

循环训练对肥胖女大学生身体成分 体适能和代谢综合征危险因素的影响

肖涛¹,甄洁¹,王晨宇²

1.郑州大学体育学院校本部,河南 450001;2.郑州航空工业管理学院/体育健康与文化研究中心

【摘要】 目的 探讨 12 周循环训练对肥胖女大学生身体成分、体适能以及代谢综合征危险因素的影响,为针对肥胖女大学生相应干预措施的制定提供参考。**方法** 将某高校 60 名肥胖女大学生随机分为对照组和运动组各 30 名。对照组保持日常生活习惯不变,运动组进行 3 次/周、共 12 周的循环训练。分别于干预前后测定身体成分[身高、体重、体质量指数(BMI)、体脂百分比(percentage of body fat,PBF)和瘦体重(lean body mass,LBM)]、健康体适能(背肌力量、仰卧起坐、坐位体前屈和 1 600 m 跑成绩)和代谢综合征危险因素[腰围(waist circumference,WC)、空腹血糖(fasting blood glucose,FBG)、三酰甘油(triglyceride,TG)、总胆固醇(total cholesterol,TC)、高密度脂蛋白胆固醇(high-density lipoprotein cholesterol,HDL-C)和低密度脂蛋白胆固醇(low-density lipoprotein cholesterol,LDL-C)]相关参数。**结果** 与干预前比较,干预后运动组体重、BMI、PBF 下降,背肌力量、仰卧起坐、坐位体前屈和 1 600 m 跑成绩提高(t 值分别为 2.14,2.21,2.48,-7.21,-7.69,-7.01,4.83, P 值均 <0.05),WC、TG、TC 下降(t 值分别为 2.89,4.54,2.71, P 值均 <0.05);对照组所有参数干预前后比较差异均无统计学意义(P 值均 >0.05)。**结论** 规律循环训练能够改善肥胖女大学生身体成分、提高体适能水平,并可能有助于预防代谢性疾病发生。

【关键词】 肥胖症;体育和训练;身体成分;代谢综合征 X;学生;女(雌)性

【中图分类号】 R 179 G 465 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-9817(2020)02-0224-04

Effect of circuit training on body composition, physical fitness, and metabolic syndrome risk factors in obese female college students/XIAO Tao*, ZHEN Jie, WANG Chenyu.* *Physical Education College of Zhengzhou University, Zhengzhou(450001), China*

【Abstract】 Objective To investigate the effect of a 12-week circuit training program on health-related physical fitness and metabolic syndrome risk factors in obese female college students, and to provide reference for targeted interventions. **Methods** Sixty subjects with body mass index (BMI) over 28 kg/m^2 were randomly allocated to control group ($n=30$) or exercise group ($n=30$). Participants of control group maintained daily lifestyle while those of exercise group performed circuit training program 3 times per week for 12 weeks. Parameter of body composition (including back strength, sit-up, sit-and-reach, and 1 600 m running time), health-related physical fitness (including body height, body weight, BMI), percentage of body fat (PBF) and lean body mass (LBM) and metabolic syndrome risk factors [including waist circumference (WC), fasting blood glucose (FBG), triglyceride (TG), total cholesterol (TC), high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C) and low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C)] were tested before and after the experiment. **Results** After intervention, body weight, BMI, PBF decreased, back strength, sit-up, sit-and-reach, and 1 600 m running time performance increased ($t=2.14, 2.21, 2.48, -7.21, -7.69, -7.01, 4.83, P<0.05$), WC, TG, TC reduced in exercise group compared with pre-test ($t=2.89, 4.54, 2.71, P<0.05$), whereas all parameters in control group showed no significantly different ($P>0.05$). **Conclusion** Regular circuit training improved body composition, enhanced physical fitness and may contribute to prevent metabolic diseases.

【Key words】 Obesity; Physical education and training; Body composition; Metabolic syndrome X; Students; Female

肥胖是世界范围内广泛流行的慢性非传染性疾病,脂肪过度堆积易引发胰岛素抵抗、糖尿病、代谢综合征及多种心血管疾病,严重影响患者的身体健康和生活质量^[1]。肥胖的发生主要与体力活动减少以及

能量摄入过多有关。规律体力活动是防治肥胖的重要非药物手段,Schwingshackl 等^[2]通过大样本 Meta 分析,推荐肥胖患者的运动康复处方应采用多种方式,包括有氧运动、抗阻训练以及柔韧性训练。Sarsan 等^[3]针对肥胖女性的研究显示,12 周有氧运动可显著改善患者最大摄氧量。健康体适能包括身体成分、肌肉力量、肌肉耐力、柔韧性和心肺功能。Arena 等^[4]报道显示,肥胖与健康体适能之间存在关联,即肥胖者中心肺功能较高者心血管疾病发生风险明显低于心

【基金项目】 河南省哲学社科规划课题项目(2018BTY020)。

【作者简介】 肖涛(1971-),男,河北固安人,博士,副教授,主要研究方向为运动与健康促进。

DOI: 10.16835/j.cnki.1000-9817.2020.02.017

肺功能较低者。规律体力活动不仅能够降低中年肥胖女性体重和体脂百分比,还可改善健康体适能^[5]。而循环训练法能够有效提高肌肉力量、肌肉耐力以及心肺功能^[6]。本研究旨在探讨 12 周循环训练对肥胖女大学生健康体适能以及代谢综合征危险因素的影响,为针对肥胖女大学生相应干预措施的制定提供参考。

1 对象与方法

1.1 对象 于 2018 年 6—10 月,选取某高校在校肥胖女大学生 60 名,体质指数 (body mass index, BMI) $\geq 28 \text{ kg/m}^2$ ^[7]。受试者身体健康,无规律运动习惯,无心血管疾病、代谢性疾病以及其他慢性疾病,未使用药物及营养补充剂。按照随机数字表法,将受试者随机分为对照组和运动组,每组 30 名。两组间年龄、身高、体重、BMI 和 PBF 比较差异均无统计学意义 (P 值均 >0.05),组间具有可比性。受试者自愿参加本研究并签订知情同意书。本研究经郑州大学伦理委员会批准 (批准号:ZDLL-2017015)。

1.2 方法

1.2.1 干预方案 对照组保持日常生活习惯不变,嘱其避免进行规律体力活动。运动组进行 12 周循环训练,依据 Seo 等^[6]提出的循环训练法原则制定本研究受试者训练方案。循环训练包括抗阻训练 (俯卧撑、蹲起、仰卧起坐、弓箭步) 和有氧运动 (原地跑、开合跳、高抬腿、Burpee 跳) 共 8 个动作,每个动作持续 30 s、间歇 30 s,完成 4 组,组间间歇 5 min;每周完成 3 次,共 12 周。运动强度以最大心率 (maximum heart rate, HRmax) 的百分比表示 ($\text{HRmax} = 206.9 - 0.67 \times \text{年龄}$)^[8],第 1~8 周为 50%~60% HRmax、第 9~12 周为 60%~70% HRmax。

1.2.2 身体成分和健康体适能参数测定 于训练前以及训练后 48 h 测定健康体适能参数,包括身体成分、肌肉力量 (背肌)、肌肉耐力 (仰卧起坐)、柔韧性 (坐位体前屈) 和心肺功能 (1 600 m 跑)。身体成分采

用人体成分分析仪 (Inbody 720 型,韩国) 测定,参数包括身高、体重、BMI、瘦体重 (lean body mass, LBM) 和体脂百分比 (percentage of body fat, PBF)。背肌力量使用背肌测力计 (T.K.K. 5402 BACK, 日本) 测定完成一次最大背伸对应的重量 (kg)。仰卧起坐采用电子测试仪 (T.K.K. 5505M, 日本) 测定 1 min 完成的次数。柔韧性采用坐位体前屈仪 (T.K.K. 5111S, 日本) 测定 (cm)。心肺功能用 1 600 m 跑成绩 (s) 表示。

1.2.3 腰围 (waist circumference, WC) 测定 皮尺经髂前上棘和第 12 肋下缘连线中点处,水平绕 1 周,于自然呼气末测量其围度,单位为厘米 (cm)。

1.2.4 血液生化参数测定 于训练前以及训练后 48 h (为避免急性运动末次训练的影响) 清晨空腹 (禁食至少 8 h) 状态下测定血液生化参数。肘正中静脉取血 5 mL, 4℃、3 000 r/min 离心 20 min 取血清。血清三酰甘油 (triglyceride, TG)、总胆固醇 (total cholesterol, TC)、高密度脂蛋白胆固醇 (high-density lipoprotein cholesterol, HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇 (low-density lipoprotein cholesterol, LDL-C) 和空腹血糖 (fasting blood glucose, FBG) 含量利用全自动生化分析仪 (日立 7020, 日本) 以酶比色法测定。

1.3 统计学分析 使用 SPSS 20.0 对数据进行分析 and 处理。数据以 ($\bar{x} \pm s$) 表示。先进行正态分布检验,对符合正态分布的计量资料,不同组间比较使用独立样本 t 检验,同组内实验前后比较使用配对 t 检验,检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 两组受试者干预前后身体成分比较 与干预前比较,运动组干预后体重、BMI 和 PBF 下降 (P 值均 <0.05),LBM 的变化差异无统计学意义 ($P > 0.05$);对照组各指标干预前后差异均无统计学意义 (P 值均 >0.05)。组间比较,干预前各参数两组间差异无统计学意义 (P 值均 >0.05),干预后运动组体重、BMI 和 PBF 低于对照组 (P 值均 <0.05)。见表 1。

表 1 两组受试者干预前后身体成分指标比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	干预前后	人数	统计值	体重/kg	BMI/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)	PBF/%	LBM/kg
运动组	干预前	30		79.7 $\pm$ 7.9	30.6 $\pm$ 3.5	33.3 $\pm$ 6.1	53.3 $\pm$ 7.5
	干预后	30		75.4 $\pm$ 8.3 *	28.9 $\pm$ 3.4 *	29.1 $\pm$ 5.3 *	53.3 $\pm$ 5.8
			t 值	2.14	2.21	2.48	-0.02
			P 值	0.04	0.04	0.02	0.98
对照组	干预前	30		82.9 $\pm$ 10.5	31.21 $\pm$ 4.0	35.09 $\pm$ 7.6	53.8 $\pm$ 9.3
	干预后	30		83.6 $\pm$ 8.2	31.47 $\pm$ 3.2	36.35 $\pm$ 3.6	53.2 $\pm$ 6.1
			t 值	-0.32	-0.33	-0.88	0.32
			P 值	0.75	0.74	0.39	0.75

注:组间比较,* $P < 0.05$ 。

2.2 两组受试者干预前后健康体适能比较 与干预前比较,运动组干预后背肌力量、仰卧起坐、坐位体前

屈和 1 600 m 跑成绩均提高 (P 值均 <0.05),对照组各指标干预前后差异无统计学意义 (P 值均 >0.05)。组

间比较,干预前各参数比较差异无统计学意义($P>0.05$),干预后运动组背肌力量、仰卧起坐、坐位体前屈和 1 600 m 跑成绩高于对照组(P 值均 <0.05)。见表 2。

表 2 两组受试者干预前后健康体适能的指标比较($\bar{x}\pm s$)

组别	干预前后	人数	统计值	背肌力量/kg	仰卧起坐/次	坐位体前屈/cm	1 600 m 跑/s
运动组	干预前	30		43.9±7.6	21.8±4.2	12.9±3.6	710.5±88.9
	干预后	30		58.7±6.6 *	29.5±4.5 *	19.7±5.0 *	607.2±77.0 *
			t 值	-7.21	-7.69	-7.01	4.83
			P 值	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
对照组	干预前	30		47.2±8.1	23.3±5.6	14.4±3.1	696.9±74.4
	干预后	30		45.6±7.4	22.6±5.0	14.9±3.8	712.0±92.0
			t 值	0.79	0.53	-0.63	-0.62
			P 值	0.45	0.60	0.53	0.54

注:组间比较,* $P<0.05$ 。

2.3 两组受试者干预前后代谢综合征危险因素比较
与干预前比较,运动组干预后 WC、TG、TC 下降(P 值均 <0.05),对照组各指标干预前后差异均无统计学意义(P 值均 >0.05)。组间比较,干预前各参数差异无统计学意义(P 值均 >0.05),干预后运动组 WC、TG、TC 低于对照组(P 值均 <0.05)。见表 3。

表 3 两组受试者干预前后代谢综合征危险因素指标比较($\bar{x}\pm s$)

组别	干预前后	人数	统计值	WC/cm	FBG/ (mg · dL ⁻¹)	TG/ (mg · dL ⁻¹)	TC/ (mg · dL ⁻¹)	LDL-C/ (mg · dL ⁻¹)	HDL-C/ (mg · dL ⁻¹)
运动组	干预前	30		76.5±6.1	95.3±11.2	91.4±10.7	199.7±33.1	71.4±9.1	104.6±32.4
	干预后	30		71.4±6.4 *	92.9±11.5	80.3±8.7 *	175.5±37.2 *	70.8±8.8	109.6±30.0
			t 值	2.89	0.87	4.54	2.71	0.26	0.14
			P 值	<0.01	0.39	<0.01	0.01	0.80	0.89
对照组	干预前	30		75.9±5.7	92.3±10.7	95.0±7.8	192.8±39.8	70.5±8.6	108.4±22.5
	干预后	30		76.8±8.1	93.7±12.9	97.0±6.9	194.7±40.8	73.1±8.7	103.5±31.7
			t 值	-0.49	-0.50	-1.18	-0.17	-1.13	-0.20
			P 值	0.63	0.62	0.25	0.87	0.27	0.85

注:组间比较,* $P<0.05$ 。

3 讨论

身体成分指脂肪组织和非脂肪组织(瘦体重)的含量在体重所占的百分比^[9]。随年龄增长,体重和 PBF 增加而 LBM 下降,身体成分上述变化可引起代谢紊乱甚至代谢综合征^[10]。一项系统综述指出^[11],体力活动水平与 PBF 呈负相关,提示规律运动有助于改善身体成分。本研究组间比较以及组内比较均显示,12 周循环训练能够显著降低肥胖女大学生体重、BMI 和 PBF。前期多项报道证实,有氧运动、高强度间歇运动、抗阻运动均可显著改善肥胖患者身体成分^[12-13],与本研究结果基本一致。然而本研究中 LBM 在运动后并未发生显著变化,与 Liao 等^[14]的研究不同,即老年女性经过 12 周弹力带训练后 LBM 增加。研究结果存在差异可能与受试对象、运动强度、运动方式以及持续时间等因素有关。本研究采用循环训练方式的研究结果表明,其作用在于控制体重并降低脂肪含量,因此可能有助于预防和治疗肥胖症。

本研究还发现,运动组干预后肌肉力量、肌肉耐力、柔韧性和心肺功能均显著改善。Stuart 等^[15]发现,16 周抗阻训练可促进诱导肥胖男性股外侧肌肥大以及力量增加。Sarsan 等^[3]的研究表明,12 周蹬车运动可显著改善肥胖女性心肺耐力(最大摄氧量)。据此推测,本研究采用的训练方案中抗阻训练与有氧运动

方式分别是肌肉功能(肌肉力量、肌肉耐力)和心肺功能改善的主要原因。因此规律运动在增强健康体适能的同时可能有助于改善生活质量。

长期肥胖可导致代谢综合征,包括中心型肥胖(腹型肥胖)、血脂紊乱、高血压、糖尿病以及冠脉疾病^[1]。TG、胆固醇和磷脂是人体的主要脂质成分,运输时以脂蛋白形式存在。脂蛋白可分为 HDL-C 和 LDL-C 等,是冠脉疾病的重要预测因子^[16]。Wagmacker 等^[17]报道,肥胖女性血浆 HDL-C 下降而 LDL-C 升高,12 周有氧运动联合抗阻训练能够显著改善血脂紊乱,即 LDL-C 和 TG 降低、HDL-C 增加。然而在本研究中,运动组 HDL-C 和 LDL-C 含量并未发生显著改变,可能与女性大学生基线血脂水平处于正常范围有关,而在 Wagmacker 等^[16]研究中,纳入的受试对象在干预前已发生血脂紊乱。

本研究选取 6 项指标(WC、FBG、TG、TC、HDL-C 和 LDL-C)作为代谢综合征危险因素并探讨循环训练的干预效果。上述因素中,WG、TG 和 TC 在训练后显著降低。WC 是诊断中心型肥胖最重要的指标,而 TG 和 TC 是脂肪的主要成分。中心型肥胖与心血管疾病密切相关,内脏脂肪增多可导致胰岛素抵抗、血脂紊乱、高血压和冠脉疾病^[18]。Villareal 等^[19]研究指出,肥胖患者参加规律体力活动能够降低 WC 和血浆 TG

水平;Stensvold 等^[20]则发现,8 周有氧间歇运动或抗阻训练均可显著降低肥胖女大学生 WC。本研究结果提示肥胖患者进行循环训练有助于预防心血管疾病和代谢综合征。

4 参考文献

- [1] ENGIN A.The definition and prevalence of obesity and metabolic syndrome[J].Adv Exp Med Biol,2017,960:1-17.DOI:10.1007/978-3-319-48382-5_1.
- [2] SCHWINGSHACKL L,DIAS S,STRASSER B,et al.Impact of different training modalities on anthropometric and metabolic characteristics in overweight/obese subjects;a systematic review and network meta-analysis[J].PLoS One,2013,8(12):e82853.
- [3] SANSAN A,ARDI F,OZGEN M,et al.The effects of aerobic and resistance exercises in obese women[J].Clin Rehabil,2006,20(9):773-782.
- [4] ARENA R,CAHALIN L P.Evaluation of cardiorespiratory fitness and respiratory muscle function in the obese population[J].Prog Cardiovasc Dis,2014,56(4):457-464.
- [5] LEE K J.Effects of a exercise program on body composition,physical fitness and lipid metabolism for middle-aged obese women[J].Taehan Kanho Hakhoe Chi,2005,35(7):1248-1257.
- [6] SEO Y G,NOH H M,KIM S Y.Weight loss effects of circuit training interventions;a systematic review and meta-analysis[J].Obes Rev,2019,20(11):1642-1650.
- [7] 朱文慧,田惠子,张瑞杰,等.体质量指数体脂率腰臀比评价大学生肥胖的差异[J].中国学校卫生,2019,40(11):1703-1705.
- [8] GELLISH R L,GOSLIN B R,OLSON R E,et al.Longitudinal modeling of the relationship between age and maximal heart rate[J].Med Sci Sports Exerc,2007,39(5):822-829.
- [9] MAZZOCOLI G.Body composition;where and when[J].Eur J Radiol,2016,85(8):1456-1460.
- [10] SZIVA A,MeSZáROS Z,KISS K,et al.Longitudinal differences in running endurance and body mass index;a 25-year comparison[J].Acta Physiol Hung,2009,96(3):359-368.

- [11] THEODORAKOPOULOS C,JONES J,BANNERMAN E,et al.Effectiveness of nutritional and exercise interventions to improve body composition and muscle strength or function in sarcopenic obese older adults;a systematic review[J].Nutr Res,2017,43:3-15.DOI:10.1016/j.nutres.2017.05.002.
- [12] WEWEGE M,VAN DEN BERG R,WARD R E,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.
- [13] LIAO C D, TSAUO J Y, WU Y T, et al.Effects of protein supplementation combined with resistance exercise on body composition and physical function in older adults;a systematic review and meta-analysis[J].Am J Clin Nutr,2017,106(4):1078-1091.
- [14] LIAO C D, TSAUO J Y, HUANG S W, et al.Effects of elastic band exercise on lean mass and physical capacity in older women with sarcopenic obesity;a randomized controlled trial[J].Sci Rep,2018,8(1):2317.
- [15] STUART C A, LEE M L, SOUTH M A, et al.Muscle hypertrophy in prediabetic men after 16 wk of resistance training[J].J Appl Physiol,2017,123(4):894-901.
- [16] WILSON P W.Changing cholesterol levels and coronary heart disease risk[J].Circulation,2016,133(3):239-241.
- [17] WAGMACKER D S,PETTO J,FRAGA A S,et al.Metabolic responses to a physical exercise session in women with excess body mass;randomized clinical trial[J].Lipids Health Dis,2017,16(1):249.
- [18] ROSETY I,ELOSEGUI S,PERY M T,et al.Association between abdominal obesity and seminal oxidative damage in adults with metabolic syndrome[J].Rev Med Child,2014,142(6):732-737.
- [19] VILLAREAL D T,MILLER B V,BANKS M,et al.Effect of lifestyle intervention on metabolic coronary heart disease risk factors in obese older adults[J].Am J Clin Nutr,2006,84(6):1317-1323.
- [20] STENSVOLD D,TJØNNA A E,SKAUG E A,et al.Strength training versus aerobic interval training to modify risk factors of metabolic syndrome[J].J Appl Physiol,2010,108(4):804-810.

收稿日期:2019-09-25;修回日期:2019-12-05

(上接第 223 页)

- [13] 宋丽萍,郝菁,蔡晶,等.职业倦怠与抑郁的关系及社会支持的调节作用研究[J].中国全科医学,2018,21(1):93-97.
- [14] 黄浩,李莹怡,邱添,等.社会支持在手机成瘾对妊娠早期孕妇抑郁症状的影响中的调节作用[J].中国卫生统计,2018,35(6):822-824.
- [15] 熊婕,周宗奎,陈武,等.大学生手机成瘾倾向量表的编制[J].中国心理卫生杂志,2012,26(3):222-225.
- [16] 汪向东,王希林,马弘.心理卫生评定量表手册:增订版[M].北京:中国心理卫生杂志社,1999.
- [17] RADLOFF L S.The CES-D Scale;a self-report depression scale for research in the General population[J].Appl Psychol Meas,1977,1(3):385-401.
- [18] 赵建芳,张守臣,杜雨来,等.大学生感觉寻求领悟社会支持与手机成瘾的关系[J].中国学校卫生,2017,38(6):876-878.
- [19] 宋咪,周兢程,马娇,等.军校大学生共情能力与领悟社会支持的相关性[J].中国心理卫生杂志,2019,33(2):149-152.
- [20] 张文悦,郭天蔚,郭卓,等.大学生的抑郁状态及生存质量与人格

- 特质的关系[J].中国心理卫生杂志,2015,29(8):635-640.
- [21] 杨会芹,刘晖,周宁.社会支持在城市流动儿童生活事件与心理健康关系中的调节效应[J].中国临床心理学杂志,2016,24(6):1120-1122.
- [22] SARA T,ANNIKA H,MATS H.Mobile phone use and stress,sleep disturbances,and symptoms of depression among young adults-a prospective cohort study[J].BMC Public Health,2011,11:66.
- [23] LI M,JIANG X,REN Y.Mediator effects of positive emotions on social support and depression among adolescents suffering from mobile phone addiction[J].Psychiatr Danub,2017,29(2):207-213.
- [24] 潘莉莉,姚文兵,孙燕,等.大学生手机依赖与抑郁症状及其社会支持效应修饰作用[J].中国公共卫生,2019,35(7):857-860.
- [25] 苟寿温,黄峥,郭菲,等.青少年网络成瘾与抑郁之间的双向关系[J].中国临床心理学杂志,2013,21(4):613-615.
- [26] 李晓玉,高冬东,杨杰,等.大学生孤独感对抑郁的影响:社会支持与网络成瘾的作用[J].心理研究,2017,10(6):78-85.

收稿日期:2019-09-19;修回日期:2019-11-06