



肌肽复合物、新剂型碳酸氢钠补充 对人体无氧运动能力及代谢的影响

逢金柱¹, 邵士元², 魏冰¹, 张云龙¹, 谷秀芳², 杨则宜¹

摘要: 研究目的: 探讨肌肽复合物和新剂型碳酸氢钠的补充对人体无氧运动能力和代谢的影响。研究方法: 将驻京某部队27名男性士兵随机分为3组(对照组、肌肽复合物组、碳酸氢钠组), 每组9人。所有受试者均完成一次基础测试(不服用任何产品)和1周后的实验测试。研究结果: (1)肌肽复合物组、碳酸氢钠组, 平均功率明显高于对照组($p < 0.05$)。 (2)肌肽复合物组、碳酸氢钠组运动后10min的血乳酸值明显高于对照组($p < 0.05$)。 (3)运动后1h、2h的尿PH值, 碳酸氢钠组明显高于对照组($p < 0.05$)。 (4)运动后2h血清丙二醛(MDA)的水平与基础值比较, 对照组与碳酸氢钠组均明显增高($p < 0.05$), 而肌肽复合物组未出现明显变化。肌肽复合物组运动后血清谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)的水平明显高于对照组和碳酸氢钠组($p < 0.05$)。 (5)运动后尿酸的水平, 肌肽复合物组明显低于对照组和碳酸氢钠组($p < 0.05$)。结论: 补充肌肽复合物和碳酸氢钠可提高1min最大无氧运动能力、运动后10min的血乳酸值, 此外肌肽复合物还具有抗氧化、降尿酸的功能。

关键词: 无氧运动能力; 肌肽复合物; 碳酸氢钠; 丙二醛; 谷胱甘肽过氧化物酶; 尿PH值; 尿酸

中图分类号: G804.32 文献标识码: A 文章编号: 1006-1207(2007)02-0070-04

Impact of Carnosine Complex and New Sodium Bicarbonate Preparation Administration on Anaerobic Capacity and Metabolism

PANG Jin-zhu, SHAO Shi-yuan et al.

(Beijing Competitor Institute of Sports Nutrition, Beijing 100029, China)

Abstract: Objective: To investigate the impact of carnosine complex and new sodium bicarbonate preparation administration on anaerobic capacity and metabolism. Method: 27 soldiers were divided into three groups (carnosine compound group, control group and sodium bicarbonate group, 9 persons in each group). Every subject was requested to complete 2 tests. The first is a basic test without using any product. The second is an experimental test and the interval is 1 week. Result: (1) Average power of carnosine compound group and sodium bicarbonate group was higher than that of the control group ($P < 0.05$). (2) 10 min after exercise, the lactic acid value of carnosine compound group and sodium bicarbonate group was apparently higher than that of the control group ($P < 0.05$). (3) The urine PH value of sodium bicarbonate group 1h and 2h after the exercise was higher than that of the control group ($P < 0.05$). (4) The value of MDA 2h after exercise increased in control group and sodium bicarbonate group ($P < 0.05$). (5) After exercise, UA value of carnosine compound group was lower than those of the control group and sodium bicarbonate group ($P < 0.05$). Conclusion: Carnosine complex and new sodium bicarbonate preparation administration can improve 1 min maximal anaerobic capacity and lactic acid value. Carnosine compound can also increase the ability of antioxidation and lower UA value.

Key words: anaerobic capacity; carnosine compound; sodium bicarbonate; MDA; GSH-Px; urine PH; uric acid

在竞技体育竞争日趋激烈的当今, 国内外学者一直在寻求有助于提高运动能力的物质, 肌肽复合物也是研究的对象。肌肽复合物含有肌肽10%、鹅肌肽5%、组氨酸15%、其余为蛋白质辅料。前三者在肌肉及血液的缓冲系统中具有重要的作用^[1], 而且国外实验室研究已经证实肌肽和鹅肌肽具有清除自由基^[2]、调节肌浆网钙通道^[3]、促进能量代谢^[4]、舒血管^[5]等效应, 因此补充肌肽复合物可能对运动能力产生影响, 然而至今相关报道极少。另外, 碳酸氢钠作为一种酸

性缓冲剂一直是国内外学者的研究热点, 但由于碳酸氢钠极差的口感, 对其剂型的研究多采用片剂和胶囊的形式, 文献报道此剂型下的有效剂量为0.3~0.5g/kg体重, 此时也产生了较多的副作用如胃肠胀气、恶心、呕吐等^[6]。笔者在此基础上将其剂型做成果冻, 剂量调整为0.2g/kg体重, 希望能够减轻其副作用保持其效果。本实验的目的在于, 研究肌肽复合物及新剂型、低剂量的碳酸氢钠的补充对1min最大无氧运动能力及运动后血乳酸值、血清丙二醛、尿酸等

收稿日期: 2007-02-07

第一作者简介: 逢金柱(1974~), 男, 助理研究员, 主要研究方向: 运动营养学

作者单位: 1 北京康比特运动营养研究所(北京市 100029); 2 泰山医学院运动医学研究所(山东省 271000)

指标的影响,并探讨可能的作用机理。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象与分组

将驻京某部队男性士兵27名(军龄2年),按基础测试的平均功率值随机分为3组,每组9人,即A组(对照组, N=9)、B组(肌肽复合物组, N=9)、C组(碳酸氢钠组, N=9)。所有对象均健康,无心、肝、肾及运动系统病史。3组对象的基本情况见表1。

表1 实验组与对照组受试者的基本情况

	A组(对照组)	B组(肌肽复合物组)	C组(碳酸氢钠组)
年龄(a)	21.88 ± 2.13	22.16 ± 2.09	21.96 ± 2.21
身高(cm)	172.18 ± 3.28	171.69 ± 3.19	172.85 ± 3.98
体重(kg)	64.36 ± 3.58	65.12 ± 3.51	63.99 ± 3.47
军龄(a)	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00

1.2 实验方法和测试指标

所有受试对象均于实验前完成为期1周的有氧和无氧功率自行车蹬车训练。有氧车训练采用单位时间递增功率模式蹬车而转速保持不变,无氧车训练要求恒定负荷下受试者尽全力蹬车至1min。休息1周后进行第一次测试,此次测试前不服用任何产品。两次测试均采用标准化的热身方式,即60w功率下运动2min、120w功率下运动2min、300w功率下运动10s。热身完成后休息15min,进行无氧车1min最大无氧运动能力测试,负荷为体重(kg) × 7.5%。

第一次测试完成后休息1周,进行第二次测试,测试方法与第一次相同。测试前采集测试日清晨空腹静脉血,做各指标基础值的测定。采集运动后10min、1h、2h的静脉血样和运动后1h、2h尿样。两次测试日早餐均一致,第二次测试产品的名称、服用时间、剂量和方法见表2。

表2 第二次测试服用的产品名称、剂量、时间、方法

服用产品	服用剂量	服用时间	服用方法
A组 膳食纤维	10g	运动前45min	加温水350ml冲服
B组 肌肽复合物	10g	运动前45min	加温水350ml冲服
C组 碳酸氢钠	0.2g/kg体重	运动前75min	做成果冻350ml吞服

1.2.1 运动能力测试方法

1min最大无氧运动能力测试采用瑞典产Monark894E无氧功率自行车,连接笔记本电脑,峰功率及平均功率由其配套软件 Monark Anaerobic Test Software 读出。

1.2.2 血乳酸的测试方法

采集运动后10min、1h的静脉血,做乳酸值的测定。血乳酸采用美国产 YSI 1500 SPORT LACTATE ANALYZER,方法为酶电极法。

1.2.3 尿pH值测试方法

采集运动后1h、2h的尿液,做尿pH值的测定,所用仪器为德国产CLINITEK STATUS 尿液分析仪。

1.2.4 血清丙二醛(MDA)、血清谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)、尿酸的测试方法

血清丙二醛(MDA)用硫代巴比妥酸法(TBA法)测定,测定仪器为754型分光光度计;血清谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)按照间接法测定,所用仪器为德国产 Eppendorf ECOM-F-6124型半自动生化分析仪,两试剂盒均来自南京建成生物工程研究所。尿酸的测定方法为酶比色法,所用仪器为Eppendorf ECOM-F-6124型半自动生化分析仪,试剂购自中

生北控生物科技股份有限公司。

1.3 数据统计学处理

实验数据用平均数±标准差表示,采用SAS8.1统计学软件进行统计分析。方法为重复测量数据的方差分析,同时应用SNK法进行组内各测量值两两比较及各组间测量值两两比较,显著性水平为p<0.05。

2 研究结果

2.1 实验组与对照组受试者1min最大无氧运动能力的比较

由表3可见,肌肽复合物组、碳酸氢钠组第二次测试的峰功率和平均功率明显高于第一次测试(p<0.05),而对照组未出现这种变化。而且第二次测试平均功率,碳酸氢钠组与肌肽复合物组均高于对照组(p<0.05)。

表3 实验组与对照组无氧运动能力测试指标比较

	分组	第一次测试	第二次测试
峰功率 (W/kg)	A组	12.21 ± 0.94	12.28 ± 1.14
	B组	12.17 ± 0.77	12.76 ± 0.71*
	C组	12.27 ± 1.00	12.94 ± 1.13*
平均功率 (W/kg)	A组	5.73 ± 0.36	5.77 ± 0.50
	B组	5.67 ± 0.28	6.22 ± 0.25*#
	C组	5.65 ± 0.35	6.29 ± 0.34*#

*: 与同组第一次测试比较p<0.05 #: 与同时对照组比较p<0.05

2.2 实验组与对照组受试者运动后血乳酸值的比较

预计发现1min Monark 无氧功率自行车运动方式下,运动后10min血乳酸达到最大值,运动后1h乳酸值趋向稳定,变化不大,所以采集运动后10min、1h的血做乳酸值分析,来研究补充肌肽复合物、碳酸氢钠对运动后乳酸代谢的影响。由表4可见,肌肽复合物组、碳酸氢钠组运动后10min的乳酸值高于对照组(p<0.05),而运动后1h3组间无明显差异。

表4 实验组与对照组运动后乳酸值比较

分组	运动后10min(mmol/L)	运动后1h(mmol/L)
A组	10.22 ± 0.78	2.44 ± 0.43*
B组	11.32 ± 1.24 #	2.58 ± 0.25*
C组	11.59 ± 1.17 #	2.45 ± 0.36*

*: 与同组运动后10min的值比较p<0.05 #: 与同时对照组比较p<0.05

2.3 实验组与对照组受试者尿pH值的比较

由表5可见,碳酸氢钠组运动后1h尿pH值明显高于对照组(p<0.05),运动后2h尿pH值继续增高,与对照组相比有显著差异(p<0.05)。尿液碱化的趋势说明此剂型、剂量下的碳酸氢钠达到了增加血液碱储备的目的。

表5 实验组与对照组尿pH值比较

分组	运动后1h	运动后2h
A组	6.11 ± 0.60	6.38 ± 0.55
B组	6.06 ± 0.63	6.44 ± 0.53
C组	6.89 ± 0.74#	7.72 ± 0.71*#

*: 与同组运动后1h的值比较p<0.05 #: 与同时对照组比较p<0.05

2.4 实验组与对照组受试者血清丙二醛(MDA)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)、尿酸(UA)水平的比较

采集第二次测试日清晨空腹静脉血,测其MDA、GSH-Px、UA值,作为基础值参与统计分析。由表6可见,对



照组和碳酸氢钠组运动后血清MDA水平与其基础值相比,明显增高($p < 0.05$),而肌肽复合物组未出现这种变化。运动后1h、2h血清GSH-Px水平3组均成增加的趋势($p < 0.05$),但肌肽复合物组均明显高于对照组($p < 0.05$)。运动后尿酸的水平与基础值相比,对照组和碳酸氢钠组均明显增加($p < 0.05$),而肌肽复合物组无明显变化。组间相比,肌肽复合物组明显低于对照组。

表6 实验组与对照组血清MDA、GSH-Px、UA值比较

分组	基础值	运动后1h	运动后2h
丙二醛MDA (nmol/ml)			
A组	3.68 ± 0.83	4.01 ± 0.73*	4.53 ± 0.48*
B组	3.71 ± 0.98	3.79 ± 0.54	3.88 ± 0.71
C组	3.63 ± 0.71	3.92 ± 0.77*	4.40 ± 0.68*
谷胱甘肽过氧化物酶 (U)			
A组	108.12 ± 38.08	135.45 ± 21.83*	156.67 ± 26.68*
B组	114.23 ± 14.14	167.17 ± 18.21*#	196.11 ± 36.37*#
C组	110.76 ± 17.66	141.81 ± 2.85*	153.15 ± 25.27*
尿酸UA (mmol/L)			
A组	308.78 ± 29.51	537.22 ± 75.71*	513.11 ± 46.68*
B组	314.89 ± 40.99	435.22 ± 64.88#	420.44 ± 72.43#
C组	313.44 ± 60.52	510.11 ± 44.48*	497.56 ± 48.43*

*: 与同组基础值比较 $p < 0.05$ #: 与同时时间对照组比较 $p < 0.05$

3 讨论

3.1 肌肽复合物对1min最大无氧运动能力的影响

研究结果显示,补充肌肽复合物可以提高1min最大无氧运动能力的峰功率和平均功率。这可能与肌肽、鹅肌肽的刺激无氧酵解、激活肌浆网钙通道、酸碱缓冲、舒血管等活性有关。

Churchill TA, Green CJ 体外实验室研究证实肌肽缓冲液可刺激糖无氧酵解,致乳酸生成量显著增加^[4]。肌肽具有清除自由基的作用,可避免细胞线粒体老化,具有促进氧化磷酸化的效应。Batrukova 和 Rubtsov 的研究证实,肌肽可以通过激活肌浆网上的钙通道来释放钙离子,肌肽的存在可以增加钙通道对咖啡因的敏感性或延缓钙通道的失活。肌肽甲基化的产物鹅肌肽也有这种作用,而且它调节钙离子释放的最大能力是肌肽的1.4倍^[3]。肌肽、鹅肌肽、组氨酸的咪唑环的解离常数(pK_a)为6.83,表现出较强的缓冲能力^[1]。2005年 Tallon 和 Harris 测定了抗阻训练健身者和一般活动者股外侧肌的肌肽含量,指出健身者肌肽含量是一般活动者的2倍($p < 0.001$),此时肌肽贡献肌肉20%的缓冲能力^[7]。本试验也证实由于肌肽复合物的缓冲作用,运动后10min的乳酸生成量增加。Douglas 和 Pamela 研究证实肌肽能根据不同剂量对血管有不同程度的舒张作用,其机制是非内皮依赖性舒张,即不依赖于血管内皮直接释放出一氧化氮引起血管舒张^[5]。

肌肽、鹅肌肽、组氨酸具有的上述活性,极可能是肌肽提高1min最大无氧运动能力的原因。

3.2 肌肽复合物的抗氧化作用

运动后肌肽复合物组的血清丙二醛(MDA)水平未出现明显增高,而对照组明显增高,而且运动后血清谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)的水平明显增高,结果表明补充肌肽复合物具有抗氧化的作用,减轻了脂质的过氧化,使MDA的生成量减少或消除速度增加。

肌肽复合物的抗氧化作用来自其活性成分肌肽、鹅肌肽。有关肌肽抗氧化的活性国外实验室研究较多,Decker

等报道,组氨酸和肌肽均能清除自由基和醛脂氧化产物,但前者弱于后者^[2]。肌肽对活性氧的清除主要是通过与其自由基的反应而实现^[8]。肌肽是一些金属离子如 Cu^{2+} 的有效螯合剂,肌肽与金属离子螯合后降低了游离的金属离子对细胞的损伤,并且低浓度的金属离子可阻止 H_2O_2 向细胞毒性更强的羟自由基转化。

3.3 服用肌肽复合物可降低运动后尿酸的水平。

尿酸是嘌呤代谢的产物,主要来自核酸的降解。肌肽复合物降低运动后机体血尿酸水平的具体机制尚不清楚,可能与增加尿酸排泄速度或减少尿酸生成有关。

3.4 碳酸氢钠对1min最大无氧运动能力的影响

作为体内极为重要的缓冲酸性代谢产物的碳酸氢钠是目前研究和使用的最多的酸性缓冲剂。补充碳酸氢钠,可以增强机体酸性缓冲能力,提高运动成绩,这已被大量严格、规范的科学实验所证实^[9~12]。多数研究结果显示,补充碳酸氢钠对高强度($>95\%V_{O_2max}$)、短时间(1~7min内)或间歇性无氧运动效果比较明显^[9,13~15]。

补充碳酸氢钠的剂型为片剂、胶囊等,报道最低有效剂量为0.3g/kg体重^[11,16,17]。按照上述推荐剂量服用碳酸氢钠,部分人会出现副作用如胃肠胀气、恶心、呕吐、腹泻等^[18]。剂量越大,越有可能引起或加重不良反应。剂量过大,还可导致碱中毒^[11]。

本实验碳酸氢钠的剂型改为果冻,剂量减为0.2g/kg体重,研究结果显示可以提高1min最大无氧运动能力。运动后尿PH值的变化也表明此剂型、此剂量下的碳酸氢钠,已经达到了血液酸碱缓冲的目的。另外,调查发现碳酸氢钠果冻的口感较好,实验组9名服用者未出现胃肠胀气、恶心、呕吐、腹泻等副作用。

外源性补充酸性缓冲剂,可增加机体的碱储备,提高机体缓冲乳酸等酸性代谢产物的能力,降低 H^+ 浓度,起到延缓疲劳、提高运动能力的作用。本研究也证实补充碳酸氢钠后血液碱化,可提高机体缓冲酸性代谢产物的能力。碳酸氢钠提高运动能力的机理国内外的研究认为:大强度、短时间运动可以导致运动肌细胞内和血液中乳酸堆积,出现PH值下降和代谢性酸中毒,而补充碳酸氢钠可缓解这些现象。补充碳酸氢钠,可使血浆或细胞外液 $NaHCO_3/H_2CO_3$ 缓冲对比值升高,碱储备增加,清除酸性物质的能力增强,体液酸碱平衡和电解质平衡趋于稳定,从而可以在运动中生成更多的乳酸,使运动后血乳酸峰值升高。所以补充碳酸氢钠可促进能量的生成,增强肌肉收缩,延缓疲劳发生,提高运动成绩^[11,19]。

关于碳酸氢钠果冻的体内代谢过程、最佳服用剂量、最佳服用时间未见相关的报道,将是今后研究的重点。

4 结论

4.1 补充肌肽复合物10g有提高1min最大无氧运动能力的作用,同时具有抗氧化、降低血尿酸水平的作用,是一种新的强力、抗氧化物质,值得进一步研究。

4.2 运动前补充肌肽复合物可以降低运动后血清丙二醛(MDA)的水平,明显增高运动后血清谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)的水平,表明肌肽复合物具有抗氧化的作用。



4.3 运动前 75min 一次性补充 0.2g/kg 体重碳酸氢钠果冻,可增加血液的碱储备,提高 1min 最大无氧运动能力,同时副作用较少,口感较好,可以在运动队推广使用。

参考文献:

- [1] Suzuki Y, Nakao T, Maemura H, et al. Carnosine and anserine ingestion enhances contribution of nonbicarbonate buffering. *Med Sci Sports Exerc*, 2006,38:334-8.
- [2] Chan WK, Decker EA, Chow CK, et al. Effect of dietary carnosine on plasma and tissue antioxidant concentrations and on lipid oxidation in rat skeletal muscle. *Lipids*, 1994,29:461-6.
- [3] Batrukova MA, Rubtsov AM. Histidine-containing dipeptides as endogenous regulators of the activity of sarcoplasmic reticulum Ca-release channels. *Biochim Biophys Acta*, 1997,1324:142-50.
- [4] Churchill TA, Green CJ, Fuller BJ. Stimulation of glycolysis by histidine buffers in mammalian liver during cold hypoxia. *Arch Biochem Biophys*, 1995,320:43-50.
- [5] O'Dowd A, O'Dowd JJ, Miller DJ. The dipeptide carnosine constricts rabbit saphenous vein as a zinc complex apparently via a serotonergic receptor. *J Physiol*, 1996,495 (Pt 2):535-43.
- [6] 艾华. 酸性缓冲剂的研究进展及应用[J]. *中国运动医学杂志*, 2004, 23:169~79.
- [7] Tallon MJ, Harris RC, Boobis LH, et al. The carnosine content of vastus lateralis is elevated in resistance-trained bodybuilders. *J Strength Cond Res*, 2005,19:725-9.
- [8] Gutteridge JM. Ferrous-salt-promoted damage to deoxyribose and benzoate. The increased effectiveness of hydroxyl-radical scavengers in the presence of EDTA. *Biochem J*, 1987,243:709-14.
- [9] Van Montfoort MC, Van Dieren L, Hopkins WG, et al. Effects of ingestion of bicarbonate, citrate, lactate, and chloride on sprint running. *Med Sci Sports Exerc*, 2004,36:1239-43.
- [10] McNaughton L, Dalton B, Palmer G. Sodium bicarbonate can be used as an ergogenic aid in high-intensity, competitive cycle ergometry of 1 h duration. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 1999,80:64-9.
- [11] Applegate E. Effective nutritional ergogenic aids. *Int J Sport Nutr*, 1999,9:229-39.
- [12] Horswill CA. Effects of bicarbonate, citrate, and phosphate loading on performance. *Int J Sport Nutr*, 1995,5 Suppl:S111-9.
- [13] Bishop D, Claudius B. Effects of induced metabolic alkalosis on prolonged intermittent-sprint performance. *Med Sci Sports Exerc*, 2005,37:759-67.
- [14] Mero AA, Keskinen KL, Malvela MT, et al. Combined creatine and sodium bicarbonate supplementation enhances interval swimming. *J Strength Cond Res*, 2004,18:306-10.
- [15] Holloway SA, Sundstrom D, Senior DF. Effect of acute induced metabolic alkalosis on the acid/base responses to sprint exercise of six racing greyhounds. *Res Vet Sci*, 1996,61:245-51.
- [16] Matson LG, Tran ZV. Effects of sodium bicarbonate ingestion on anaerobic performance: a meta-analytic review. *Int J Sport Nutr*, 1993,3:2-28.
- [17] McNaughton LR. Sodium bicarbonate ingestion and its effects on anaerobic exercise of various durations. *J Sports Sci*, 1992, 10:425-35.
- [18] McNaughton LR. Bicarbonate ingestion: effects of dosage on 60 s cycle ergometry. *J Sports Sci*, 1992,10:415-23.
- [19] Schott HC 2nd, Hinchcliff KW. Treatments affecting fluid and electrolyte status during exercise. *Vet Clin North Am Equine Pract*, 1998,14:175-204.

(责任编辑:何 聪)