

DOI:10.13718/j.cnki.xsxb.2018.08.013

# 高强度复合式训练对健美操选手体脂及组织损伤的影响研究<sup>①</sup>

廖永华

电子科技大学体育部, 成都 611731

**摘要:** 目的: 探讨高强度训练(HIT)与高负荷训练(HVT), 对健美操运动员组织损伤的影响. 方法: 针对健美操选手进行为期 12 周高强度复合式训练, 并于运动前、训练中、训练后对受试者血清肌肉损伤的生化指标、体脂率等进行监测. 结果: ①高强度复合式训练能显著降低受试者体质量、体脂、甘油三酯、总胆固醇及尿素氮浓度; ②提升血液葡萄糖、乳酸、肌酸酐浓度, 增强天门冬氨酸转氨酶及肌酸激酶活性; ③血液中的肌肉损伤指标值的提升与体脂下降率呈负相关, 这暗示高强度复合式训练有利于肌肉再生, 从而促使脂肪组织下降. 结论: 12 周高强度复合式训练使健美操选手体脂明显减少、血液中肌肉损伤指标值提升, 表明该训练方式可以促使肌肉再生, 吸引全身含碳资源重新分配, 使脂肪组织下降、肌肉组织增加, 强度越高, 碳资源重新分配效果越好.

**关键词:** 高强度训练; 复合式训练; 体脂; 组织损伤

**中图分类号:** G804

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1000-5471(2018)08-0070-07

目前, 随着健美操竞技化水平的不断提高, 我国与世界级水平的差距也越来越明显. 在动作编排、完成以及动作的连接方面, 我国竞技健美操与国外高水平代表队差距不大, 但在动作难度方面的差距却非常明显, 故在世界级大赛中很少看到中国健美操运动员的身影<sup>[1]</sup>. 竞技健美操属于难美类运动项目之一, 整套动作要求生龙活虎, 一气呵成. 高质量成套动作要求运动员具有全面的柔韧、力量、耐力素质, 日常训练多采用压、搬、踢、控等动作; 力量训练则以发展下肢爆发力为重点, 通过扶把练习的蹲、小踢腿、单腿蹲、起踵控制动作, 并夹带小跳、中跳、大跳及变奏等练习<sup>[2]</sup>.

高强度复合式训练的动作组合包含蹲举、半蹲举、侧并步、深蹲跳、下肢推举、高台落地、重量训练等<sup>[3]</sup>, 现已广泛应用于田径、游泳、皮划艇等竞技项目中. 近年来, 该训练模式在竞技健美操训练中被获得认可, 有研究显示<sup>[4-6]</sup>, 持续 5~8 周训练便可改善运动表现. 然而, 比赛前长时间高强度复合训练虽能有效激发运动员的潜能及竞赛成绩, 但亦可能引发疲劳、肌肉损伤及血液代谢等生理指标改变, 且不同性别、不同运动时间及强度可能造成不同的结果<sup>[7-12]</sup>. 运动负荷监控与测评涉及生化指标众多, 其中血尿素氮(BUN)、肌酸激酶(CK)、乳酸脱氢酶(LDH)等肌肉损伤指标的变化可作为运动后挑战强度与恢复情形的重要依据<sup>[13]</sup>. 相关文献报道<sup>[14]</sup>, 女性健美操选手经过一周高强度训练后, 血清中天门冬氨酸转氨酶(AST)、乳酸脱氢酶及肌酸激酶活性增加, 而血液葡萄糖及总胆固醇(TC)浓度下降. 男性健美操选手剧烈比赛之后, 其血清乳酸浓度与最大握力成反比<sup>[15]</sup>; 而 8 周冲刺间隔训练后, 血清中乳酸浓度下降, 但甘油三酯

① 收稿日期: 2018-01-04

作者简介: 廖永华(1979-), 女, 副教授, 主要从事体育教育训练.

(TG)及总胆固醇(TC)没有变化<sup>[6]</sup>.

肌酸酐由肌酸脱水而成,是肌肉运动时所分解的产物;血中尿素氮(BUN)是蛋白质代谢后的废弃产物,运动时当体内能量平衡受到破坏,蛋白质分解超过合成时,BUN 含量就会升高<sup>[7,11]</sup>. 非运动员血液肌酸激酶主要来自心脏细胞死亡,故通常情况下其血液中的肌酸激酶(CK-MB)浓度很低;运动员进行运动训练就难免骨骼肌损伤,且细胞更新亦会大幅增加,故健康运动员通常状况下其血液中 CK 浓度高于心脏病患者的水平,其活性可当作肌肉细胞汰旧换新的敏感指标<sup>[8,12]</sup>. 转氨酶(AST)来自心脏、肝脏及骨骼肌的细胞质及粒线体,当这些器官受损或过度使用时这些酵素会大量分泌至血清. 以上指标可做为运动训练强度监控的重要依据. 然而,从查阅到的大量有关高强度间歇、高强度组合或高强度复合训练等研究文献,确鲜有文献对高强度复合训练后的运动表现、伤害指标及体脂关系进行探索. 故本研究将针对健美操选手为对象,针对 12 周高强度复合训练后的伤害指标及体脂进行测量,以评估这种训练模式对其专项体能训练成果及运动表现,从而为健美操教练员及运动员科学训练提供重要参考.

# 1 研究对象与方法

## 1.1 研究对象

本研究以我校男子健美操代表队 16 位甲组选手为研究对象,受试人员平均年龄( $20.56 \pm 2.17$ )岁,身高( $178.85 \pm 7.66$ ) cm,体质量( $71.43 \pm 5.29$ ) kg, BMI 指数( $23.54 \pm 2.16$ ). 所有受试者于试验前均被告之此研究目的与测验过程,同意参加者填写受试者同意书并进行体能检测与抽血检查.

## 1.2 研究工具

本研究使用的主要工具有体脂检测仪(Omron HBF-300,产地:日本)、血氧浓度计(SPO2, Pulsox-300i,产地:日本)、电子握力计(WCS-10000,产地:中国)、电子背力计(BCS-400,产地:中国)、全自动生化分析仪(Advia 1800, Deerfield, IL, USA)、离心机(GT10-1,产地:中国)、箭头式坐姿体前弯、立定跳远垫、皮尺、发令枪等.

## 1.3 实验程序

1) 高强度复合式训练方案. 健美操运动是一种综合力量、速度、耐力与灵敏度等身体动作的项目,也是一种极具爆发力的运动,选手除了必须具备极佳的无氧能力外,还须拥有发展良好的有氧系统. 本研究专项运动训练周期 12 周,每周 5 天,每天进行 90 min 专项技能与体能训练. 训练内容包括 5 种体能项目( $4 \times 8$  m, 3.3 m 爬绳, 10 次左右侧并跳, 25 次仰卧起坐, 20 次伏地挺身)与 7 种动作组合(蹲举、半蹲举、侧并步、深蹲跳、下肢推举、高台落地、重量训练),循环进行,负荷时间 20~40 s,负荷范围 2~3 组(1 组 = 3~8 次),休息时间 30~90 s,组间休息 3~5 min. 采用中高至高强度训练,以最大心跳率换算,心跳率在 85%以上,最大心跳率公式为( $220 - \text{年龄}$ ).

2) 体能测验包括身体组成(体质量、体脂肪、身体质量指数)、柔韧性(坐姿体前弯)、肌肉适能(握力、背力、30 s 及 60 s 屈膝仰卧起坐)、爆发力(立定跳远)、敏捷性(20 m 折返跑)、速度(60 m 冲刺跑)及心肺耐力(3 000 m 跑走).

3) 12 周训练第一天早晨空腹采血,测定空腹血糖及血脂肪(胆固醇及三酸甘油酯),以确定血糖及血脂肪不受个人饮食影响,其他生化项目则在受试者早餐后并做完体能测验后 30 min 内采集. 训练进行至第 8 周及第 12 周训练结束隔天早晨,再空腹采血,测其血糖及血脂肪,并于早餐后、做完体能测验后 30 min 内再次采血进行生化项目分析. 采集的血样经离心 10 min(高速离心机: 3 000 r/min),分离血清,测定血清中生化指标(葡萄糖、三酸甘油酯、总胆固醇、天门冬胺酸转胺酶、丙胺酸转胺酶 (ALT)、肌酸激酶、乳酸、肌酸酐、血中尿素氮及尿酸(UA)).

## 1.4 数据处理

运用 SPSS17.0 统计分析软件,以相关分析、独立样本 T 检及单因素方差等方法对体质、体脂及组织

伤害指标进行统计处理. 所有指标变量的统计学显著水平设定为  $\alpha=0.05$ .

## 2 结 果

### 2.1 体能变化特征分析

表 1 显示:

1) 12 周规律运动后健美操选手体能指标中呈现显著改变的有体质量及体脂率. 其中体质量从中测(第 8 周)开始有下降趋势, 而 12 周训练结束呈显著下降( $p<0.05$ ); 体脂百分比(体脂率%)从训练前(0 周)至中测(8 周)及训练结束(12 周)一直呈显著下降趋势( $p<0.05$ ), 即在 12 周后体脂率最低.

2) 体质指数(BMI)、左(右)握力、背肌力、坐姿体前屈、30 s 仰卧起坐、60 s 仰卧起坐、20 m 折返跑、立定跳远、60 m 测速及 3 000 m 跑走等体适能指标在训练中测及后测差异均未达统计学意义.

表 1 12 周干预训练前测、中测、后测体能指标变化统计表

|              | <i>a</i> 前测(0 周) | <i>b</i> 中测(8 周) | <i>c</i> 后测(12 周) | <i>F</i> 值; <i>LSD</i> 比较               |
|--------------|------------------|------------------|-------------------|-----------------------------------------|
| 体质量/kg       | 74.56±5.69       | 73.69±3.77       | 71.28±4.69        | 6.93* ↓; <i>a</i> = <i>b</i> < <i>c</i> |
| 体质指数/BMI     | 24.6±2.11        | 24.1±1.78        | 24.4±2.06         | 0.77; <i>a</i> = <i>b</i> = <i>c</i>    |
| 体脂率/%        | 10.66±2.37       | 9.94±1.58        | 8.65±2.07         | 4.18* ↓; <i>a</i> > <i>b</i> > <i>c</i> |
| 握力(左手)/kg    | 47.69±3.52       | 47.06±3.21       | 47.62±2.63        | 0.22; <i>a</i> = <i>b</i> = <i>c</i>    |
| 握力(右手)/kg    | 48.28±4.24       | 48.61±2.85       | 48.69±3.83        | 0.52; <i>a</i> = <i>b</i> = <i>c</i>    |
| 背肌力/kg       | 141.26±8.42      | 144.32±5.84      | 145.30±6.12       | 1.29; <i>a</i> = <i>b</i> = <i>c</i>    |
| 坐姿体前屈/cm     | 41.09±4.52       | 41.88±5.69       | 42.67±4.64        | 0.81; <i>a</i> = <i>b</i> = <i>c</i>    |
| 仰卧起坐/30 s    | 37.24±5.66       | 38.06±6.27       | 37.88±5.85        | 0.63; <i>a</i> = <i>b</i> = <i>c</i>    |
| 仰卧起坐/60 s    | 67.82±9.67       | 68.27±10.24      | 70.05±11.27       | 0.77; <i>a</i> = <i>b</i> = <i>c</i>    |
| 20 m 折返跑/s   | 16.43±1.28       | 15.87±0.95       | 16.03±1.20        | 0.83; <i>a</i> = <i>b</i> = <i>c</i>    |
| 立定跳远/cm      | 244.29±12.54     | 245.06±10.27     | 246.41±12.87      | 0.69; <i>a</i> = <i>b</i> = <i>c</i>    |
| 60 m 测速/s    | 8.23±0.56        | 8.45±0.39        | 8.39±0.51         | 0.58; <i>a</i> = <i>b</i> = <i>c</i>    |
| 3 000 m 跑走/s | 821.36±52.31     | 819.21±36.58     | 822.45±63.21      | 0.94; <i>a</i> = <i>b</i> = <i>c</i>    |

注: *LSD* 多重比较符号含义, “*a*=*b*”意旨前测与中测无统计学意义, “*a*>*b*”意旨前测与中测结果存在统计学意义, 且前测值显著大于中测值, 以下各表符号含义相同; \* 表示单因素方差分析是否达到显著水平.

### 2.2 训练前后血液脂质变分析

表 2 显示, 与前测相比, 中测及后测的甘油三酯(TG)一直呈连续下降趋势, 且差异有统计学意义; 前测的总胆固醇(TC)与中测(8 周后)差异无统计学意义, 但后测(12 周)明显下降, 且差异有统计学意义( $p<0.05$ ); 空腹葡萄糖浓度在干预 8 周及 12 周后均出现显著( $p<0.01$ )上升趋势, 上升起值均有统计学意义; 乳酸浓度前测与干预后 8 周后差异无统计学意义( $p>0.05$ ), 但 12 周后乳酸浓度有显著提升( $p<0.05$ ), 且差异有统计学意义.

### 2.3 训练前后组织伤害指标变化分析

表 2 显示, 训练前、训练中、训练后过程中, 肌酸激酶(CK)浓度呈显著增加( $p<0.01$ ), 且增加值有统计学意义; 天门冬胺酸转胺酶在干预 8 周后与前测差异无统计学意义( $p>0.05$ ), 但 12 周后呈显著增加, 且增加值有统计学意义( $p<0.05$ ); 肌肉运动及蛋白质分解所产生的尿素氮 8 周后变化不大, 但 12 周后呈显著下降, 且下降值有统计学意义( $p<0.05$ ); 肌酸酐的中测与前测值差异无统计学意义( $p>0.05$ ), 但 12 周后呈显著提升, 且提升值有统计学意义( $p<0.05$ ); 尿酸及丙胺酸转胺酶 2 指标在整个干预过程中其浓度未发现显著变化.

表 2 12 周干预前测、中测、后测血脂及组织损伤指标变化统计表

|                                 | <i>a</i> 前测(0 周) | <i>b</i> 中测(8 周) | <i>c</i> 后测(12 周) | <i>F</i> 值; <i>LSD</i> 比较                  |
|---------------------------------|------------------|------------------|-------------------|--------------------------------------------|
| 空腹血糖/(mg · dL <sup>-1</sup> )   | 75.23±5.69       | 85.21±8.77       | 104.52±10.25      | 9.93* * ↑; <i>a</i> < <i>b</i> < <i>c</i>  |
| 甘油三酯/(mg · dL <sup>-1</sup> )   | 125.36±52.47     | 78.26±43.17      | 48.36±34.18       | 13.11* * ↓; <i>a</i> > <i>b</i> > <i>c</i> |
| 总胆固醇/(mg · dL <sup>-1</sup> )   | 191.25±32.14     | 188.21±17.25     | 165.39±20.14      | 4.18* * ; ↓ <i>a</i> = <i>b</i> > <i>c</i> |
| 天门冬胺酸转胺酶/(U · L <sup>-1</sup> ) | 25.19±5.16       | 27.58±4.17       | 36.54±5.78        | 6.11* ↑; <i>a</i> = <i>b</i> < <i>c</i>    |
| 丙胺酸转胺酶/(U · L <sup>-1</sup> )   | 22.38±11.24      | 23.57±10.25      | 25.08±8.56        | 1.15; <i>a</i> = <i>b</i> = <i>c</i>       |
| 肌酸激酶/(U · L <sup>-1</sup> )     | 154.28±54.25     | 236.98±61.47     | 278.91±51.44      | 21.57* * ↑; <i>a</i> < <i>b</i> < <i>c</i> |
| 乳酸/(mmol · L <sup>-1</sup> )    | 2.55±0.48        | 3.12±0.77        | 5.67±0.83         | 4.88* ↑; <i>a</i> = <i>b</i> < <i>c</i>    |
| 尿素氮/(mg · dL <sup>-1</sup> )    | 14.69±3.26       | 14.09±4.12       | 11.75±2.96        | 3.69* ↓; <i>a</i> = <i>b</i> > <i>c</i>    |
| 肌酸酐/(mg · dL <sup>-1</sup> )    | 1.46±0.16        | 1.49±0.23        | 1.54±0.22         | 3.12* * ↑; <i>a</i> = <i>b</i> < <i>c</i>  |
| 尿酸/(mg · dL <sup>-1</sup> )     | 8.16±1.68        | 8.22±2.09        | 8.54±1.43         | 0.71; <i>a</i> = <i>b</i> = <i>c</i>       |

注：\* 表示经单因素方差分析达到了显著水平。

2.4 训练前后体脂肪与组织伤害指标的相关性分析

表 3 显示,①肥胖指标中,12 周运动后的体脂率改变量“体脂率%”与组织损伤指标改变量“甘油三酯”、“总胆固醇”无显著相关( $r=-0.170,-0.062,p>0.05$ ),但体质量及体质指数改变量“体质量”、“BMI”与“甘油三酯”、“总胆固醇”高度负相关(相关系数  $r$  分别为  $-0.611^*, -0.709^{**}$  及  $-0.714^{**}, -0.507^*$ )。②质量指数 BMI 的改变量“BMI”与肌酸激酶变化量有显著负相关( $r=-0.642^*$ );“体脂率%”与空腹血糖、天门冬胺酸转胺酶、丙胺酸转胺酶、肌酸激酶及尿素氮的变化量均呈显著负相关( $r$  分别为  $-0.574^*, -0.802^{**}, -0.625^*, -0.569^*, -0.576^*$ ),即当体脂率减少时,这些指标的改变量反而上升;③总胆固醇的变化量与肌酸酐的变化量呈正相关( $r=0.628^*$ );空腹血糖改变量与天门冬胺酸转胺酶及丙胺酸转胺酶的变化量呈显著正相关( $r=0.661^*, 0.82^{**}$ )。

表 3 体质量、质量指数、血脂与组织损伤前、后改变量之间的相关系数矩阵统计表

|                                 | 体质量<br>/kg | 质量指数<br>/BMI | 体脂率<br>/% | 甘油三酯<br>/(mg · dL <sup>-1</sup> ) | 总胆固醇<br>/(mg · dL <sup>-1</sup> ) | 空腹血糖<br>/(mg · dL <sup>-1</sup> ) |
|---------------------------------|------------|--------------|-----------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 甘油三酯/(mg · dL <sup>-1</sup> )   | -0.611*    | -0.714* *    | -0.170    | 1.00                              |                                   |                                   |
| 总胆固醇/(mg · dL <sup>-1</sup> )   | -0.709* *  | -0.507*      | -0.062    | 0.293                             | 1.00                              |                                   |
| 空腹血糖/(mg · dL <sup>-1</sup> )   | 0.215      | 0.432        | -0.574*   | -0.203                            | 0.078                             | 1.00                              |
| 天门冬胺酸转胺酶/(U · L <sup>-1</sup> ) | 0.234      | -0.127       | -0.802* * | 0.034                             | 0.162                             | 0.661*                            |
| 丙胺酸转胺酶/(U · L <sup>-1</sup> )   | 0.212      | 0.246        | -0.625*   | -0.309                            | 0.238                             | 0.882* *                          |
| 肌酸激酶/(U · L <sup>-1</sup> )     | -0.113     | -0.642*      | -0.569*   | 0.417                             | 0.144                             | -0.039                            |
| 乳酸/(mmol · L <sup>-1</sup> )    | 0.406      | 0.302        | 0.120     | -0.124                            | -0.127                            | 0.501                             |
| 尿素氮/(mg · dL <sup>-1</sup> )    | 0.154      | -0.251       | -0.576*   | -0.089                            | 0.135                             | 0.330                             |
| 肌酸酐/(mg · dL <sup>-1</sup> )    | -0.267     | -0.408       | -0.241    | 0.351                             | 0.628*                            | 0.064                             |
| 尿酸/(mg · dL <sup>-1</sup> )     | 0.065      | -0.413       | 0.008     | 0.457                             | 0.088                             | -0.227                            |

注：“\*”、“\* \*”分别代表 0.05 及 0.01 的显著水平。

3 分析与讨论

本研究针对健美操选手进行 12 周高强度复合式训练,并分别于干预的前、中、后(0 周、6 周、12 周)对其体脂率及组织伤害指标的变化情况进行监测,结果发现“体质量”及“BMI”与“甘油三酯”及“总胆固醇”呈负相关,说明高强度复合式训练对体脂减少具有正向影响力。健美操竞技选手要提高国际比赛的成绩及增进自身活力,降体脂极为重要<sup>[16]</sup>,本研究所获结果与众多学者的研究发现相一致<sup>[17-20]</sup>。

组织损伤指标未必是不好的指标,如天门冬氨酸转氨酶、丙氨酸转氨酶、乳酸脱氢酶及肌酸激酶<sup>[20]</sup>.一般高强度或持续时间较长的运动时会使 BUN、CK 及 LDH 活性升高<sup>[21]</sup>,这是因为剧烈运动,骨骼肌局部缺氧,代谢产物堆积,氧自由基增多,细胞膜损伤及通透性增加,肌细胞内的 CK 透过细胞膜进入血液,从而导致运动后血清中 CK 升高,CK 在血清中上升和细胞损伤有关,故可当作运动训练强度的重要指标<sup>[22]</sup>. M. Triki 等<sup>[23]</sup>研究指出,柔道运动员连续 6 个月、每天 2 小时的运动训练,会使其肌酸激酶、天门冬氨酸转氨酶及乳酸脱氢酶增加; G. Bielec 等研究报告也发现<sup>[12]</sup>,大学男健美操选手 21 天持续运动训练后,其血清肌酸酐、尿酸、血中尿素氮、肌酸激酶及乳酸脱氢酶均增加,而体质量下降;曾明郎等<sup>[24]</sup>以 15 位年满 20 岁的大专男性运动选手为受试对象,利用跑步机以 80% VO<sub>2</sub>max 强度跑至衰竭,并分别于运动前、衰竭运动后立即,0.5,1,2,24,48 h 进行静脉采血. 结果发现 BUN,CK,LDH 等疲劳指标于衰竭运动后都会显著增加,其中尿素氮(BUN)与 LDH 于运动后 2 h 达到最高点,于 24 h 恢复;CK 于运动后 24 h 达到最高点,于 48 h 恢复. 本研究健美操选手经过连续为期 12 周、每周 5 天、每天 90 min 专项技能与体能训练,结果发现 CK、AST 增加,血中 BUN 减少,这与 M. Triki 的结果<sup>[23]</sup>有出入,可能是由于指标检测中恢复时间不一致引起的. 如果一次运动后 BUN 呈显著上升,代表其运动负荷过大,经过一天休息后 BUN 若降低或是恢复原状,则表示运动负荷适宜,肾脏代谢机能适应良好<sup>[22]</sup>. 本研究发现受试者血中 BUN 在训练后已降低,说明 12 周高强度复合式训练并未对选手造成身体伤害. 另一方面,CK 在运动后应介于 100~200 U/L 之间是适合的,若超过 200 U/L 即表示运动量过大,身体尚未恢复. 本研究结果显示,12 周训练结束时,健美操选手 CK 略偏高((278.91±51.44) U/L),可能原因是采血时间点的问题.

有研究指出<sup>[25-26]</sup>,有运动习惯的人能降低死亡率,更有趣的是剧烈运动反而比中度活动更能降低死亡率,即高强度训练虽然造成的损伤程度亦高,但它与人类未来死亡风险呈反比关系,表明运动训练过程中虽然有一些损伤发生,但却可能让身体更能因适应关系而对身体形成保护作用. 有学者<sup>[27]</sup>利用丙氨酸转氨酶(ALT)当做肝脏发炎的指标来探讨专业运动员减重时 BMI 与血清中转氨酶的关系,结果发现 ALT 的增加与体质量的减轻呈现正相关,这个结果与本研究的发现一致. 本研究发现经过 12 周高强度复合式训练后,健美操选手的“体脂率%”下降的百分比与 AST(-0.802\*\* 及 ALT(-0.625\*)呈显著负相关(说明 12 周高强度复合训练后 AST 及 ALT 显著增加). 虽然肝功能指标上升,但都还在正常值中,这些结果与 Chen 等<sup>[26]</sup>学者的研究相似.

## 4 结 论

1) 高强度复合式训练能显著降低健美操选手的体质量及体脂率,但对体质指数、握力、背肌力、坐姿体前屈等体适能指标无影响.

2) 高强度复合式训练能显著降低甘油三酯、总胆固醇、尿素氮,显著提升血清中肌酸酐、肌酸激酶、天门冬氨酸转氨酶、空腹葡萄糖及乳酸浓度,而对尿酸及丙氨酸转氨酶无影响.

3) “体脂率%”与空腹血糖、天门冬氨酸转氨酶呈显著负相关,说明高强度复合式运动训练能促使受试者身体中碳元素重新分配,使脂肪组织下降而肌肉组织增加.

### 参考文献:

- [1] 刘一阳,李 庆. 高强度与高负荷训练对健美运动员机体影响研究 [J]. 西安体育学院学报,2017,34(3):328—335.
- [2] 韩春英,习寿华,韩甲. 我国竞技健美操难度动作创新与发展策略 [J]. 成都体育学院学报,2007,33(4):74—77.
- [3] EDUARDO SÁEZ DE VILLARREAL, REQUENAL B, IZQUIERDO M, et al. Enhancing Sprint and Strength Performance: Combined Versus Maximal Power, Traditional Heavy-Resistance and Plyometric Training [J]. Journal of Science and Medicine in Sport, 2013, 16: 146—150.
- [4] PEREIRA A, COSTA A M, SANTOS P, et al. Training Strategy of Explosive Strength in Young Female Volleyball

- Players [J]. *Medicina*, 2015, 51: 126—131.
- [5] JO E, WORTS P R, ELAM M L, et al. Resistance Training During a 12-Week Protein Supplemented VLCD Q7 Treatment Enhances Weight-Loss Outcomes in Obese Patients [J]. *Clinical Nutrition*, 2017, 23: 1—11.
- [6] KHAMOUI A V, PARK B S, KIMA D H, et al. Aerobic and Resistance Training Dependent Skeletal Muscle Plasticity in the Colon-26 Murine Model of Cancer Cachexia [J]. *Metablism clinical and experimental*, 2016, 6 5: 685—698.
- [7] 侯碧燕, 刘金龙, 陈佳慧, 等. 以生理指标验证健美操运动专项训练方式 [J]. *大专体育学刊*, 2011, 13(3): 309—316.
- [8] MESSIAS L H D, CAMARG B F, FERRARI H G, et al. Effect of Mathematical Modelling on Determining Lactate Minimum Test Parameters Before and after Seven Weeks of Monitored Training [J]. *Science & Sports*, 2017, 10: 1—9.
- [9] WOODS J A, CEDDIA M A, WOLTERS B W, et al. Effects of 6 Months of Moderate Aerobic Exercise Training on Immune Function in the Elderly [J]. *Mechanisms of Ageing and Development*, 1999, 109: 1—19.
- [10] MARQUIS-GRAVEL G, HAYAMI D, JUNEAU M, et al. Intensive Lifestyle Intervention Including High-Intensity Interval Training Program Improves Insulin Resistance and Fasting Plasma Glucose in Obese Patients [J]. *Preventive Medicine Reports*, 2015, 2: 314—318.
- [11] WHYTE L J, GILL J M R, CATHCART A J. Effect of 2 Weeks of Sprint Interval Training on Health-Related Outcomes in Sedentary Overweight/obese Men [J]. *Metabolism Clinical and Experimental*, 2010, 59: 1421—1428.
- [12] BIELEC G, MAKAR P, KUJACH S, et al. Biomechanical and Physiological Effects of Two-Week Sprint Interval Training in Collegiate Swimmers [J]. *Science & Sports*, 2017, 32: 239—242.
- [13] MARINUS F W. Te Pas, WIJNBERG I D, HOEKMAN A J W, et al. Skeletal Muscle Transcriptome Profiles Related to Different Training Intensities and Detraining in Standardbred Horses: A Search for Overtraining Biomarkers [J]. *The Veterinary Journal*, 2013, 197: 717—723.
- [14] HASAN MATINHOMAEI, JAMSHID BANAEL, MOHAMMAD ALI AZARBAYJANI, et al. Effects of 12-Week High-Intensity Interval Training on Plasma Visfatin Concentration and Insulin Resistance in Overweight Men [J]. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 2014, 12: 20—25.
- [15] FLORIN MURARIU, OTILIA CRISTINA MURARIU, IOAN GÎLCA, et al. Effects of 3 Different Interval Training Programs on Horses Used for Obstacle Courses. Evaluation Based on Blood Lactate Concentration, Heart rate, Obstacle Faults, Technique and Energy Level While Jumping [J]. *Journal of Biotechnology*, 2014, 185: 37—125.
- [16] MAILLARD F, ROUSSET S, PEREIRA B, et al. High-Intensity Interval Training Reduces Abdominal Fat Mass In-postmenopausal Women with Type 2 Diabetes [J]. *Diabetes & Metabolism*, 2016, 42: 433—441.
- [17] CURRIE K D, BAILEY B K J, JUNG M E, et al. Effects of Resistance Training Combined with Moderate-Intensity Endurance or Low-Volume High-Intensity Interval Exercise on Cardiovascular Risk Factors in Patients with Coronary Artery Disease [J]. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2015, 18: 637—642.
- [18] ANDERSON ZAMPIER ULBRICH, VITOR GIATTE ANGARTEN, ALMIR SCHMITT NETTO, et al. Comparative Effects of High Intensity Interval Training Versus Moderate Intensity Continuous Training on Quality of Life in Patients with Heart Failure: Study Protocol for a Randomized Controlled Trial [J]. *Clinical Trials and Regulatory Science in Cardiology*, 2016, 13: 21—28.
- [19] CHRISTINA CHRYSOHOOU, ATHANASIOS ANGELIS, GEORGE TSITSINAKIS, et al. Cardiovascular Effects of High-Intensity Interval Aerobic Training Combined with Strength Exercise in Patients with Chronic Heart Failure. A Randomized Phase III Clinical Trial [J]. *International Journal of Cardiology*, 2015, 179: 269—274.
- [20] 张兴奇, 刘学谦. 美国青少年学生体质测试指标结构的变迁 [J]. *西南师范大学学报(自然科学版)*, 2016, 41(4): 156—161.
- [21] SIMON K. HARRIESA, C, \*, DAVID R. LUBANSB, C, ROBIN CALLISTER. Comparison of Resistance Training Progression Models on Maximal Strength in Sub-Elite Adolescent Rugby Union Players [J]. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2016, 19: 163—169.
- [22] MASANAO ARAI, HANAE YAMAZAKI, KAZUO INOUE, et al. Effects of Intracranial Injection of Transforming

- Growth Factor-Relevant to Central Fatigue on the Waking Electroencephalogram of Rats Comparison with Effects of Exercise [J]. *Progress in Neuro-Psychopharmacology & Biological Psychiatry*, 2002, 26: 307—312.
- [23] TRIKI M, REBAI H, ABROUG T, et al. Comparative Study of Body Composition and Naerobic Performance Between Football and Judo Groups [J]. *Science & Sports*, 2012, 27: 293—299.
- [24] 曾明郎, 甘能斌. 运动训练负荷强度之生化监控与恢复方法的应用 [J]. *大专体育*, 2005, 19: 21—25.
- [25] MARJA ÄIJÖ, MARKKU KAUPPINEN, KUJALA U M, et al. Physical Activity, Fitness, and All-Cause Mortality: An 18-Year Follow-up Among Old People [J]. *Journal of Sport and Health Science*, 2016, 5: 437—442.
- [26] WU CHEN-YI, HU HSIAO-YUN, CHOU YI-CHANG, et al. The Association of Physical Activity with All-Cause, Cardiovascular, and Cancer Mortalities among Older Adults [J]. *Preventive Medicine*, 2015, 72: 23—29.
- [27] 关真民, 王 慧, 程俊美, 等. 限食对谷氨酸钠肥胖大鼠及人体肥胖代谢指标的影响 [J]. *西南师范大学学报(自然科学版)*, 2013, 38(8): 96—99.

## On High Intensity Compound Training in Body Fat and Tissue Damage of Aerobics

LIAO Yong-hua

*Physical Education Department of the University of Electronic Science and technology, Chengdu 611731, China*

**Abstract:** High intensity training (HIT) and high load training (HVT) have now become an important part of the daily training of many high-level bodybuilders in the world. However, there is a lack of the research results in this field in our country's bodybuilding projects, especially the research on the organization damage of Aerobics athletes is almost blank. Aerobics athletes have been trained for 12 weeks with high-intensity combined training in this study. The biochemical indexes and body fat rates of serum muscle injury were monitored Pretest, middle test and post test after exercise. Results show that, 1) High strength composite training can significantly reduce the body weight, body fat, triglycerides, total cholesterol and urea nitrogen concentration; 2) Improve blood glucose, lactate, creatinine concentration, enhanced aspartate aminotransferase and creatine kinase activity; 3) Improve muscle blood and body fat damage index the value of the rate of decline was negatively correlated, suggesting that the high strength composite training for muscle regeneration and promote adipose tissue decreased. It is concluded that the 12 week high intensity compound training made the body fat of the aerobics significantly reduced and the index of muscle injury in the blood increased. It shows that the training method caused the muscle regeneration to attract the whole body carbon resource redistribution, and the fat tissue decreased the muscle tissue, the higher the intensity, the better the carbon resource redistribution effect.

**Key words:** high intensity training; compound training; body fat; tissue injury

责任编辑 胡 杨