- [48] Miyamoto T, Oguma Y, Sato Y, *et al.* Elevated creatine kinase and lactic acid dehydrogenase and decreased osteocalcin and uncarboxylated osteocalcin are associated with bone stress injuries in young female athletes [J]. *Sci Rep-UK*, 2018, 8(1): 18–19.
- [49] Coco M, Di CD, Ramaci T, *et al.* Role of lactic acid on cognitive functions [J]. *Phys Sports Med*, 2019: 1–7.
- [50] Petralia MC, Perciavalle V, Basile MS, *et al.* The rise of lactic acid, from a pharmacist's laboratory to entry into the central nervous system [J]. *Sport Sci Health*, 2018, 14(2): 455–457.

(责任编辑: 苏笑芳)

作者简介

王美舒, 主要研究方向为运动营养。
E-mail: u56245@163.com