

肌酸补充对运动能力影响的研究进展*

袁克星¹ 刘玉倩^{1,2} 闻剑飞¹

肌酸(creatine, Cr)又称甲胍基醋酸, 是磷酸肌酸的前体物质, 是天然存在于人体内的营养素, 也可以由精氨酸、甘氨酸和蛋氨酸在肝脏、肾脏、胰腺中合成。在正常的饮食状态下, 人体每天大约合成 1g 肌酸, 当外源性补充肌酸时会抑制机体自身内源性肌酸的合成。其机制可能是因为补充肌酸会抑制豚基转移酶的活性, 从而抑制内源性肌酸的合成。肌酸具有提供快速的能量物质、增加肌肉力量、加速氨基酸的吸收、促进人体蛋白质的合成、缓冲血液中的碱性和酸性物质和抗疲劳、促恢复等生物学功能。有些研究认为在进行运动训练的同时补充肌酸可以提高机体的运动能力, 尤其是对短时间大强度的无氧运动能力有很大的助力作用; 但是另外一些研究却表明补充肌酸不会提高运动能力, 甚至对机体有副作用。此外, 肌酸对运动能力影响的机制尚缺乏深入研究。

1 肌酸的补充

1.1 肌酸补充的策略

经典的肌酸补充策略分为冲击期和维持期两个阶段, 冲击期采用 5g qid, 连续补充 5—7d, 维持期每天 3—5g。服用的时间一般在两餐之间、训练或比赛前 30—60min 及运动后^[1-2]。但李莉等^[3]研究发现采用冲击剂量补充肌酸可导致运动训练大鼠肝脏精氨酸-甘氨酸豚基转移酶(AGAT)的活性以及肾脏、肝脏血清胍醋酸含量显著降低, 内源性肌酸活性受到抑制, 建议运动员不采用冲击剂量, 只用维持剂量补充肌酸, 以避免内源性肌酸合成系统的改变, 同时也可避免肌肉肿胀等副作用的发生。

肌酸应与糖及含糖的饮料一起补充。杨则宜^[4]报道: 把肌酸溶解在温和的糖溶液后服用, 可显著提高机体内肌酸的总量, 从而提高肌酸补充的效果。Cribb 等^[5]发现: 肌酸+蛋白质+糖补充组在最大力量、肌肉体积和肌肉收缩蛋白的增长等方面与单纯补充肌酸组和蛋白质+糖组相比都有明显的提高。因此, 肌酸与蛋白质、糖同时补充可能会取得更好的补充效果。

1.2 年龄与肌酸补充效果

目前, 肌酸对青少年的利弊仍存在争议。Metzl 等^[6]报道在美国有 28% 的青少年运动员服用肌酸。虽然补充肌酸对青少年儿童是否有负面影响尚未完全清楚, 但 Metzl 等人建议在肌酸的安全性尚未被证实之前, 18 岁以下的青少年应尽量避免使用。但最近的研究表明肌酸对青年大鼠骨骼有良好的促进作用: Antolic^[6]报道对处于成长期(第 5—8 周)的青年大鼠补充肌酸, 发现补充肌酸大鼠股骨内矿物质的密度和含量都比安慰剂组明显提高, 说明肌酸可能对青少年骨的结构和功能有潜在的良好作用。

中老年人肌肉的流失是引起许多疾病的重要原因, 虽然抗阻训练对中老年人肌肉流失有一定的抑制作用, 但是肌肉流失仍不可避免。Brose^[7]将 28 名 65 岁以上的健康男女分为

肌酸补充组(5g/d, n=14)和安慰剂组(n=14), 经过 14 周(每周 3 次)抗阻训练后发现: 肌酸补充组体内游离脂肪酸和肌肉体积、力量都明显高于安慰剂组($P<0.05$)。证明肌酸对老年人的肌肉体积和力量有明显的助力作用, 可有效地抑制中老年人肌肉流失。Candow^[8]报道补充肌酸可以增加肌细胞水合, 促进肌球蛋白重链表达, 使肌肉肥大。因此补充肌酸可预防因肌肉流失而引发的各种疾病^[9-10]。

2 补充肌酸对运动能力的影响

2.1 补充肌酸对无氧运动能力的影响

许多研究都表明补充肌酸有助于提高短时间大强度运动能力, 其机制为: ①补充肌酸可以增加肌肉中的磷酸肌酸含量, 改善 ATP 和 CP 的再合成, 从而提高运动时肌肉的能量供应, 以提高运动成绩。②通过补充肌酸获得更多的磷酸肌酸, 快速合成 ATP, 减少利用糖原。由于糖原的快速动用主要是以糖酵解为主, 会产生大量乳酸, 因此补充肌酸可以减少乳酸的产生, 提高无氧运动耐力^[11-13]。Eckerson^[14]将受试者分为肌酸补充组和安慰剂组, 肌酸组每天补充 5gCr+18g 葡萄糖, 安慰剂组服用等量葡萄糖, 连续补充 5d 后发现肌酸组的无氧运动能力较安慰剂组有明显提高($P<0.05$)。Murphy^[15]也报道成年游泳运动员补充肌酸后明显提高了 400m 游泳中最后 50m 的运动成绩。Izquierdo^[16]采用双盲实验将 19 名受试者分为肌酸补充组(n=9)和安慰剂组(n=10), 补充 5d(20g/d)后, 发现肌酸补充组下肢力量和短跑能力都明显提高; 研究同时还表明补充肌酸对上肢力量和肌肉耐力并没有显著作用。但也有不同的报道: Odland^[17]发现受试者补充肌酸 3d(20g/d)后, 30s 自行车行进期间的能量产生、运动后的疲劳指数和血乳酸含量, 与对照组相比无明显差异。因此, 目前关于肌酸对无氧运动能力的影响及其机制还需深入研究。

2.2 补充肌酸对有氧运动能力的影响

研究表明补充肌酸对耐力性运动项目没有显著影响。Reardon^[18]将 13 名健康成年男性分为实验组(n=7)和对照组(n=6), 实验组补充肌酸水合物, 对照组补充安慰剂, 经过 4 周的耐力训练后通过肌肉活检检测肌肉内肌酸和肌糖原的含量, 发现肌酸补充组和安慰剂组股四头肌肌糖原含量都增长约 20%, 说明补充肌酸对耐力训练的代谢适应并无明显影响。Chwalbinska-Moneta^[19]将 16 名高水平划船运动员分为实验组(n=8)和对照组(n=8), 实验组连续补充 5d(5g/d), 对照组

* 基金项目: 国家自然科学基金(30700390); 河北师范大学博士基金(L2005B28)

1 河北师范大学体育学院, 石家庄, 050016

2 通讯作者

作者简介: 袁克星, 男, 在读硕士

收稿日期: 2008-01-17

补充同等剂量的安慰剂,同时进行耐力训练后发现实验组的最大输出功率与对照组相比并没有明显提高,说明补充肌酸并不能明显提高有氧运动能力。

2.3 补充肌酸对肌肉力量和体积的影响

肌酸刺激肌肉体积和力量增长的可能机制为肌酸可以刺激细胞内结合水的增加、使细胞渗透压升高,同时刺激蛋白质的合成,而蛋白质合成的增加则刺激了去脂体重的增加和肌肉力量的增长。Gribb^[20]研究发现补充肌酸的同时进行抗阻训练 11 周,肌肉最大力量和肌酸含量有明显的增长,并且可以增加机体瘦体重的含量、促进特定肌纤维肥大、增加收缩蛋白的含量。但 Ferguson^[21]报道补充肌酸+抗阻训练 10 周后,女性在卧推和腿举上所表现出来的最大力量以及身体成分并没有明显改善。这可能说明了男性和女性之间补充肌酸的效果存在差异,但目前没有这方面的报道,尚需研究。

3 肌酸的副作用

3.1 肌酸与肝肾功能

大多数研究认为,肌酸是一种安全的强力补充剂^[22],合理补充不会给机体带来负面影响,并且可以提高机体内磷酸肌酸的含量,保证肌肉大强度收缩时能量的供给,从而提高训练效果和运动成绩。但是肌酸作为一种氨基酸,长时间的补充却有可能加剧肾脏和肝脏的代谢负担,李莉等^[23]报道大剂量的补充肌酸(6.0g/kg/d)会引起大鼠腹泻,造成骨骼肌湿重下降,血清肌酐降低。但 Armentano^[23]对志愿者连续 7d(7g/d)补充肌酸后发现血清中磷酸肌酸的含量有明显提高,但并未对肾脏造成不利影响,认为短期的补充肌酸是安全的。因此,运动员在补充肌酸时应控制肌酸补充的量与时间。

3.2 肌酸与体重增加

美国的运动医学界在 2000 年对肌酸的副作用进行了讨论,认为体重的增加是补充肌酸常见的副作用,体重增加的质量从 0.9—3.2kg 不等,增加的质量取决于肌酸服用时间的长短和初始肌酸的含量。虽然体重的增加并不会对人体的生理机能和运动能力造成明显的威胁,甚至体重的增加在一些运动项目上会使运动员具有更大的优势,但是对于摔跤、柔道等一些需要控制体重项目的运动员来说,体重的增加却可能成为其提高运动成绩的障碍,因此这些运动员在补充肌酸时应慎重,以防止肌酸补充带来的负面效果。

4 肌酸研究的发展趋势

4.1 外源性补充肌酸应用于临床治疗

研究表明补充肌酸对帕金森症患者最大力量的增长有明显作用^[24]。补充肌酸可以增加体内的磷酸肌酸含量,而磷酸肌酸可以将 ADP 转化为 ATP,保证了 Na⁺-K⁺-ATP 离子泵、Ca⁺⁺泵的能量供应,维持跨膜离子梯度,稳定膜电位,减少心率失常的发生,从而对心力衰竭起到一定的缓解作用^[25];另外,肌酸对肌肉废用性萎缩的缓解作用和促进失用性肌肉萎缩的恢复也得到了证实。

4.2 补充肌酸的安全性

目前,补充肌酸的剂量、时间以及赛前多长时间补充等问题仍无一致结论;不同年龄阶段、人群及不同项目运动员

补充的策略仍有待于进一步研究。因此应根据补充的目的、补充者的自身情况等问题确定最佳的补充方案,避免补充肌酸所带来的安全性问题。

4.3 提高肌酸的可溶性

目前,吸收率低是影响肌酸补充效果的重要问题,在补充肌酸的过程中只能依靠大剂量的补充来弥补这一缺陷,这样不仅造成了不必要的浪费,而且有可能加重补充肌酸的副作用。因此,是否可以通过食品加工技术解决口服肌酸吸收率低、使其具有更好的水溶性是肌酸补充领域亟待解决的问题。

参考文献

- [1] 莫恩主编,杨则宜译审.运动营养[M].第 1 版.北京:人民体育出版社,2005.353—363.
- [2] 杨则宜.优秀运动员营养实用指南[M].第 1 版.北京:人民体育出版社,2007.66—68.
- [3] 李莉,李显,阎震,等. 常规方法(冲剂量+维持量)补充肌酸对运动训练大鼠内源性肌酸合成影响的动态观察[J].中国运动医学杂志, 2005, 24(6): 659—664.
- [4] Cribb PJ, Williams AD, Hayes A. A creatine-protein-carbohydrate supplement enhances responses to resistance training[J]. Med Sci Sports Exerc, 2007, 39(11):1960—1968.
- [5] Metzl JD, Small E, Levine SR, et al.Creatine use among young athletes[J]. Pediatrics, 2001, 108(2): 421—425.
- [6] Antolic A, Roy BD, Tarnopolsky MA, et al.Creatine monohydrate increases bone mineral density in young Sprague-Dawley rats[J].Med Sci Sports Exerc,2007, 39(5):816—820.
- [7] Brose A, Parise G, Tarnopolsky MA. Creatine supplementation enhances isometric strength and body composition improvements following strength exercise training in older adults[J]. J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 2003, 58(1):11—9.
- [8] Candow DG, Chilibeck PD.Effect of creatine supplementation during resistance training on muscle accretion in the elderly[J]. Nutr Health Aging,2007, 11(2): 185—188.
- [9] Gotshalk LA, Kraemer WJ, Mendonca MA, et al.Creatine supplementation improves muscular performance in older women[J]. Eur J Appl Physiol,2008, 102(2): 223—231.
- [10] Candow DG, Chilibeck PD, Chad KE, et al. Effect of ceasing creatine supplementation while maintaining resistance training in older men[J].J Aging Phys Act,2004, 12(3): 219—231.
- [11] 贺杰,许豪文.补充肌酸对代谢及运动能力的影响[J].西安体育学院学报,2003,20(2):45—47.
- [12] 金宏.肌酸提高运动能力的作用[J].氨基酸和生物资源,2001,23(4):32—35.
- [13] 金宏,许志勤,王先远,等.补充肌酸对游泳大鼠骨骼肌代谢的影响[J]. 中国运动医学杂志, 2002, 21(1): 95—97.
- [14] Eckerson JM, Stout JR, Moore GA.et al. Effect of two and five days of creatine loading on anaerobic working capacity in women[J].J Strength Cond Res,2004, 18(1):168—173.
- [15] Murphy AJ, Watsford ML, Coutts AJ,et al. Effects of creatine supplementation on aerobic power and cardiovascular structure and function[J]. Sci Med Sport, 2005, 8(3):305—313.
- [16] Izquierdo M, Ibanez J, González-Badillo JJ, et al. Effects of

- creatine supplementation on muscle power, endurance, and sprint performance [J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2002,34(2): 332—343.
- [17] Odland LM, MacDougall JD, Tamopolsky MA, et al. Effect of oral creatine supplementation on muscle [PCr] and short-term maximum power output [J]. *Med Sci Sport Exerc*, 1997, 29: 216—219.
- [18] Reardon TF, Ruell PA, Fiatarone Singh MA, et al. Creatine supplementation does not enhance submaximal aerobic training adaptations in healthy young men and women [J]. *Eur J Appl Physiol*, 2006, 98(3): 234—241.
- [19] Chwalbinska-Moneta J. Effect of creatine supplementation on aerobic performance and anaerobic capacity in elite rowers in the course of endurance training [J]. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 2003, 13(2): 173—183.
- [20] Cribb PJ, Williams AD, Stathis CG, et al. Effects of whey isolate, creatine, and resistance training on muscle hypertrophy [J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2007, 39(2): 298—307.
- [21] Ferguson TB, Syrotaik DG. Effects of creatine monohydrate supplementation on body composition and strength indices in experienced resistance trained women [J]. *J Strength Cond Res*, 2006, 20(4): 939—946.
- [22] 杨则宜. 肌酸的补充与运动能力 [J]. *体育科学*, 2000, 20(1): 76—78.
- [23] Armentano MJ, Brenner AK, Hedman TL, et al. The effect and safety of short-term creatine supplementation on performance of push-ups [J]. *Mil Med*, 2007, 172(3): 312—317.
- [24] Hass CJ, Collins MA, Juncos JL. Resistance training with creatine monohydrate improves upper-body strength in patients with Parkinson disease: a randomized trial [J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2007, 21(2): 107—115.
- [25] 王雷, 张立. 磷酸肌酸在医学及运动中的应用 [J]. *武汉体育学院学报*, 2002, 36(5): 37—39.

· 综述 ·

运动对癌症患者免疫功能的影响及康复治疗应用的研究进展

于 洋¹ 杨贤罡¹

运动能改善先天免疫系统活性, 诱导巨噬细胞和细胞因子的产生, 提高自然杀伤细胞(natural killer, NK)的数量和活性。有关运动、免疫与癌症防御之间的联系, 国外学者已提出一些相应理论。倒置“J”学说(Inverted J Hypothesis)提示适度运动能增强免疫系统功能, 降低癌症易发敏感性, 而重复多次的力竭性运动可能会抑制免疫系统功能, 增加癌症易发敏感性^[1]。免疫学监督理论(the theory of immune surveillance)认为, 许多潜在的癌细胞在临床诊断前, 已经被先天性和/或获得性免疫系统所识别或破坏而得以清除^[2]。肿瘤只在癌细胞逃脱免疫监督时才能产生。变异细胞或通过减少其肿瘤抗原表达, 或通过受损的免疫应答, 来逃避免疫系统对其的破坏^[3]。

1 癌症及其治疗手段对患者免疫功能的影响

已有的研究显示, 癌症及其治疗对患者免疫系统均产生明显的影响, 且均表现为导致免疫抑制。乳腺癌Ⅲ期患者外周血 CD₄⁺/CD₈⁺T 淋巴细胞比值较正常对照组显著降低^[4], 提示乳腺癌患者在淋巴系统受侵犯后或晚期(Ⅲ、Ⅳ期)出现明显的细胞免疫功能降低。流式细胞技术检测 64 例乳腺癌患者外周血中 CD₄⁺, CD₂₅⁺调节性 T 细胞占 T 淋巴细胞的百分比显著高于乳腺良性肿瘤患者和健康志愿者, 且与 CD₈⁺, CD₂₈⁺T 细胞和 NK 细胞呈负相关, 对乳腺癌患者具有免疫抑制作用^[5]。

6 例急性淋巴细胞白血病患者化疗期间粒细胞、CD₃⁺、

CD₄⁺、CD₈⁺、CD₁₉⁺、CD₂₅⁺和 PHA 诱导的淋巴细胞增殖较健康对照组显著下降^[6]。化疗显著降低肺癌患者肺泡巨噬细胞数目^[7]。氟达拉滨(Fludarabine)治疗使白血病患者 T 细胞(CD₄⁺)亚群显著下降。周期性环磷酰胺、甲氨蝶呤和 5-氟尿嘧啶方案化疗使乳腺癌患者淋巴细胞总数, T 细胞(CD₄⁺, CD₈⁺), B 细胞(CD₁₉⁺), NK 细胞(CD₃⁺CD₁₆⁺CD₅₆⁺)和激活性 T 细胞数目均下降^[8], NK 细胞和 LAK 细胞功能下降, 且持续至治疗后 6 个月, T 和 B 淋巴细胞对丝裂原刺激反应能力显著受损^[9]。

放射疗法能引起乳腺癌患者和子宫内膜癌患者 NK 细胞溶解活性显著下降; 结肠直肠癌患者 NK 细胞数目显著减少^[10]; 鳞状上皮细胞肺癌患者淋巴细胞总数和 T 细胞(CD₄⁺, CD₈⁺)数目减少, T 细胞对丝裂原刺激的增殖能力下降; 鳞状上皮细胞癌患者淋巴细胞总数和 T 细胞(CD₄⁺, CD₈⁺)数目减少, CD₄⁺/CD₈⁺比值和 T、B 细胞对丝裂原刺激的增殖能力下降^[11]。

外科术后免疫系统同样显著受损, 包括单核细胞吞噬功能、抗原提呈和超氧化物释放、B 细胞免疫球蛋白产物、T 细胞丝裂原反应和 IL-2 产物^[12]。乳腺癌患者接受乳房切除术后 NK 细胞溶解活性显著下降。胃癌和结肠癌患者接受手术治

1 沈阳体育学院运动生理生化教研室, 辽宁省沈阳市苏家屯区金钱松东路 36 号, 110102

作者简介: 于洋, 女, 教授

收稿日期: 2008-01-03