

补充肌酸对大强度运动能力的影响

杨佩璇¹, 柯杰兵², 沈志峰²

(1. 泉州师范学院 体育系, 福建 泉州 362000;

2. 解放军体育学院 军事体育机能教研室, 广东 广州 510500)

摘 要:根据肌酸的生物合成特点及其在能量代谢和疲劳中的作用, 阐述了额外补充肌酸对运动效果的影响机理, 并论述了大强度运动中补充肌酸的基本原理与方法。

关 键 词:肌酸; 大强度运动; 能量代谢

中图分类号:G804.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-7116(2001)05-0086-03

Influence of supplying creatine on highly intensive sports(Summarize)

YANG Pei-xuan¹, KE Jie-bing², SHENG Zhi-feng²

(1. Department of Physical Education, Quanzhou Normal College, Quanzhou 362000, China;

2. PLA Institute of Physical Education, Guangzhou 510500, China)

Abstract: According to the characteristics of biological synthesization of creatine and its function in metabolizability of energy and fatigue, this paper expatiated influential mechanism of additional creatine supplying to sports effect, expounded basic principle and method of supplying creatine in highly intensive sports.

Key words: creatine; highly intensive sports; metabolizability of energy.

肌酸是磷酸肌酸的重要原料, 它可以从肉类食物中获得, 或由肝、肾、胰等组织合成。

正常人每天消耗 2 g 肌酸, 然而由于运动员在大强度运动中往往消耗较大, 难以从膳食中得到满足, 合成能力又有限, 因此适量补充肌酸就显得十分重要。近年来, 国外许多学者对补充肌酸进行了研究, 发现补充肌酸可以提高肌肉内磷酸肌酸的含量, 从而提高肌肉的最大收缩力, ATP 的利用率也增加了。在大强度运动中, 运动员日益喜爱用肌酸(Cr)作为体能增补剂, 运动员通过肌酸的补充来提高运动能力, 间歇性运动项目(如足球、篮球、跑步、游泳、投掷、举重等)的运动员补充肌酸得益最多, 这可能是因为他们的运动能力受到肌肉中磷酸(PCr)有效性的影响。本文就补充肌酸对大强度运动度的影响这一问题进行综述。

1 肌酸的合成及其在体内的分布

肌酸或胍基乙酸是一种天然的化合物, 对一个体重 70 kg 的正常人来说, 整个体内肌酸含量大约是 120 g, 95% 在骨骼肌内, 其余少量肌酸分布于脑、肝、肾等组织^[1]。1832 年法国科学家 Chevreu 报道了骨骼肌内存在着一种新的有机成分, 他称之为肌酸。然而由于探测肌酸的方法上的局限, 直到 1847 年, Liberg 才肯定肌酸是哺乳动物肌肉中的成分。他发现野生狐狸肌肉内含有的肌酸是圈养狐狸的 10 倍, 从此,

他得出结论: 肌肉的工作有肌酸参与。在 19 世纪初, 由于肌酸的分布相当特殊(大部分在骨骼肌内), 以及人们在正常人尿中发现极少量的肌酸, 使人们认识到肌酸不只是代谢中的废物^[2]。这一观点后来由 Chanutin 证实。他发现补充的肌酸大部分都留在体内。从这时起, 为了了解肌酸的生物合成^[3]、代谢以及它的分解排泄产物——肌酐, 许多科学家开始了大量的研究。1979 年 Walker^[3]发现, 体内肌酸除了一部分来自于饮食, 另一部分是由肝、肾等组织自身合成。然而大量的肌酸却存在于肌肉(95%), 由此可推论出: 存在着一个转运系统使肌酸由合成部位转运到肌肉的过程。事实上, 几乎很少量的肌酸存在于合成的组织中, 这就使肌酸的合成从使用中脱离开来^[4]。

2 补充肌酸的基本原理

肌肉收缩的能量来源于肌肉中贮存的三磷酸腺苷(ATP)和几种 ATP 再合成过程。在短距离大强度运动中, ATP 在肌肉中的含量急剧下降, 必须迅速再合成, 才能维持运动能力。磷酸肌酸(PCr)反应是促使 ATP 合成的一个途径。此反应由肌酸激酶(CK)催化: $PCr + ADP + H^+ \xrightarrow{CK} Cr + ATP$ 反应中, PCr 脱去的磷酸根和 ATP 结合成 ATP。ATP 和 CR 一经产生, CR 由其他途径提供能量(可能来自线粒体有氧代谢)再合成 PCr, 再生的 PCr 扩散到需要能量的肌

* 收稿日期: 2001-06-28

作者简介: 杨佩璇(1962-), 女, 福建泉州人, 讲师, 研究方向: 运动人体科学教学与研究。

肉区域内。在多次回合的大强度运动中,PCr的迅速合成对维持运动能力是至关重要的。据文献报道:40、60、80、100 m短跑在5~7 s内PCr贮备即已耗尽,提示跑速减慢可能与肌肉纤维未能从PCr获得能量有关。

Greenhaff等人的研究发现:补充一水化肌酸(Cr monohydrate)能使肌肉中Cr的含量增加33%,他们测定在单侧膝随意伸展运动后在0、20、60和120 s时PCr的再合成水平,结果得出补充肌酸组的PCr再合成速率在前40 s时和对照组几乎相同,而其余时间则高于对照组,比在恢复结束时补充肌酸组的平均肌肉中PCr浓度高30%。^[5]

Gregory认为PCr的再合成的减少往往与降低运动操作能力有关,所以促进PCr再合成则会有助于训练效果,在大多数运动项目的间歇训练中,这种通过PCr再合成增进训练效果则表现在运动员能够保持较高的运动能力^[6]。

3 补充肌酸对影响大强度运动的机理与效果

3.1 补充肌酸对大强度运动能力影响的作用机理

目前人们对补充肌酸能够提高运动能力的机理尚不完全清楚。资料表明:补充肌酸会使肌肉内磷酸肌酸含量增加,在运动中有更多的磷酸肌酸可以利用,在运动后恢复期有助于磷酸肌酸的再合成。如果可利用磷酸肌酸的量是限制最大运动强度运动能力的因素^[7],那么这两点都可以通过保持ATP的流通量,提高肌肉的收缩能力。许多报道都支持这一观点,例如,尽管补充肌酸后受试者完成更多的运动量,可是血氨和6-巯基嘌呤的积累却减少了^[8]。Greechaff^[9](1994)的实验更有力地支持这一观点:他发现补充肌酸后,受试者在两个轮次最大收缩中ATP的损失减少了(肌肉活检,用核磁共振测定ATP)^[9],工作量提高了6%。最近研究结果表明,低剂量补充肌酸后,在大强度运动后恢复期,骨骼肌吸收的肌酸能够加速磷酸肌酸的再合成^[10]。

尽管我们清楚地知道补充肌酸对短时间、大强度运动有强力作用,然而需要指出的是,补充肌酸不是对所有的人都有作用。换句话说,补充肌酸只能对骨骼肌中肌酸浓度低于120 mmol/kg干肌的个体起作用,只有这些个体才能在恢复期中出现加快磷酸肌酸再合成。对于那些补充肌酸后没有吸收或吸收甚少的个体^[11],磷酸肌酸再合成在恢复期没有变化。这可能是由于这些个体在补充肌酸前有较高的肌酸水平,但这绝不是唯一原因。为了弄清调节肌肉吸收肌酸的因素,尚需进一步研究。应当指出的是,肌肉吸收的肌酸越多,在短时间、大强度重复运动中,工作量增加的就越多。

3.2 补充肌酸影响大强度运动的效果

1923年Macht^[12]报道了给小鼠补充肌酸后,发现小鼠的奔跑能力增强了。1981年Spilia^[13]报道:患有Gyraterophy的病人补充肌酸后,部分人有一种力量增加的感觉。其中有一名运动员100 m成绩提高达0.2 s之多。从此人们才开始注意到补充肌酸对肌肉工作能力的影响,但至今只有少量的报道。所以,补充肌酸对肌肉工作能力影响的研究还处在最初阶段。

Greenhaff^[14]报道:把实验对象分成实验组和安慰剂组,双盲实验的结果表明,连续5 d补充肌酸(4次×5 g)可以提高

肌肉进行最大强度重复性收缩的工作量。通过Balsom和Birch后来的实验,这一结果得到证实。^[15]

Harris^[5]的实验对象是训练有素的跑步者,将其分成实验组和安慰剂组。实验组每人每天补充30 g肌酸,连续6 d。比较补充肌酸前后4×300 m和4×1 000 m成绩,发现服用肌酸组最后一个300 m成绩的提高有显著性,在1 000 m×4成绩总和中,提高13 s,最后一个1 000 m提高5.5 s,对照组无变化。^[16]

Earnest也做了对照实验。补充肌酸的方法是每天20 g,连续4 d。运动实验采用3×30 s wingate功率自行车测试法,间歇时间为5 min,结果发现最大功率实验组和对照组都无显著性变化。但每个30 s所做的无氧功实验组却提高了,而对照组没有变化。^[17]

总结以上的研究成果可以得出一致的结论:在短时间、大强度的重复性运动中,补充肌酸会使运动员更好地维持做功强度,延缓疲劳的发展,从而提高肌肉的工作量^[2,4,8]。需要指出的是,对于亚极量运动的项目,补充肌酸对运动能力没有影响^[14,15],这一点Balsom和Greechaff都曾经报道过。

4 大强度运动中补充肌酸的方法

4.1 给予负荷剂量

经典负荷量是每日须摄入一水化肌酸20~30 g,连续5~6 d,有些研究者根据体重,按 $0.3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 计算负荷量,这些实验明确指出补充肌酸能够提高肌肉中Cr总含量。Harris等人^[16]调查了补充肌酸对肌肉总肌酸的影响,证实实验者每次摄入5 g,每日4~6次(每日总计20~30 g),能够增强肌肉中肌酸的总含量。^[16]这种肌酸总含量的增加相当于增加了PCr的储备量的20%~40%。初始Cr总量最低的实验者,补充Cr后,其Cr的增加量最多。肌肉Cr贮存量看来有一个上限,Harris等人^[16]发现每日补充30 g一水化肌酸,前3 d肾排出量依次为40%、61%和68%。这表明:肌肉Cr的总量上限约为 $160 \text{ mmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 干肌,一旦Cr总量达到上限,摄入的肌酸,有一部分将随尿排出,因此,运动员和教练员必须避免服用超过 $0.3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 体重的大剂量。

4.2 给予维持剂量

当总Cr浓度达到上限时,可继续服用小剂量以维持肌肉中Cr的总贮存量。实验表明:每日摄入Cr 2 g即可达到维持CR总量的目的。Hultman等人发现:每日按 $0.3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 重的标准摄入CR可维持肌酸总贮存量达28 d^[19]。

4.3 碳水化物的补充

近期的研究表明:补充肌酸的同时,摄入碳水化物能促进肌肉中CR的积聚。

Green等^[17]人发现:实验组(每次摄入Cr 5g,接着服用单糖类93 g,每日4次)体内Cr总量比对照组(只服Cr)高60%,尿中Cr的排出量亦明显低于对照组。Cr与碳水化物的使用合用显著地增高了血清胰岛素浓度,从而调整提高了Cr贮存量^[19]。

因此G. Gregory Haff等^[14]建议:运动员在补充Cr时兼服碳水化物,能够使肌肉Cr浓度得到最大限度的增加。^[20]

4.4 补充Cr的副作用

补充 Cr 的最大副作用是增加体重,增加的幅度从 0.9~3.2 kg 不等,这取决于 Cr 时间的长短和肌肉初始 Cr 含量。体重增加的机理目前尚不完全清楚。Balsom 等人^[11]认为:体重增加在某种程度上与身体含水总增加有关^[15]。然而,补充大剂量 Cr 亦能导致脱水,因为过量的 Cr 从尿中排出时能带出大量水分,身体失水,尤其在炎热季节,是否会影响运动能力,有待于实验观察。

目前,大多数文献报道:补充 Cr 的期限应在 2~4 周内^[1,13]。但对于补充 Cr 的长期效应尚未完全清楚,尚须进一步的研究。

关于补充肌酸对肌肉工作能力以及人体代谢影响的研究目前还处在开始阶段,有许多问题尚不完全明确。如补充肌酸是否能够提高肌肉的缓冲能力,现在认为补充肌酸会提高肌肉缓冲能力达 7%,还需要进一步证实。根据现在的研究结果,尚不能认为肌酸是一种具有普遍效力的补剂。补充肌酸只对爆发力项目的运动能力有提高作用。从长远来看,补充肌酸可以使运动员在更高强度下训练而不感到疲劳,单从这一点来看,补充肌酸似乎可以被视为对运动营养的又一重大发展。

参考文献:

- [1] 刘大川. 补充肌酸对运动能力的影响[J]. 中国运动医学杂志, 1998(17): 146-149.
- [2] Chamutin A. The fate of creatine when administered to man[J]. J Biol Chem. 1926, 67: 29-37.
- [3] Walker J B. Creatine: biosynthesis, regulation and function[J]. Physiol, Rev 1922, 2: 586-599.
- [4] Need ham DM, Machina Carnis. The Biochemistry of Muscular Contraction in Its Historical Development[M]. Cambridge University Press. 1971.
- [5] Greenhaff P L. Influence of oral creatine supplementation on muscle torque during repeated bouts of maximal voluntary exercise in man[J]. Clin Sci, 1993, 84: 565-571.
- [6] Forsberg A M. Muscle composition in relation to age and sex[J]. Clin Sci. 1991, 81: 249-256.
- [7] Wallimann T Wyss M, Relieka D, et al. Intracellular compartmentation structure and function of creatine kinase isoenzymes in tissues with high and fluctuating energy demands[J]. The phosphocreatine circuit for cellular energy homeostases[J]. Bio chem J 1992, 28: 21-40.
- [8] Osterberg K. Soderlund keratin skidskytte[R]. 1993, 5: 16-7.
- [9] Greenhaff P L. The effect of oral creatine supplementation on skeletal muscle phosphocreatine resynthesis[J]. Am J physiol, 1994, 266: E725-E730.
- [10] Shoubidge EA A 31P- nuclear magnetic resonance study of skeletal muscle metabolism in rats depleted of creatine with the analogue β -guanidino-propionic acid[J]. Biochem Biophys Acta, 1984, 805: 79-88.
- [11] McCully KK, Kent JA. Characterization of 31p magnetic resonance spectroscopy to the study of athletic performance[J]. Sports Med, 1988: 312-21.
- [12] Bloch K. The metabolic relation of creatine and creatinine studied with isotopic nitrogen[J]. J Bio Chem, 1939, 131: 11-121.
- [13] Sipila. Supplementary creatine as treatment for gyrate atrophy of the choroids and retina[J]. New E J Med, 1981, 304: 867-870.
- [14] Greenhaff P L. The effect of oral creatine supplementation on skeletal muscle ATP degradation during repeated bouts of maximal voluntary exercise in man[J]. J Physiol, 1994, 476: 84.
- [15] Balsom P D, Ekblom B. Creatine supplementation and dynamic high intensity intermittent exercise[J]. Scand J Med Sci. Sports, 1993, 3: 143-149;
- [16] Harris R. Elevation of creatine in resting and exercised muscle of normal subjects by creatine supplementation[J]. Clin Sci, 1992, 83: 367-374.
- [17] Earnest. C P. Effect of creatine monohydrate on peak anaerobic power, capacity and fatigue index[J]. Med Sce Sports Exerc, 1994, 26: s39.
- [18] Hultman E. Energy metabolism and fatigue during intense muscle contraction[J]. Biochemical Social Transactions, 1991, 19: 347-353.
- [19] Green A L. The influence of creatine supplementation on metabolism during sub-maximal incremental treadmill exercise[J]. Proc Nur Soc. 1993, 53: 84A.
- [20] G Gregory Haff 著. 大强度运动中肌酸补充的研究[J]. 朱学雷编译. 体育科研, 2000(2).

[编辑: 李寿荣]