

丙酮酸钙对摔跤运动员体成分和静息代谢率的影响

刘丽红, 刘振玉, 徐冬青

(天津体育学院 运动人体科学系, 天津 300381)

摘 要:探讨丙酮酸钙对摔跤运动员体成分和静息代谢率的影响。选取摔跤男运动员 22 人, 随机分成 2 组即丙酮酸钙组和安慰剂组, 分别给予 6 g/d 的丙酮酸钙和安慰剂, 共服用 8 周。观察摔跤运动员体重、体脂肪含量、体重指数、身体脂肪比率以及腹部脂肪比率、去脂体重、肌肉量、骨骼肌含量、水分、蛋白质、无机盐含量以及静息代谢率的变化。结果表明实验末丙酮酸钙组体重、体脂肪含量、体重指数、身体脂肪比率以及腹部脂肪比率 5 项指标均较实验前呈显著下降 ($P < 0.05$); 安慰剂组体重、去脂体重、肌肉量、体脂肪、体重指数、身体脂肪比率、腹部脂肪比率、水分、蛋白质、无机盐含量以及静息代谢率各项指标与实验前比较有所下降, 但无显著意义; 组间进行比较, 丙酮酸钙组实验前后体重差值、体脂肪含量差值、身体脂肪比率差值以及腹部脂肪比率差值 4 项指标与安慰剂组相比差异存在显著 ($P < 0.05$); 去脂体重、肌肉量、骨骼肌含量、水分、蛋白质、无机盐含量以及静息代谢率在实验前后和两组间均无明显变化。可见, 丙酮酸钙能有效降低摔跤运动员体重和体脂含量而不影响去脂体重, 达到减重而不减瘦体重的目的; 丙酮酸钙对于静息代谢率无明显影响。

关 键 词:丙酮酸钙; 摔跤运动员; 体成分; 静息代谢率

中图分类号: G804.7; G886.2 文献标识码: A 文章编号: 1006-7116(2006)01-0054-04

The effect of calcium pyruvate on physical compositions and rest metabolic rate of wrestlers

LIU Li-hong, LIU Zhen-yu, XU Dong-qing

(Department of Health and Exercise Science, Tianjin Institute of Physical Education, Tianjin 300381, China)

Abstract: To probe into the effect of calcium pyruvate on physical compositions and rest metabolic rate of wrestlers, the authors selected 22 male wrestlers and randomly divided them into 2 groups, namely calcium pyruvate group and placebo group, which were given 6g of calcium pyruvate and placebo a day respectively for totally 8 weeks. Having observed the trend of variation of the body weight, body fat content, body weight index, body fat ratio, abdominal fat ratio, degreased body weight, muscle content, skeletal muscle content; water content, protein, inorganic salt content and rest metabolic rate of the wrestlers, the authors revealed the following findings: At the end of the experiment, such 5 indices as body weight, body fat content, body weight index and body fat ratio of the wrestlers in calcium pyruvate group were significantly lower than those before the experiment ($P < 0.05$); various indices such as body weight, degreased body weight, muscle content, body fat, body weight index, body fat ratio, abdominal fat ratio, water content, protein, inorganic salt content and rest metabolic rate of the wrestlers in placebo group were somewhat lower than those before the experiment, but such a decrement had no meaning of significance. In comparison between the two groups, such 4 indices as differences of body weight, body fat content, body fat ratio and abdominal fat ratio of the wrestlers in calcium pyruvate group before and after the experiment had a significant discrepancy as compared with those of the wrestlers in placebo group ($P < 0.05$); no obvious trend of variation occurred to the degreased body weight, muscle content, skeletal muscle content, water content, protein, inorganic salt content and rest metabolic rate of the wrestlers in both groups before and after the experiment. Evidently, calcium pyruvate can effectively lower the body weight and body fat content of a wrestler without affecting his degreased body weight, thus achieving to goal of losing weight without losing lean body mass; calcium pyruvate has no significant effect on rest metabolic rate.

Key words: calcium pyruvate; wrestler; physical composition; rest metabolic rate

1992 年美国匹兹堡大学的 Stanko 博士^[1,2]以肥胖女性为研究对象,观察了丙酮酸钙对于人体成分和能量代谢的影响。其研究结果显示:在膳食中加入丙酮酸钙可促进体重和体脂下降。Kalman^[3,4]利用双盲实验,也证实丙酮酸钙能改善体成分和运动情绪。20 世纪末,丙酮酸钙作为一种减肥保健品添加剂引入我国,并被广泛用于减肥保健品中,但是国内关于人体补充丙酮酸钙的研究报道很少。在运动科学领域,竞技运动员如举重、摔跤、拳击、柔道等,是要按不同体重级别进行比赛的项目,这些项目的运动员在赛前往往采用传统的控体重措施,如限制饮食和饮水,服用利尿剂等,以达到参加低于其本人正常体重级别比赛的目的。这种减重方法对运动员健康和运动能力是极为不利的。寻找控体重的科学方法,无疑对维护运动员的健康和提高竞技运动水平具有重要的意义。本实验采用长期丙酮酸钙补充法,监测男性摔跤运动员体成分和静息代谢率的变化情况,观察应用丙酮酸钙后实际控体重作用效果。

1 对象和方法

1.1 对象

天津体育学院男性摔跤队运动员 22 人,年龄为 20~21 岁,体重指数(BMI)为 26~30,运动级别为国家一级或二级。

1.2 方法

(1)分组:受试者随机分成 2 组,服用丙酮酸钙组 11 人;服用安慰剂组 11 人。

(2)给药方式:双盲法口服给药,丙酮酸钙组剂量为 6 g/d,每天 2 次,每次 6 粒胶囊;安慰剂组给同等剂量胶囊,安慰剂采用颜色和性状相似的葡萄糖粉。

(3)给药时间:受试者服用 8 周。选择在运动员非赛季

时间。

(4)干预措施:给药期间不干预受试者正常饮食,给予饮食指导,教育运动员戒烟、戒酒、作息规律。训练强度采用摔跤队正常训练强度。

(5)于实验 8 周前后进行体成分分析。体成分分析采用生物电阻抗法(Bioelectrical Impedance),仪器使用韩国产人体成分分析仪 The Precision Body Composition Analyzer, InBody3.0 生物电阻抗技术,利用八点接触电极,多元回归分析及多频率方法对人体成分进行多样性分析。测试选在清晨,由同一名实验员检测,运动员空腹,着轻衣,室温恒定。

(6)统计学处理实验数据由 SPSS11.5 统计软件进行处理,计算平均值和标准差,各组实验前后比较采用配对 *T* 检验,组间比较采用独立样本 *T* 检验分析。设定显著性水平为 $P < 0.05$ 。

2 结果

2.1 丙酮酸钙组实验前后体成分各指标变化

如表 1 所示,摔跤运动员经过 8 周丙酮酸钙服用后,体重、体脂肪含量、体重指数、身体脂肪比率以及腹部脂肪比率 5 项指标均呈显著下降($P < 0.05$),而去脂体重、肌肉量、骨骼肌含量、水分、蛋白质、无机盐含量以及静息代谢率无明显变化趋势。

2.2 安慰剂组实验前后体成分各指标变化

如表 1 所示,安慰剂组运动员经过 8 周安慰剂服用后,体重、去脂体重、肌肉量、体脂肪、体重指数、身体脂肪比率、腹部脂肪比率、水分、蛋白质、无机盐含量以及静息代谢率各项指标与实验前比较有所下降,但无显著意义。

表 1 丙酮酸钙组和安慰剂组实验前后体成分各指标($\bar{x} \pm s$)变化

组别	体重/kg		去脂体重/kg		肌肉量/kg		体脂肪含量/kg	
	前	后	前	后	前	后	前	后
安慰剂组	91.03 ± 18.01	89.99 ± 18.27	71.20 ± 10.40	70.86 ± 10.49	66.8 ± 9.84	66.21 ± 9.96	19.83 ± 9.84	19.17 ± 9.47
丙酮酸钙组	87.41 ± 14.66	83.1 ± 13.46 ¹⁾	66.36 ± 10.76	65.51 ± 10.34	62.22 ± 10.20	61.43 ± 9.82	21.06 ± 5.30	17.48 ± 4.59 ¹⁾
组别	骨骼肌含量/kg		体重指数/(kg·m ²)		身体脂肪比率/%		腹部脂肪比率/%	
	前	后	前	后	前	后	前	后
安慰剂组	40.73 ± 6.09	40.87 ± 6.17	30.31 ± 4.12	29.24 ± 4.22	20.97 ± 6.34	20.23 ± 5.96	0.91 ± 0.07	0.90 ± 0.07
丙酮酸钙组	36.92 ± 6.13	36.4 ± 6.58	28.63 ± 2.94	26.88 ± 2.72	23.94 ± 3.96	21.06 ± 4.24 ¹⁾	0.88 ± 0.04	0.85 ± 0.03 ¹⁾
组别	水分含量/L		蛋白质/kg		无机盐/kg		静息代谢率/KJ	
	前	后	前	后	前	后	前	后
安慰剂组	52.71 ± 7.84	52.56 ± 7.86	14.09 ± 2.01	14.04 ± 2.02	4.40 ± 0.56	4.36 ± 0.58	9 136.60 ± 1 159.05	9 071.24 ± 1 085.58
丙酮酸钙组	49.14 ± 8.11	48.42 ± 7.69	13.08 ± 2.09	12.90 ± 1.96	4.13 ± 0.57	4.08 ± 0.52	8 711.32 ± 1 038.45	8 676.58 ± 1 013.91

1)与实验前比较 $P < 0.05$ 。

2.3 两组实验前后体成分各指标差值比较

如表 2 所示,对实验前后差值两组间比较,结果显示:丙酮酸钙组实验前后体重差值、体脂肪含量差值、身体脂肪比

率差值以及腹部脂肪比率差值 4 项指标与安慰剂组相比存在显著差异($P < 0.05$),说明服用丙酮酸钙对于摔跤运动员减重和减脂产生了有效的作用。

表 2 两组实验前后体成分各指标差值($\bar{x} \pm s$)比较

组别	体重差值/kg	去脂体重差值/kg	肌肉量差值/kg	体脂肪含量差值/kg	骨骼肌含量差值/kg	体重指数差值/(kg·m ²)
丙酮酸钙组	4.31 ± 2.03 ¹⁾	0.84 ± 1.32	0.79 ± 1.23	3.58 ± 1.91(1)	0.52 ± 1.39	1.76 ± 0.81
安慰剂组	1.04 ± 1.17	0.34 ± 0.31	0.59 ± 0.66	0.66 ± 1.25	0.14 ± 0.76	1.07 ± 0.55
组别	身体脂肪比/%	腹部脂肪比/%	水分/L	蛋白质差值/kg	无机盐差值/kg	静息代谢率/J
丙酮酸钙组	2.89 ± 1.31 ¹⁾	0.03 ± 0.01 ¹⁾	0.72 ± 1.00	0.18 ± 0.29	0.06 ± 0.12	87.70 ± 110.80
安慰剂组	0.74 ± 1.18	0.01 ± 0.02	0.16 ± 0.27	0.04 ± 0.14	0.04 ± 0.10	68.41 ± 78.63

1) 实验前后差值比较, $P < 0.05$

3 讨论

本实验旨在观察丙酮酸钙应用于摔跤运动员后的实际作用效果,为丙酮酸钙应用于运动员控降体重提供实验依据。

3.1 丙酮酸钙对摔跤运动员体成分的影响

本研究结果显示:补充 8 周丙酮酸钙能有效降低摔跤运动员体重、特别是体脂的含量。丙酮酸钙组前后体成分分析结果显示(见表 1),8 周后,运动员体重、体脂肪含量、体重指数、身体脂肪比率以及腹部脂肪比率均呈显著下降($P < 0.05$),而去脂体重、肌肉量、骨骼肌含量以及静息代谢率无明显变化趋势。安慰剂组实验前后体成分各项指标与实验前比较有所下降,但无显著意义(见表 1)。安慰剂组体成分各指标数值有所下降,主要是由于正常训练产生的作用。两组间进行比较(见表 2),结果发现丙酮酸钙组实验前后体重差值、体脂肪含量差值、身体脂肪比率差值以及腹部脂肪比率差值 4 项指标与安慰剂组相比存在显著差异($P < 0.05$)。这说明丙酮酸钙组体成分发生变化并不是由于训练产生的效果;两组前后和组间比较统计结果显示:丙酮酸钙对于摔跤运动员减重和减脂产生了有效的作用,不影响运动员去脂体重、肌肉含量和骨骼肌含量。

这个结果是与以往的研究相一致的^[1-4,8]。美国的 Stanko 博士最初以较大剂量丙酮酸、以肥胖女性为研究对象得出了丙酮酸钙减肥消脂的结果。而这种大剂量不可避免的产生一些胃肠道反应,在他的实验中,所有的受试者都严格限制饮食。而 Kalman^[3,4]则采取了较低剂量丙酮酸进行双盲实验,也得出丙酮酸(6 g/d 是有效剂量)能改善体成分和运动情绪。在 Kalman 的研究中,没有严格限制受试者的能量摄入,结果发现在采用较低剂量情况下,补充丙酮酸钙达到了减重、减脂而不减瘦体重的目的,且受试者的主观感觉疲劳程度(RPE)有所降低。以往的研究大多以无训练者为研究对象,只有少数几个研究报道了丙酮酸应用于运动员后的效果。Turner^[9]以无氧运动为主的竞技一级运动员(9 女,3 男)为研究对象,丙酮酸钙组(5 g/d)双盲法口服补充,观察他们补充 3 周丙酮酸钙的效果。3 周后,运动员的体重、体重指数、静息代谢率和脂肪百分比没有明显变化。得出结论,给无氧运动为主的运动员补充 3 周丙酮酸钙不会改变其体成分和静息代谢率。需要指出 Turner 的实验为期较短,只有 3 周,长期作用的效果有待进一步观察;另外,它采取了 5 g/d 的补充剂量,这个剂量对于无氧运动为主的竞技一级运动员是否合适仍须探讨。Skinner^[10]选取 31 名男足球

运动员作为研究对象,采用双盲法口服 6 g/d 丙酮酸钙 3 周,并参加指导的力量和足球训练。3 周后,能量摄入和脂肪百分比都无明显变化。其结果表明,丙酮酸钙补充结合抗阻训练不会促进足球运动员减脂。本研究中,参与实验的运动员中,有一人主诉胃部不适(曾有胃溃疡病史)外,未发现不良反应。与以往研究不同的是,本研究采用了长期服用的方案,选用了有控体需要的摔跤队员为研究对象,给予队员饮食指导,不严格限制其能量摄入。所有的运动员体重指数都较高 BMI > 26,身体脂肪含量较多,因此服用 8 周丙酮酸钙后,减重减脂的效果较明显。另外,根据体成分的结果:实验组去脂体重、肌肉量、骨骼肌含量无明显变化分析得出,丙酮酸钙能达到减脂而不减瘦体重的目的。

3.2 丙酮酸钙对摔跤运动员静息代谢率的影响

本研究结果显示,服用丙酮酸钙组实验前后静息代谢率有所下降,但无显著意义,实验组与安慰剂组比较,也无显著意义。这与以往的研究结果似乎不相一致。Stanko 博士^[11,12]在动物饲料中添加了大剂量的丙酮酸后发现鼠或猪的体脂明显减少而体内蛋白质和肌肉组织没有减少。他的研究证实动物饲料中添加了大剂量的丙酮酸后,动物自身能量消耗增加,同时血浆甲状腺素水平升高。另外,实验组鼠脂肪组织的脂肪合成率降低,血浆胰岛素水平下降。因此认为实验组鼠体重获得减少可能是由于储存脂类消耗增加并以热能形式散失所致。本研究中,丙酮酸钙组和对照组实验前后静息代谢率有所下降,丙酮酸钙组下降更明显。Garrow 和 Webster^[13,14]曾测试 108 名减重期肥胖女性的静息代谢率(RMR),发现 RMR 在减重期间降低 8.8%。本实验中,两组间 RMR 结果无显著差异,表明 RMR 的增加不能完全解释体重和脂肪下降的原因。动物实验中得出的结论能否用于解释人体研究还有待于进一步探讨。另外,本实验中静息代谢率是直接体成分分析仪上测得,分析仪可能对丙酮酸钙引起的小的能量变化不十分敏感。从能量代谢角度解释丙酮酸钙减重的机理至少需要测几周的代谢率或能量消耗^[1]。

关于补充丙酮酸后机体成分发生改变的机理并不十分清楚,但已提出一些可能的机制:

(1)外源地供给丙酮酸,增强丙酮酸脱氢酶复合体的活性,加快向乙酰 COA 的转化,使三羧酸循环得以不断的进行,释放出大量的能量^[15],从而可能抑制脂肪合成。另一方面,活跃的三羧酸循环可加速脂肪动员释放出大量能量;

(2)另一个可能的机制是补充丙酮酸钙可以增加丙酮酸-磷酸稀醇式丙酮酸无效循环,消耗能量^[16]。

本研究通过观察服用 8 周丙酮酸钙后,摔跤运动员体成分以及静息代谢率的变化情况,发现丙酮酸钙能有效降低摔跤运动员体重和体脂含量,达到减重而不减瘦体重的目的;实验期间静息代谢率水平无显著变化,未发现任何毒副作用。因此,将丙酮酸钙应用于摔跤运动员,帮助其长期慢速控体重是有益的。

参考文献:

- [1] Stanko R T, Tietze D L, Arch J E. Body composition, energy utilization, and nitrogen metabolism with a severely restricted diet supplemented with dihydroxyacetone and pyruvate[J]. *Am J Clin Nutr*, 1992, 55(4): 771 - 776.
- [2] Stanko R T, Tietze D L, Arch J E. Body composition, energy utilization, and nitrogen metabolism with a 4.25MJ/d low - energy diet supplemented with pyruvate[J]. *Am J Clin Nutr*, 1992, 56(4): 630 - 635.
- [3] Kalman D, Colker C M, Wilets I, et al. The effects of pyruvate supplementation on body composition in overweight individuals[J]. *Nutrition*, 1999, 15(5): 337 - 340.
- [4] Kalman. Effect of pyruvate supplementation on body composition and mood[J]. *Current Therapeutic Research*, 1998, 59(11): 793 - 802.
- [5] Ivy J L, Cortez M Y, Chandler R M, et al. Effects of pyruvate on the metabolism and insulin resistance of obese Zucker rats[J]. *Am J Clin Nutr*, 1994, 59(2): 331 - 337.
- [6] Langhans W, Egli G, Scharrer E. Regulation of food intake by hepatic oxidative metabolism[J]. *Brain Res Bull*, 1985, 15(4): 425 - 428.
- [7] Cortez M Y, Torgan C E, Brozinick J T Jr, et al. Effects of pyruvate and dihydroxyacetone consumption on the growth and metabolic state of obese Zucker rats[J]. *Am J Clin Nutr*, 1991, 53(4): 847 - 853.
- [8] Stanko R T, Arch J E. Inhibition of regain in body weight and fat with addition of 3 - carbon compounds to the diet with hyperenergetic refeeding after weight reduction[J]. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 1996, 20(10): 925 - 930.
- [9] Turner M J. Three weeks of calcium pyruvate supplementation dose not alter body composition in division I athletes[J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise: Volume*, 2002, 34(5): 3.
- [10] Skinner R M. Effect dietary pyruvate supplementation on body composition in football players[J]. *Poster Nutrition And Sport*, 2001, 33.
- [11] Stanko R T, Adibi S A. Inhibition of lipid accumulation and enhancement of energy expenditure by the addition of pyruvate and dihydroxyacetone to a rat diet[J]. *Metabolism*, 1986, 35(2): 182 - 186.
- [12] Stanko R T, Ferguson T L, Newman C W, et al. Reduction of carcass fat in swine with dietary addition of dihydroxyacetone and pyruvate[J]. *J Anim Sci*, 1989, 67(5): 1272 - 1278.
- [13] Garrow J S, Webster J D. Effects on weight and metabolic rate of obese women of a 3.4MJ(800kcal) diet[J]. *Lancet*, 1989, 1: 1429 - 1431.
- [14] Webster J D, Garrow J S. Weight loss in 108 obese women on a diet supplying for 800kcal 21 d[J]. *Am J Clin Nutr*, 1989, 50: 41 - 45.
- [15] Root M J, Van Helden M A, Jong Y F, et al. The influence of lactate, Pyruvate and glucose as exogenous substrates on free radical defense mechanisms in isolated rat hearts during ischaemia an-reperfusion[J]. *Mol Cell Biochem*, 1995, 146: 147 - 155.
- [16] Newsholme E A. A possible metabolic basis for the control of body weight[J]. *N Engl J Med*, 1980, 302: 400 - 405.

[编辑:郑植友]