

· 临床研究 ·

高强度间歇运动对超重或肥胖男性青少年心肺适能和身体成分及血脂水平的影响

袁玲玲

郑州大学体育学院, 郑州 450044

通信作者: 袁玲玲, Email: yuanllzz@sina.com

【摘要】 目的 探讨 12 周高强度间歇运动 (HIIT) 对超重/肥胖男性青少年心肺适能、身体成分及血脂含量的影响。**方法** 采用随机数字表法将 40 例超重/肥胖男性青少年分为运动组和对照组, 对照组受试者保持日常生活习惯不变, 运动组受试者给予 12 周 HIIT 干预。于干预前、后分别检测 2 组受试者最大摄氧量 (VO_{2max})、最大有氧功率 (MAP)、体重、体重指数 (BMI)、腰围 (WC)、体脂百分比 (BF%)、甘油三酯 (TC)、总胆固醇 (TC)、低密度脂蛋白胆固醇 (LDL-c) 及高密度脂蛋白胆固醇 (HDL-c) 水平。**结果** 干预前 2 组受试者上述各项指标组间差异均无统计学意义 ($P>0.05$); 干预后发现运动组体重、BMI、WC、BF%、TC 及 TG 等均较干预前明显降低 ($P<0.05$), VO_{2max} 及 MAP 均较干预前明显升高 ($P<0.05$), LDL-c 及 HDL-c 较干预前无明显变化 ($P>0.05$), 对照组上述各项指标均较干预前无明显变化 ($P>0.05$); 通过进一步组间比较发现, 干预后运动组体重 [(76.9 ± 5.9) kg]、BMI [(25.9 ± 2.5) kg/m²]、WC [(89.7 ± 7.0) cm]、BF% [$(20.1\pm4.7)\%$]、TC [(5.00 ± 0.87) mmol/L] 及 TG [(1.71 ± 0.31) mmol/L] 均显著低于对照组水平 ($P<0.05$), VO_{2max} [(41.3 ± 4.0) ml/kg·min] 及 MAP [(143.7 ± 8.9) W] 均显著高于对照组水平 ($P<0.05$), LDL-c 及 HDL-c 与对照组间差异仍无统计学意义 ($P>0.05$)。**结论** 与持续性有氧运动比较, HIIT 是一种省时、有效的运动方式, 能显著改善超重/肥胖男性青少年心肺适能、身体成分及血脂水平。

【关键词】 高强度间歇运动; 超重/肥胖; 青少年; 心肺适能; 身体成分; 血脂

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2021.03.014

相关研究指出^[1], 久坐少动的生活方式对人体健康具有广泛不利影响, 如肥胖、高血压、糖尿病、血脂紊乱等, 儿童青少年时期体力活动不足与成年时期心血管危险因素增加密切相关。当前超重/肥胖在全世界范围内呈流行趋势, 且幼年时期体重增加与成年后多种慢性疾病发生具有正相关性^[2]。体力活动不足是肥胖发生的主要原因; 近期一项研究指出^[3], 我国儿童青少年静态行为时间为 539.61 min/d (约 9 h/d), 基本处于久坐少动的生活方式, 而体力活动时间 (37.66 min/d) 远未达到我国儿童青少年体力活动指南推荐的体力活动标准 (即每天至少活动 60 min)。

大量研究发现, 规律体力活动 (尤其是有氧运动) 能增强儿童青少年体质, 提高运动能力, 改善心肺功能, 降低发生肥胖、抑郁或焦虑等风险^[4]; 但有氧运动由于需持续时间较长、形式单一, 儿童青少年往往难以长期坚持。近年来高强度间歇训练 (high-intensity interval training, HIIT) 作为一种时效性、趣味性较强的运动方式, 能显著改善机体心血管及代谢异常, 因此该训练方法有望成为提高青少年健康水平的有效手段^[5]。本研究主要观察 12 周 HIIT 干预对超重/肥胖男性青少年心肺适能、身体成分及血脂水平的影响, 为改善青少年健康水平提供参考资料。

对象与方法

一、研究对象

通过现场宣讲的方式在郑州市二中招募 13~18 周岁的男性青少年, 并参照季成叶等^[6]介绍的方法筛选超重/肥胖受试

者, 排除继发性肥胖、药物性肥胖、合并心血管疾病、代谢性疾病、运动系统疾病或急慢性感染者, 入选受试者均无规律运动习惯 (属于久坐人群)。受试者本人及其家长均对本研究知晓并签署知情同意书, 同时本研究经郑州大学体育学院伦理委员会审批 (ZDTY-2020-09), 最终共有 40 例受试者纳入本研究。采用随机数字表法将上述受试者分为运动组及对照组, 每组 20 例。2 组受试者一般资料情况 (详见表 1) 经统计学比较, 发现组间差异均无统计学意义 ($P>0.05$), 具有可比性。

表 1 入选时 2 组受试者基线变量特征比较

组别	例数	年龄 (岁, $\bar{x}\pm s$)	身高 (m, $\bar{x}\pm s$)	体重 (kg, $\bar{x}\pm s$)	体重指数 (kg/m ² , $\bar{x}\pm s$)
运动组	20	16.1 $\pm$ 1.2	1.72 $\pm$ 0.05	80.3 $\pm$ 6.0	27.0 $\pm$ 2.0
对照组	20	15.9 $\pm$ 1.2	1.73 $\pm$ 0.04	82.8 $\pm$ 6.6	27.7 $\pm$ 2.3

二、干预方法

对照组受试者保持日常生活习惯不变; 运动组干预参照 Lazzar 等^[7]介绍的方案并进行改良 (详见表 2), 指导受试者在日本产 Powmax III 型功率自行车上完成 12 周 HIIT 干预, 每周训练 3 次, 每次 HIIT 训练包括 10 min 热身运动 (拉伸 5 min 后再以 20 W 强度蹬车 5 min)、2~5 组 HIIT 运动以及 8 min 整理活动 (以 0 W 强度继续蹬车 3 min、拉伸 5 min)。HIIT 干预方案如下: 以 100%~110% 最大有氧功率 (maximal aerobic power, MAP) 强度运动 30 s, 间歇期以 50%MAP 强度继续运动 30 s 为 1 个循环, 重复训练 5~8 个循环为 1 组, 每天共完成 2~5 组训练, 组间间歇 5 min, 受试者运动强度、每组循环数量、训练组数

等均随时间进展逐渐递增。

表 2 本研究运动组受试者 HIIT 干预方案

时间	运动强度及运动时间	每组循环数量	每天训练组数	组间间歇时间
第 1~3 周	100%MAP 30 s、50%MAP 30 s	5	2	5 min
第 4~6 周	100%MAP 30 s、50%MAP 30 s	6	3	5 min
第 7~9 周	110%MAP 30 s、50%MAP 30 s	7	4	5 min
第 10~12 周	110%MAP 30 s、50%MAP 30 s	8	5	5 min

三、人体特征及身体成分检测

于入选时、干预 12 周后采用常规方法测量受试者身高、体重,并计算体重指数 (body mass index, BMI);使用卷尺测量受试者腰围 (waist circumference, WC),测量时受试者保持自然站立位,将卷尺置于受试者脐中央,以水平位绕腰 1 周,在呼气末测量记录数据;选用韩国产 InBody770 型身体成分仪检测受试者体脂百分比 (percentage of body fat, BF%),测试时要求受试者轻装赤足并排空大、小便。

四、心肺适能测定

于入选时、干预 12 周后选用功率车测功仪进行递增负荷运动试验,具体试验方案如下:受试者先进行 10 min 准备活动,包括 5 min 拉伸及 5 min 蹬车训练 (20 W),随后开始正式测试,起始负荷为 50 W,每 3 min 递增 20 W,蹬车频率设置为 50~60 rpm。终止试验标准包括:①随运动强度增加,受试者摄氧量处于平台期;②受试者呼吸交换率>1.15;③受试者主观疲劳感觉量表 (rating of perceived exertion, RPE) 评分≥18 分 (Borg 0~20 分);④受试者力竭^[5]。如受试者符合以上任意 3 个标准即终止试验,此时摄氧量即为最大摄氧量 (maximal oxygen uptake, VO_{2max}),对应的功率为最大有氧功率 (maximal aerobic power, MAP),对应的心率则为最大心率 (maximal heart rate, HR_{max})。

五、血脂水平检测

于入选时、干预 12 周后检测 2 组受试者血脂水平,检测前受试者需禁食 12 h,于清晨空腹状态下取肘正中静脉血 3 ml,经肝素抗凝、离心取血浆,采用酶比色法测定总胆固醇 (total cholesterol, TC)、甘油三酯 (triglyceride, TG)、低密度脂蛋白胆固

醇 (low-density lipoprotein-cholesterol, LDL-c) 和高密度脂蛋白胆固醇 (high-density lipoprotein-cholesterol, HDL-c) 含量。

六、统计学分析

本研究所得计量资料以 ($\bar{x}\pm s$) 表示,采用 SPSS for Windows 20.0 版统计学软件包进行数据分析,组间比较采用独立样本 *t* 检验,组内比较采用配对样本 *t* 检验,*P*<0.05 表示差异具有统计学意义。

结 果

一、干预前、后 2 组受试者身体成分变化分析

与组内干预前比较,经 12 周干预后发现运动组受试者体重、BMI、WC 及 BF% 均显著降低 (*P*<0.05),对照组上述各项指标均无明显变化 (*P*>0.05);通过进一步组间比较发现,干预后运动组体重、BMI、WC 及 BF% 均显著低于对照组水平 (*P*<0.05)。具体数据见表 3。

二、干预前、后 2 组受试者心肺适能变化分析

与组内干预前比较,经 12 周干预后运动组受试者 VO_{2max} 及 MAP 均显著增高 (*P*<0.05),HR_{max} 无显著变化 (*P*>0.05),对照组上述指标均无明显变化 (*P*>0.05);通过进一步组间比较发现,干预后运动组 VO_{2max} 及 MAP 均显著高于对照组水平 (*P*<0.05)。具体数据见表 4。

三、干预前、后 2 组受试者血脂含量变化分析

与组内干预前比较,经 12 周干预后运动组受试者 TC 及 TG 含量均显著降低 (*P*<0.05),LDL-c 及 HDL-c 含量均无显著变化 (*P*>0.05),对照组上述指标均无明显变化 (*P*>0.05);通过进一步组间比较发现,干预后运动组 TC 及 TG 含量均显著低于对照组水平 (*P*<0.05)。具体数据见表 5。

讨 论

当前 HIIT 已被视为肥胖患者体重管理的重要策略之一^[8],但仍需更多证据证实其对身体成分的真实效应。Racil 等^[9]采用与本研究类似的训练计划 (如以 100~110% MAP 运动 30 s,紧接着以 50% MAP 运动 30 s,重复 6 个循环为 1 组,共

表 3 干预前、后 2 组受试者身体成分变化分析 ($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	体重 (kg)		BMI (kg/m ²)		WC (cm)		BF% (%)	
		干预前	干预 12 周后	干预前	干预 12 周后	干预前	干预 12 周后	干预前	干预 12 周后
运动组	20	80.3±6.0	76.9±5.9 ^{ab}	27.0±2.0	25.9±2.5 ^{ab}	92.1±6.6	89.7±7.0 ^{ab}	23.0±3.2	20.1±4.7 ^{ab}
对照组	20	82.8±6.6	83.6±8.2	27.7±2.3	28.0±3.2	94.0±7.8	94.2±7.5	21.6±4.3	21.6±3.5

注:与组内干预前比较,^a*P*<0.05;与对照组相同时间点比较,^b*P*<0.05

表 4 干预前、后 2 组受试者心肺适能变化分析 ($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	VO _{2max} [ml/(kg·min)]		MAP (W)		HR _{max} (b/min)	
		干预前	干预 12 周后	干预前	干预 12 周后	干预前	干预 12 周后
运动组	20	37.9±3.4	41.3±4.0 ^{ab}	136.7±9.9	143.7±8.9 ^{ab}	195±7	192±6
对照组	20	38.0±4.5	37.6±3.5	139.4±11.3	137.1±8.2	198±5	198±7

注:与组内干预前比较,^a*P*<0.05;与对照组相同时间点比较,^b*P*<0.05

表 5 干预前、后 2 组受试者血脂含量变化分析 ($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	TC (mmol/L)		TG (mmol/L)		LDL-c (mmol/L)		HDL-c (mmol/L)	
		干预前	干预 12 周后	干预前	干预 12 周后	干预前	干预 12 周后	干预前	干预 12 周后
运动组	20	5.44±0.86	5.00±0.87 ^{ab}	2.08±0.35	1.71±0.31 ^{ab}	4.17±0.88	4.00±1.05	0.98±0.22	1.07±0.16
对照组	20	5.57±1.01	5.47±1.29	2.17±0.28	2.25±0.32	4.24±0.90	4.38±1.00	0.95±0.19	0.97±0.22

注:与组内干预前比较,^a*P*<0.05;与对照组相同时间点比较,^b*P*<0.05

训练 2 组,组间间歇 4 min),结果发现经 12 周 HIIT 干预后,入选肥胖女性青少年其体重及 WC 均明显减少。近期一项 Meta 分析指出,短期 HIIT 干预并不能改善肥胖患者体脂百分比^[10]。本研究结果显示,入选超重/肥胖男性青少年经 12 周 HIIT 干预后,其体重、BMI、WC 及 BF% 等均显著减少。Astorino 等^[11]指出,HIIT 干预对久坐人群身体成分的改善作用较经常参与体力活动更明显。由于本研究纳入的受试者均属于久坐群体且肥胖程度较显著,故推测 HIIT 干预对身体成分的影响效果可能取决于受试者干预前初始肥胖程度。

设计有效的运动处方不仅能改善肥胖患者身体成分,还能增强患者体能水平(尤其是心肺适能水平)。VO_{2max} 是表征心肺适能的金标准,本研究结果显示,经 12 周 HIIT 干预后运动组受试者 VO_{2max} 升高 3.4 ml/kg/min,表明 12 周 HIIT 干预能显著改善超重/肥胖男性青少年心肺适能水平,该结果具有重要临床意义,因有研究指出,机体 VO_{2max} 每增加 3.5 ml/kg/min,相应群体全因死亡率降低 15%,心血管疾病死亡率降低 19%^[12]。

当前关于 HIIT 干预对机体血脂的影响还存在较大争议。本研究结果显示,运动组受试者经 12 周 HIIT 干预后,其 TC 及 TG 含量均显著下降,LDL-c 及 HDL-c 含量则无明显变化,提示 HIIT 干预有助于降低肥胖受试者后期冠心病发病风险。与本研究不同,Sawyer 等^[13]报道,8 周 HIIT 干预(以 90%~95% HR_{max} 运动 1 min,间歇 1 min,重复 6 个循环)对肥胖成年人 TC、TG、LDL-c 及 HDL-c 含量均无显著影响;Batacan 等^[14]通过 Meta 分析指出,长期 HIIT 干预对超重/肥胖人群的血脂水平并无影响。但同时也有多项研究结果与本课题组类似,如 Fisher 等^[15]报道,6 周 HIIT 干预能有效改善久坐超重/肥胖青年 TC 及 TG 含量,推测上述各研究结果间存在差异的原因可能与训练方案、测量技术、入选对象性别、年龄以及肥胖程度等多个因素有关。

关于 HIIT 诱导机体适应的机制尚未明确,现有研究证实^[16],HIIT 干预能显著提高机体每搏输出量及血容量,增强工作肌氧传送效率,改善骨骼肌对糖、脂肪的氧化能力以及骨骼肌缓冲能力。因此 HIIT 干预在中枢适应机制(心血管系统)及外周适应机制(骨骼肌系统)中均发挥积极作用,较传统有氧训练能更显著改善受试者机体各项功能。

综上所述,本研究结果表明,为期 12 周的 HIIT 干预能显著改善超重/肥胖男性青少年心肺适能、身体成分及血脂水平,与持续性有氧运动比较,HIIT 是一种省时、有效的运动方式,值得临床进一步研究、推广。

参 考 文 献

- [1] Batista MB, Romanzini C, Barbosa C, et al. Participation in sports in childhood and adolescence and physical activity in adulthood: a systematic review [J]. J Sports Sci, 2019, 37 (19): 2253-2262. DOI: 10.1080/02640414.2019.1627696.
- [2] Hutchesson MJ, Hulst J, Collins CE. Weight management interventions targeting young women: a systematic review [J]. J Acad Nutr Diet, 2013, 113 (6): 795-802. DOI: 10.1016/j.jand.2013.01.015.
- [3] 张云婷, 马生霞, 陈畅, 等. 中国儿童青少年身体活动指南 [J]. 中国循证儿科杂志, 2017, 12 (6): 401-409. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5501.2017.06.001.

- [4] Poitras VJ, Gray CE, Borghese MM, et al. Systematic review of the relationships between objectively measured physical activity and health indicators in school-aged children and youth [J]. Appl Physiol Nutr Metab, 2016, 41 (3): S197-239. DOI: 10.1139/apnm-2015-0663.
- [5] Eddolls W, McNarry MA, Stratton G, et al. High-intensity interval training interventions in children and adolescents: a systematic review [J]. Sports Med, 2017, 47 (11): 2363-2374. DOI: 10.1007/s40279-0017-0753-8.
- [6] 季成叶. 中国学生超重肥胖 BMI 筛查标准的应用 [J]. 中国学校卫生, 2004, 25 (1): 125-128.
- [7] Lazzer S, Tringali G, Caccavale M, et al. Effects of high-intensity interval training on physical capacities and substrate oxidation rate in obese adolescents [J]. J Endocrinol Invest, 2017, 40 (2): 217-226. DOI: 10.1007/s40618-0016-0551-4.
- [8] Weweg M, van den Berg R, Ward RE, et al. The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on body composition in overweight and obese adults: a systematic review and meta-analysis [J]. Obes Rev, 2017, 18 (6): 635-646. DOI: 10.1111/obr.12532.
- [9] Racil G, Ben Ounis O, Hammouda O, et al. Effects of high vs. moderate exercise intensity during interval training on lipids and adiponectin levels in obese young females [J]. Eur J Appl Physiol, 2013, 113 (10): 2531-2540. DOI: 10.1007/s00421-00013-2689-5.
- [10] Keating SE, Johnson NA, Mielke GI, et al. A systematic review and meta-analysis of interval training versus moderate-intensity continuous training on body adiposity [J]. Obes Rev, 2017, 18 (8): 943-964. DOI: 10.1111/obr.12536.
- [11] Astorino TA, Heath B, Bandong J, et al. Effect of periodized high intensity interval training (HIIT) on body composition and attitudes towards hunger in active men and women [J]. J Sports Med Phys Fitness, 2018, 58 (7-8): 1052-1062. DOI: 10.23736/S0022-4707.17.07297-07298.
- [12] Lee DC, Sui X, Artero EG, et al. Long-term effects of changes in cardiorespiratory fitness and body mass index on all-cause and cardiovascular disease mortality in men: the aerobics center longitudinal study [J]. Circulation, 2011, 124 (23): 2483-2490. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.111.038422.
- [13] Sawyer BJ, Tucker WJ, Bhammar DM, et al. Effects of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training on endothelial function and cardiometabolic risk markers in obese adults [J]. J Appl Physiol, 2016, 121 (1): 279-288. DOI: 10.1152/jappphysiol.00024.2016.
- [14] Batacan RB, Duncan MJ, Dalbo VJ, et al. Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of intervention studies [J]. Br J Sports Med, 2017, 51 (6): 494-503. DOI: 10.1136/bjsports-2015-095841.
- [15] Fisher G, Brown AW, Bohan Brown MM, et al. High intensity interval vs moderate intensity training for improving cardiometabolic health in overweight or obese males: a randomized controlled trial [J]. PLoS One, 2015, 10 (10): e0138853. DOI: 10.1371/journal.pone.0138853.
- [16] MacInnis MJ, Gibala MJ. Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity [J]. J Physiol, 2017, 595 (9): 2915-2930. DOI: 10.1113/JP273196.

(修回日期: 2020-12-15)

(本文编辑: 易 浩)