

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2019.04.038

# 压缩合成食品对人体运动能力的影响

## Study on the effect of compressed synthetic food on human exercise ability

彭一腾

PENG Yi-teng

(北京交通大学海滨学院, 河北 黄骅 061199)

(Beijing Jiaotong University Haibin College, Huanghua, Hebei 061199, China)

**摘要:** 研究选取 12 名生理指标相对类似的试验对象, 通过采用自身对照和交叉平衡的试验设计方法, 针对普通膳食和以 90 军用干粮为例的压缩合成食品对人体运动能力的影响进行了分析, 通过测定试验对象进食 2 组不同营养组成的食品进行运动或训练后、恢复体内的血糖浓度水平、血乳酸浓度、血乳酸清除率、心率变化、相关激素水平变化以及不同氧化变化情况评价普通膳食和压缩合成食品对人体运动能力的影响。试验结果显示, 相比于普通膳食, 压缩合成食品在高强度运动以及力竭运动后维持人体运动能力方面以及体能恢复方面具有明显优越性。

**关键词:** 压缩合成食品; 人体运动能力; 体能恢复;

**Abstract:** Selected 12 persons with relatively similar physiological indexes, and analyzed the effects of compressed diets on the exercise capacity of ordinary diets and the 90 military dry foods by using self-control and cross-balanced experimental design methods. The persons were fed two groups of foods with different nutrients for exercise, training, recovery of blood glucose levels, blood lactate concentration, blood lactate clearance, heart rate changes, changes in related hormone levels, and different oxidation changes to evaluate the effect of synthetic foods on the body's ability to exercise. The experimental results show that compressed synthetic foods have obvious superiority in terms of high-intensity exercise and ability to maintain body movement after exhaustive exercise and physical recovery compared with ordinary diet.

**Keywords:** compressed synthetic food; human exercise capacity; physical recovery

压缩合成食品是指以大米、小麦等主食作为原料, 食

用植物油、奶油、食用盐、食用添加剂(木糖醇、麦芽糖醇、碳酸氢钠、碳酸氢铵、食用香精等)辅料经过压缩合成的块状食品, 其原料在加工合成前均经过熟化处理, 无需烹饪, 可以直接食用的一种块状食物<sup>[1-2]</sup>, 且由于具有质量轻、体积小、携带方便、贮存期较长、热量值高于普通食物等优点经常被用于野外生存以及自然灾害等短期食品供给, 高原、高寒地区巡逻部队, 抗震救灾的饮食保障<sup>[3-4]</sup>, 还可以作为战争军用食品储备物资, 在历史中许多重大军事或非军事行动中都发挥了不可限量的作用, 是一种应用广泛的应急食品<sup>[5-6]</sup>。

压缩合成食品中除了大米、小麦等主食原料, 最多的成分就是糖, 糖是人体最重要的也是最基本的能源, 具有输出功率高, 相对含氧量低的优点, 是人体中枢神经系统所需的最基本供能物质, 人体热能的 1/2 以上均来自于糖供给<sup>[7]</sup>。为了更加科学、合理、有效地评价压缩合成食品对人体运动能力和体能恢复方面的影响, 本试验选取合适的试验对象, 对他们食用压缩合成食品(以 90 军用干粮为例)和普通膳食前后的运动能力、抗疲劳状态等方面的不同表现进行测试<sup>[8]</sup>。现在依据各类精密仪器, 研究压缩合成食品对人体运动时的血糖浓度、血乳酸浓度、心率、相关激素水平等变化情况。

## 1 压缩合成食品对人体运动能力的影响研究

### 1.1 试验对象的选取

通过 5 km 跑成绩以及血液生化指标的测试选取某大学体育学院 2017 级竞技体育专业在校大学生中体能状况差异不大的 12 人作为试验对象(由于男女生理特点的不同, 为了保证试验结果的准确性和可对比性, 此次试验对象只选男性), 这 12 名试验对象的基本生理参数如图 1 所示。

试验前向试验对象说明需要食用不同种类的压缩合成食品, 且参与测试时需要进行抽血化验, 试验对象均表示试验过程可以接受, 同时在试验开始前需要询问试验

**基金项目:** 河北省社会科学发研究课题(编号: 2017030403303)  
**作者简介:** 彭一腾(1986—), 男, 北京交通大学海滨学院讲师, 硕士。E-mail: teng861110@126.com

**收稿日期:** 2019-01-16

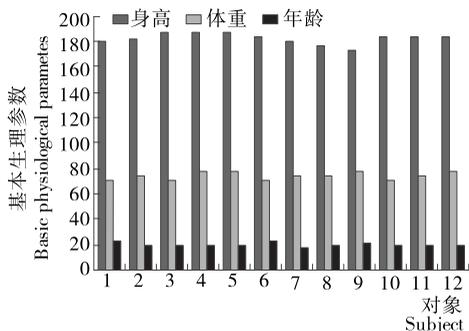


图 1 试验对象的基本生理参数

Figure 1 Basic physiological parameters of the test subject

对象身体状况(包括是否有泌尿系统疾病、内分泌系统疾病、心脏病等)。并将这 12 名试验对象随机分为 2 组,每组 6 人,用 A、B 代表。

1.2 试验材料与与方法

2 组试验对象依次参加 4 轮试验,每轮试验周期为 7 d,每轮试验中每人分别定量使用 4 种规定食物,其中 4 d 进食规定食物,剩余 3 d 可以自由进食,在测试期间,每天严格按照 12.6 MJ 热量标准为每名试验对象提供不同食物(包括 90 军用于干粮和普通膳食),试验对象可以自由饮水,但是不允许在进食规定食物之后再补充其他食物,更不允许吸烟和喝酒。

1.3 试验仪器

血糖仪:卓越金锐型,罗氏诊断产品(上海)有限公司;  
血乳酸分析仪:Lactate scout 型,上海欣曼科教设备有限公司;

全自动生化分析仪:BS-600 型,上海欣曼科教设备有限公司;

全自动发光仪:HT-SCZ04 型,北京鸿涛基业科技发展有限公司;

心肺功能遥测仪:METAMAX II 型,上海益联医学仪器发展有限公司。

1.4 数据处理

试验测得的全部数据均采用微软 Excel 97 处理,采用平均值±数据标准差的形式表示,并采用显著性 T 检验对试验对象测试前后的各项指标数据进行统计分析,显著性水平为  $P < 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 不同食品对人体血糖变化的影响

机体运动过程中血糖浓度的变化情况能够在一定程度上反映出机体运动能力,特别是人体运动的耐久性和抗疲劳程度。选取测试日的 5 个时间点,分别统计食用常规膳食与压缩合成食品试验对象的血糖变化情况,结果如表 1 所示。

表 1 进食不同食品运动前后试验对象的血糖变化情况

Table 1 Changes in blood glucose of test subjects before and after eating different foods

进食状态	体内血糖浓度/(mmol · L <sup>-1</sup> )	
	普通膳食	压缩合成食品
空腹状态	4.3	4.3
进食 45 min 后	5.4	6.2
运动 30 min 后	5.6	6.3
运动 60 min 后	5.7	5.9
运动 90 min 后	5.3	5.6

从表 1 可以清楚地看出,试验对象在空腹状态下体内血糖浓度水平相同的情况下,进食压缩合成食品 45 min 后,55%~65%最大摄氧量情况下运动或训练 30, 60, 90 min,进食压缩合成食品的试验对象血糖浓度水平明显高于进食普通膳食的试验对象,结果显示,在维持试验对象机体在高强度、时间较长的运动或训练时血糖浓度水平方面,压缩合成食品要优于普通膳食。

2.2 不同食品对人体血乳酸浓度的影响

从图 2 可以看出,在 55%~65%最大摄氧量情况下运动或训练一段时间后,进食压缩合成食品试验对象体内的血乳酸浓度相对较高,但在运动或训练结束后的恢复期内,进食压缩合成食品试验对象体内的血乳酸浓度低于进食普通膳食的试验对象;从图 3 中可以看出,进食压缩合成食品试验对象在运动或训练恢复期的几个时间点内,体内血乳酸清除率明显高于进食普通膳食的试验对象,说明进食压缩合成食品的人体运动能力明显优于进食普通膳食的人体运动能力。且其与进食普通膳食的试验对象相比具有统计学差异( $P < 0.05$ )。

2.3 进食不同食品运动后恢复期试验对象的心率变化

进食不同食品进行运动或训练后恢复期内试验对象的心率变化情况能够充分反映人体的疲劳缓解状况。图 4 展示了 2 组试验对象进食不同食物进行运动或训练

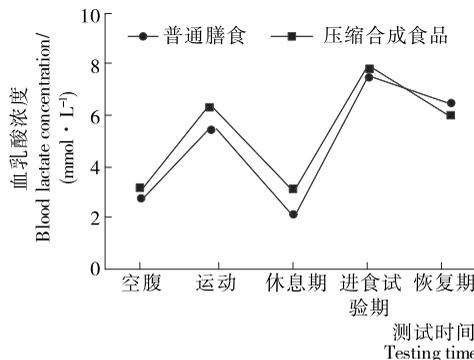


图 2 试验对象测试过程中体内血乳酸浓度变化情况  
Figure 2 Changes in blood lactate concentration during test of test subjects

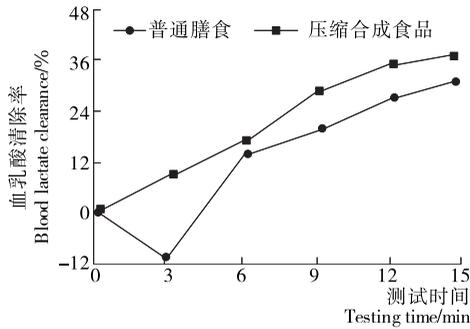


图3 进食不同食品运动后恢复期内血乳酸清除率变化

Figure 3 Changes in blood lactate clearance during the recovery period after eating different foods

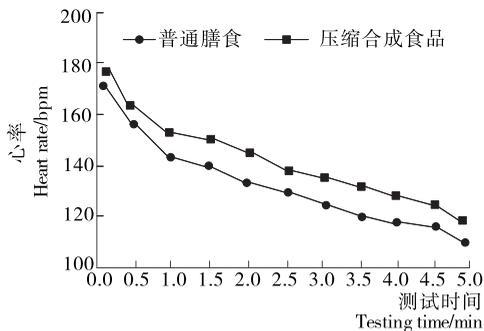


图4 运动或训练后恢复期机体心率变化

Figure 4 Changes in heart rate during recovery after exercise or training

后恢复期的心率变化情况,试验结果显示,相比于进食普通膳食的试验对象,进食压缩合成食品的试验对象在运动或训练后各个测定时间内的速率值均较低。说明进食压缩合成食品后的试验对象在进行高强度运动或训练后的速率恢复情况要明显优于进食普通膳食的试验对象。

#### 2.4 人体内血清等相关激素水平变化情况

表2给出了试验期间,2组试验对象进食普通膳食和压缩合成食品运动或训练前后的相关激素水平变化情况。

观察表2可以发现,人体内血清睾酮与皮质醇的比值(T/C),无论试验对象进食的是普通膳食还是压缩合成食品,运动或训练0 min后分别比空腹状态时升高0.003和0.002;2组试验对象进食不同食品运动或训练24 h后体内的血清睾酮与皮质醇的比值(T/C),只有进食压缩合成食品的试验对象该项指标值比日前空腹状态高,说明进食压缩合成食品的试验对象该项指标测试结果呈现出有利于运动或训练后消除疲劳的优势。除此之外,在表2的试验数据中还可以看出,进食压缩合成食品的试验对象在进行运动或训练24 h后的血清胰岛素水平均高于进行普通膳食的试验对象,其与进食普通膳食的试验对象相比具有统计学差异(P<0.05)。综上分析,试验对象在进行运动或训练后的恢复期内,进食压缩合成食品的试验对象体内合成代谢激素水平高于进食普通膳食的试验对象,说明压缩合成食品可能有利于快速消除疲劳,恢复人体运动能力。

#### 2.5 进食不同食品人体内底物氧化变化情况

对人体呼吸交换率的有效测定能够对人体某一时间段内营养物质的氧化种类和大概比例进行推算。如图5所示,给出了在55%~65%最大摄氧量情况下运动或训练一段时间后,进食不同食品的2组试验对象的呼吸交换率变化曲线。

从图5中可以看出,在55%~65%最大摄氧量情况下运动或训练一段时间后,进食压缩合成食品试验对象的呼吸交换率变化较高,且与进食普通膳食的试验对象之间存在显著差异(即P<0.01或者P<0.05)。在力竭跑时进食2种不同食品的2组试验对象的呼吸交换率变化曲线不存在统计学差异。

图6和图7分别展示了2组试验对象进食普通膳食和压缩合成食品运动或训练过程中体内碳水化合物氧化率变化和脂肪氧化率变化情况。

从图6中可以看出,人体内碳水化合物氧化率变化在进食普通膳食的试验对象进行90 min运动或训练时最低,进食压缩合成食品的试验对象的碳水化合物氧化率较高,且二者之间存在明显差异性(P<0.01)。经测定发

表2 试验对象进食不同食品运动前后的相关激素水平

Table 2 Subjects before and after eating without food related hormone levels

类别	测试点	睾酮素 T/(ng · dL <sup>-1</sup> )	皮质醇 C/(μg · dL <sup>-1</sup> )	T/C	胰岛素/(μIU · mL <sup>-1</sup> )
测试前	空腹	645 ± 29	16.9 ± 0.6	0.038 ± 0.001	4.94 ± 0.46
	空腹	687 ± 28	16.2 ± 0.5	0.045 ± 0.003	5.08 ± 0.58
普通膳食	运动前 0 min	585 ± 36	15.2 ± 1.9	0.042 ± 0.006	5.08 ± 0.56
	运动后 24 h	637 ± 28	15.3 ± 0.7	0.045 ± 0.005	11.03 ± 4.28
压缩合成食品	空腹	703 ± 28	15.6 ± 0.9	0.045 ± 0.006	6.24 ± 0.44
	运动前 0 min	554 ± 48	14.5 ± 1.7	0.043 ± 0.008	15.87 ± 5.49
	运动后 24 h	694 ± 36	14.8 ± 0.9	0.048 ± 0.005	8.42 ± 3.24

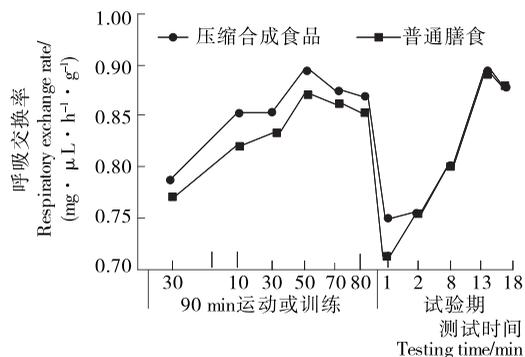


图 5 进食不同食品试验对象的呼吸交换率变化曲线

Figure 5 Breath exchange rate curve of different food test subjects

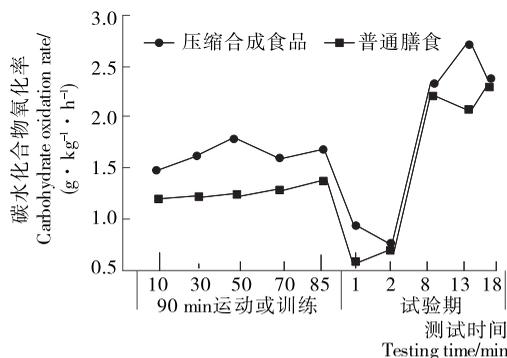


图 6 进食不同食品试验对象的碳水化合物氧化率变化

Figure 6 Changes in carbohydrate oxidation rate in different food test subjects

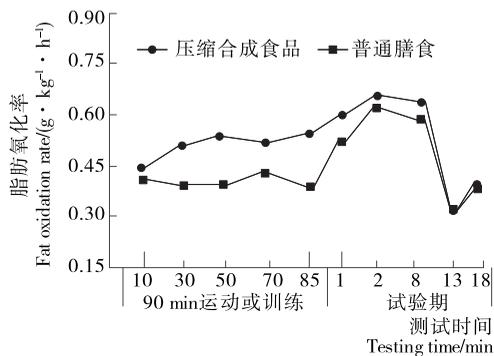


图 7 进食不同食品试验对象的脂肪氧化率变化曲线

Figure 7 Fat oxidation rate curve of different food test subjects

现,在力竭跑的前 8 min 内进食普通膳食和进食压缩合成食品的 2 组试验对象体内碳水化合物氧化率变化差异较小,而在力竭跑 8 min 之后,进食压缩合成食品的试验对象体内碳水化合物氧化率变化最低。

从图 7 中可以看出,人体内脂肪氧化率变化在进食普通膳食的试验对象进行 90 min 运动或训练时高于进食压缩合成食品的试验对象,且二者之间存在明显差异 ( $P < 0.01$ )。经测定发现,在力竭跑的前 8 min 内进食普

通膳食和进食压缩合成食品的 2 组试验对象体内碳水化合物氧化率变化差异较大,其中进食普通膳食的试验对象体内脂肪氧化率较高,但在力竭跑 8 min 之后,进食压缩合成食品的试验对象体内碳水化合物氧化率变化无明显统计学差异。

综上所述,人体内 3 种主要供能物质中,碳水化合物的功能效益最高,在试验对象食用碳水化合物含量较高的压缩合成食品进行运动或训练后不易产生导致人体疲劳的不良代谢废弃物,有利于保持人体运动能力和快速消除疲劳。

### 3 结论

研究选取 12 名生理指标相对类似的试验对象,针对普通膳食和以 90 军用干粮为例的压缩合成食品对人体运动能力的影响进行了分析,分析结果显示,压缩合成食品对于维持试验对象高强度运动或训练时或在力竭运动后的血糖浓度水平、血乳酸清除率、心率恢复情况、人体内血清睾酮、皮质醇、血清睾酮与皮质醇的比值 ( $T/C$ )、胰岛素等相关激素水平均具有明显优势,且通过对进食 2 种不同食品的人体内底物氧化变化情况分析,证明了压缩合成食品相比于普通膳食能够更好地保持人体运动能力,且在力竭运动后的体能恢复方面具有显著优越性。本文对人体各项指标的检测时间过长,外界干扰可能会影响检测结果,今后将对如何减少检测时间进行研究。

### 参考文献

- [1] 卢利萍, 桑德春, 季淑凤. 下肢康复机器人训练对脑卒中偏瘫患者运动能力和日常生活活动能力的影响[J]. 中国康复理论与实践, 2016, 22(10): 1 200-1 203.
- [2] 习星, 梅紫萍. 菌菇食品对过度运动训练人体影响的研究: 以黄柳菇总黄酮作用小白鼠为例[J]. 食品工业, 2017(11): 197-200.
- [3] 叶邦林. 茶多酚对中老年人运动能力的影响[J]. 福建茶叶, 2016, 38(7): 22-23.
- [4] 栗岩. 肌力锻炼联合本体感觉训练对平衡能力较差老年人运动功能的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2016, 38(11): 847-849.
- [5] 李小涛, 高原, 赵疆东, 等. 人工重力联合中等强度运动锻炼对 4 d 头低位卧床后有氧及无氧运动能力的影响[J]. 航天医学与医学工程, 2016, 29(2): 95-100.
- [6] 吴丽君, 郭新明. 虾青素及运动对人体抗氧化能力、血乳酸、尿酸代谢的影响[J]. 体育科学, 2017, 37(1): 62-67.
- [7] 桂墨环, 孙风华, 王香生, 等. 运动前碳水化合物摄入与底物利用: 血糖指数与果糖含量的短期影响[J]. 中国运动医学杂志, 2016, 35(9): 869-880.
- [8] 杨莹, 王薇薇, 李爱科, 等. 高脂饲料和高碳水化合物饲料对大鼠脂肪代谢的影响[J]. 动物营养学报, 2017, 29(7): 2 603-2 612.