

论著·临床研究

超重/肥胖成年人群运动干预策略及效果评估研究*

黄勤^{1,2}, 邓玮^{1△}

(1. 重庆医科大学附属第二医院全科医学科, 重庆 400010; 2. 重庆市潼南区玉溪中心卫生院, 重庆 402674)

[摘要] **目的** 探讨适合超重/肥胖成年人群减重的运动方式。**方法** 2021 年 3 月 5 日至 9 月 1 日招募超重/肥胖成年志愿者 103 例, 将其分为对照组(饮食控制, 20 例)、高强度间歇运动组(21 例)、中等强度持续运动组(21 例)、抗阻运动组(21 例)、中等强度持续运动组结合抗阻运动组(20 例), 进行为期 12 周的运动干预, 并评价干预效果。**结果** 高强度间歇运动组的胸围、腰围、腰臀比、心率、肺活量指标改善程度显著优于对照组, 差异有统计学意义($P < 0.05$); 中等强度持续运动组结合抗阻运动组的体重、体重指数、臀围、体脂率、坐位体前屈指标改善程度显著优于对照组, 差异有统计学意义($P < 0.05$); 抗阻运动组仰卧起坐指标的改善程度显著优于对照组, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。各组间代谢功能指标的改善程度比较, 差异无统计学意义($P > 0.05$)。**结论** 高强度间歇运动有助于改善中心性肥胖和心肺功能; 中等强度持续运动结合抗阻运动更利于减轻体重、增强柔韧性; 抗阻运动在增强腹部力量方面有更明显的作用。

[关键词] 超重; 肥胖; 中等强度持续运动; 高强度间歇运动; 抗阻运动

DOI: 10.3969/j.issn.1009-5519.2023.04.011 **中图法分类号:** R589.2

文章编号: 1009-5519(2023)04-0585-06

文献标识码: A

Evaluation of exercise intervention strategies and effects in overweight/obese adults*HUANG Qin^{1,2}, DENG Wei^{1△}

(1. Department of General Medicine, the Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400010, China; 2. Chongqing Tongnan District Yuxi Central Health Center, Chongqing 402674, China)

[Abstract] **Objective** To explore the exercise methods suitable for overweight/obese people to lose weight. **Methods** A total of 103 overweight/obese volunteers from 5th March to 1st September 2021 were recruited and divided into control group(diet control, 20 cases), high intensity intermittent exercise group(21 cases), moderate intensity continuous exercise group(21 cases), resistance exercise group(21 cases), and moderate intensity continuous exercise combined with resistance exercise group(20 cases). Exercise intervention lasted for 12 weeks, and the effect of intervention was evaluated. **Results** The improvement of chest circumference, waist circumference, waist-to-hip ratio, heart rate and vital capacity in the high intensity intermittent exercise group was significantly better than that in the control group, with statistical significance($P < 0.05$). The improvement of body weight, body mass index, hip circumference, body fat percentage and sitting forward flexion indexes of the moderate intensity continuous exercise combined with resistance exercise group was significantly better than that of the control group, and the difference was statistically significant($P < 0.05$). The improvement of sit-up index in the resistance exercise group was significantly better than that in the control group, and the difference was statistically significant($P < 0.05$). There was no statistical significance in the improvement of metabolic function indexes among all groups($P > 0.05$). **Conclusion** High intensity intermittent aerobic exercise can improve central obesity and cardiopulmonary function. Moderate intensity continuous exercise combined with resistance exercise is more conducive to weight loss and flexibility. Resistance exercises have a more significant effect on enhancing the abdominal strength.

[Key words] Overweight; Obese; Moderate intensity continuous training; High intensity interval training; Resistance exercise

* 基金项目: 重庆市科技局大健康重点项目(CSTC2021jscx-gksb-N0016); 重庆医科大学附属第二医院宽仁英才项目(kryc-gg-2113); 重庆市体育局项目(C202005); 重庆市科卫联合医学科研项目(2021MSXM094)。

作者简介: 黄勤(1994-), 在职硕士研究生, 主治医师, 主要从事肥胖的预防与治疗工作。△ 通信作者, E-mail: dengwei1176@hospital.cqmu.edu.cn; dengwei1176@163.com。

根据我国标准,超重指体重指数(BMI) ≥ 24 kg/m^2 ,肥胖指 BMI ≥ 28 kg/m^2 [1]。随着社会经济的快速发展和生活方式的巨大改变,我国超重/肥胖患病率呈现快速增长趋势。《中国居民营养与慢性病状况报告(2020年)》指出,我国城乡各年龄组居民超重肥胖率继续上升,超过一半的成年居民超重或肥胖[2]。2017年一项发表于 *British Medicine Journal* 的研究显示,肥胖与11种癌症(乳腺癌、卵巢癌、子宫内膜癌、食管腺癌、贲门癌、胆道癌、肾癌、胰腺癌、结肠癌、直肠癌和多发性骨髓瘤)相关[3];2019年,在中国非传染性疾病相关的死亡病例中,由超重和肥胖导致的占11.1%[4]。综上,超重/肥胖已经成为威胁公众生命健康的重大公共卫生问题,因此,为了减少恶性疾病和死亡风险,超重/肥胖人群亟需减重。

节食和运动已经成为超重/肥胖人群广为接受的减重方式。有氧运动和抗阻运动均是《中国超重/肥胖医学营养治疗指南(2021)》推荐的运动方式。有氧运动通过增加能量消耗、脂肪供能比来减少体内脂肪的蓄积[5]。美国运动医学会(ACSM)根据最大心率(即220-年龄)确定了有氧运动强度标准[6],中等强度持续运动(MICT)所需达到的目标心率 = $(220 - \text{年龄}) \times (64\% \sim 76\%)$ 。高强度间歇运动(HIIT)具有短时间、高强度运动与休息或低强度运动交替进行的特点,高强度运动期与恢复期持续时间均为5s至8min,但运动期目标心率需达到最大心率的80%~95%,恢复期目标心率需达到最大心率的40%~50%[7]。抗阻运动旨在通过增加瘦体重的比例提高代谢率,或增加肌肉力量来增加身体活动[5]。目前已有多个研究比较了 MICT 与 HIIT[8]、HIIT 联合抗阻运动与单纯抗阻运动[9],乃至有氧运动、抗阻运动、联合运动之间的减重效果[10],但尚缺少同时比较 MICT、HIIT、抗阻运动、MICT 联合抗阻运动减重效果的临床研究。本研究选取103例超重/肥胖成年人,进行12周不同策略的运动干预,探索成人超重/肥胖人群的最佳运动干预处方,为制定成人超重/肥胖的防控策略和措施提供科学依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 2021年3月5日至9月1日通过投放海报、微信朋友圈、微信群等方式在重庆市招募103例超重/肥胖常住居民(不限重庆户口)作为研究对象。纳入标准:(1)年龄18~65岁,男女不限;(2) BMI ≥ 24 kg/m^2 ;(3)没有进行过系统性运动训练,且近3个月体重稳定(2kg以内变化),生活习惯久坐少动;(4)没有进行节食减肥;(5)未服用会影响体重的药物,或无相关疾病;(6)有减肥意愿并接受运动治疗。研究前受试者均了解整个研究过程的风险,并自愿签署知情同意书。本研究得到重庆医科大学伦理

委员会审批。入组患者分为对照组20例,HIIT组21例,MICT组21例,抗阻运动组21例,MICT联合抗阻运动组20例。组间患者一般资料比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性。

1.2 方法

1.2.1 干预方法 所有对象在研究期间均保持日常生活习惯不变,饮食均参照限量膳食标准[5]:在目标能量摄入基础上减少能量摄入500~1000 kcal/d(男性为1200~1400 kcal/d,女性为1000~1200 kcal/d,1 kcal = 4.184 kJ),或较推荐摄入量减少1/3总能量,其中碳水化合物占每日总能量的55%~60%,脂肪占每日总能量的25%~30%。HIIT以开合跳、俯卧撑、卷腹、高抬腿为主要的运动方式,首先以80%~90%最大心率持续运动2min,然后以40%~50%最大心率持续运动2min,运动15组,每组间隔4~6min,每周4次。MICT的主要运动方式为快走、慢跑、游泳、跳操等,以50%~70%最大心率持续运动60min,每周4次。抗阻运动采用自由负重、弹力带、弹力绳、哑铃等,每个动作重复10~15次,每个动作3组,每组间隔3min,每周4次。对照组仅干预饮食,不进行运动训练。

1.2.2 观察指标 指标分为身体形态、生理机能和代谢指标的测试三部分。(1)身体形态指标包括身高、体重、BMI、腰围、臀围、腰臀比、体脂率。其中,身高和体重数据使用凯丰智能身高体重测量仪一体机电子秤(型号KF-1638-2)测得,再以体重除以身高的平方得到BMI;腰围和臀围使用无弹性卷尺测量,腰围测量时将卷尺置于肚脐处,并在研究对象平静呼气后进行测量。臀围是将卷尺置于前面的耻骨联合和背后臀大肌最凸处进行测量。以上数据均连续测量2次后取平均值。根据性别计算体脂率[11],男性体脂率(%) = $\text{BMI} \times 1.2 + \text{年龄} \times 0.23 - 16.2$;女性体脂率(%) = $\text{BMI} \times 1.2 + \text{年龄} \times 0.23 - 5.4$ 。(2)生理机能指标包括心率、肺活量、坐位体前屈、仰卧起坐。测试方法依据《2014年全国学生体质健康调研监测细则》要求的仪器和设备进行。为保证上述指标的测量准确性,所有测量项目干预前后均由同一人完成。(3)代谢指标包括总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、糖化血红蛋白(HbA1c),受试者代谢指标的采集及测试均委托重庆医科大学附属第二医院检验科完成,测试仪器为日立7600全自动生化分析仪。血液采集时间为干预前后2次,分别为早晨空腹状态下的肘部静脉血。

1.3 统计学处理 测试数据通过Excel2010汇总后再通过SPSS22.0软件进行统计学处理。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间采用单因素方差分析,组内干预前后

采用配对 t 检验进行假设检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

12 周后, 5 例因故退出, 故总共有 98 例完成研究, 分别为对照组 20 例, HIIT 组 19 例, MICT 组 21 例, 抗阻运动组 20 例, MICT 联合抗阻运动组 18 例。

2.1 5 组身体形态指标比较 干预后, 各组体重、BMI、胸围、腰围、臀围、体脂率、腰臀比较干预前显著改善, 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。其中, MICT 联合抗阻运动组体重、BMI、臀围和体脂率较对照组显著改善, HIIT 组胸围、腰围、腰臀比较对照组显著改善, 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。见表 1。

表 1 5 组身体形态指标比较($\bar{x} \pm s$)

组别	n	体重(kg)	BMI(kg/m ²)	胸围(cm)	腰围(cm)	臀围(cm)	体脂率(%)	腰臀比
对照组								
干预前	20	76.08±12.66	28.25±2.53	98.90±6.43	99.60±8.95	101.45±5.14	31.99±5.26	0.98±0.06
干预后	20	72.78±12.36	27.00±2.39	97.15±6.20	96.80±8.68	100.35±4.83	30.49±5.01	0.96±0.06
差值	20	-3.31±1.11	-1.25±0.42	-1.75±0.94	-2.80±1.25	-1.10±1.22	-1.50±0.51	-0.02±0.02
t	—	12.99	12.88	8.10	9.77	3.93	12.85	4.73
P	—	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
HIIT 组								
干预前	19	78.66±8.77	29.14±3.54	101.89±7.52	102.42±8.36	102.47±6.76	32.34±8.62	0.99±0.04
干预后	19	72.90±7.64	27.01±3.14	96.79±6.88	93.68±6.43	99.79±6.21	29.79±8.44	0.94±0.04
差值	19	-5.76±2.62	-2.12±0.98	-5.11±2.07 ^a	-7.74±3.55 ^a	-2.68±1.49	-2.55±1.17	-0.05±0.03 ^a
t	—	9.35	9.22	10.44	9.24	7.65	9.22	8.00
P	—	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
MICT 组								
干预前	21	77.41±11.10	27.86±2.43	99.71±5.67	99.19±6.88	98.90±5.25	30.26±5.88	1.00±0.05
干预后	21	71.52±9.63	25.76±2.43	96.00±5.42	93.95±6.72	96.48±4.91	27.74±5.80	0.97±0.06
差值	21	-5.89±2.12	-2.10±0.68	-3.71±2.55	-5.24±2.64	-2.43±1.29	-2.53±0.82	-0.03±0.03
t	—	12.40	13.77	6.52	8.89	8.40	13.79	5.10
P	—	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
抗阻运动								
干预前	20	76.81±10.91	27.98±2.22	97.00±5.3	97.95±5.73	98.70±5.16	30.88±6.46	0.99±0.05
干预后	20	72.35±9.89	26.35±1.75	94.90±4.65	92.75±5.60	96.55±4.90	28.93±6.21	0.96±0.04
差值	20	-4.46±1.62	-1.63±0.61	-2.10±1.61	-5.20±1.72	-2.15±1.28	-1.95±0.73	-0.03±0.02
t	—	10.44	10.64	5.69	13.17	7.35	11.67	6.87
P	—	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
MICT 联合抗阻运动组								
干预前	18	78.14±11.83	28.57±3.00	100.33±6.92	99.00±8.88	100.28±6.74	31.00±6.70	0.99±0.05
干预后	18	70.80±9.17	25.92±2.27	96.61±6.26	93.28±9.02	96.89±6.36	27.28±6.86	0.96±0.06
差值	18	-7.34±3.03 ^a	-2.65±0.96 ^a	-3.72±1.66	-5.72±1.99	-3.39±1.42 ^a	-3.18±1.16 ^a	-0.02±0.02
t	—	9.98	11.34	9.24	11.83	9.84	11.34	4.83
P	—	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注: —表示无此项; 与对照组比较, ^a $P < 0.05$ 。

2.2 5 组生理机能指标比较 干预后, 除对照组未显著改善心率($P > 0.05$)外, 其他组心率、肺活量、坐位体前屈、仰卧起坐指标均较干预前显著改善, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。其中, MICT 联合抗阻运动组坐位体前屈指标较对照组显著改善, HIIT 组心肺

功能较对照组显著改善, 抗阻运动组仰卧起坐指标较对照组显著改善, 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。见表 2。

2.3 5 组代谢指标比较 对照组干预后仅 TC、HDL-C 显著改善($P < 0.05$)。其他 4 组干预后, TC、

TG、LDL-C、HDL-C、HbA1c 均较干预前显著改善 ($P < 0.05$), 仅抗阻运动组 HbA1c 虽有下降趋势, 但差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。各组代谢指标的改善比较, 差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。见表 3。

表 2 5 组生理机能指标比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	<i>n</i>	心率(次/分)	肺活量(mL)	坐位体前屈(cm)	仰卧起坐(个/分)
对照组					
干预前	20	87.80±8.93	4 081.70±1 346.57	1.15±4.52	22.45±5.63
干预后	20	86.95±7.49	4 186.45±1 339.17	1.90±4.67	24.20±5.95
差值	20	-0.85±2.73	104.75±94.59	0.75±1.04	1.75±2.28
<i>t</i>	—	1.36	-4.83	-3.13	-3.35
<i>P</i>	—	0.094	<0.001	0.002	<0.001
HIIT 组					
干预前	19	83.05±8.53	4 207.95±1 078.86	1.16±3.87	23.74±5.44
干预后	19	77.79±8.51	4 840.21±1 034.76	8.26±5.52	27.11±4.88
差值	19	-5.26±3.06 ^a	632.26±212.93 ^a	7.11±4.29	3.37±2.03
<i>t</i>	—	7.30	-10.20	-7.03	-7.03
<i>P</i>	—	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
MICT 组					
干预前	21	86.71±7.65	4 203.86±1119.21	1.10±4.77	23.24±5.34
干预后	21	83.76±7.28	4 627.67±984.99	7.14±4.58	27.90±5.10
差值	21	-2.95±2.50	423.81±215.34	6.05±2.06	4.67±1.55
<i>t</i>	—	5.29	-8.80	-13.14	-13.44
<i>P</i>	—	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
抗阻运动组					
干预前	20	83.85±7.60	4 310.90±1 552.80	1.00±3.39	22.35±4.40
干预后	20	80.55±6.32	4 826.20±1 327.38	7.55±5.55	29.65±4.44
差值	20	-3.30±2.65	515.30±336.66	6.55±4.24	7.30±1.79 ^a
<i>t</i>	—	5.43	-6.67	-6.74	-17.76
<i>P</i>	—	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
MICT 联合抗阻运动组					
干预前	18	88.00±6.57	4 308.33±1 213.66	2.44±3.61	23.56±5.06
干预后	18	84.94±5.48	4 775.67±1 052.52	12.39±4.49	30.17±4.74
差值	18	-3.06±2.57	467.33±305.57	9.94±6.24 ^a	6.61±2.26
<i>t</i>	—	4.90	-5.33	-6.57	-12.03
<i>P</i>	—	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注: —表示无此项; 与对照组比较, ^a $P < 0.05$ 。

表 3 5 组代谢指标比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	<i>n</i>	TC(mmol/L)	TG(mmol/L)	LDL-C(mmol/L)	HDL-C(mmol/L)	HbA1c(%)
对照组						
干预前	20	5.17±1.29	2.36±1.26	2.55±1.14	1.42±0.60	5.53±0.51
干预后	20	5.00±1.18	2.30±1.13	2.46±1.04	1.52±0.60	5.42±0.33
差值	20	-0.17±0.21	-0.06±0.20	-0.07±0.39	0.11±0.07	0.11±0.41
<i>t</i>	—	3.52	1.27	0.78	-6.48	-1.19
<i>P</i>	—	<0.001	0.109	0.224	<0.001	0.125
HIIT 组						

续表 3 5 组代谢指标比较($\bar{x} \pm s$)

组别	<i>n</i>	TC(mmol/L)	TG(mmol/L)	LDL-C(mmol/L)	HDL-C(mmol/L)	HbA1c(%)
干预前	19	4.57±1.33	2.01±1.13	2.64±1.51	2.12±1.17	5.67±0.50
干预后	19	4.31±1.25	1.85±0.92	2.42±1.32	2.32±1.10	5.45±0.34
差值	19	-0.27±0.29	-0.16±0.32	-0.22±0.30	0.20±0.21	-0.22±0.31
<i>t</i>	—	3.94	2.14	3.16	-4.05	-2.99
<i>P</i>	—	<0.001	0.023	<0.001	<0.001	0.004
MICT 组						
干预前	21	4.45±1.21	2.03±1.24	3.01±0.94	1.48±0.76	5.60±0.52
干预后	21	4.28±1.15	1.85±1.01	2.85±0.87	1.61±0.61	5.48±0.42
差值	21	-0.16±0.23	-0.18±0.38	-0.16±0.18	0.13±0.22	-0.12±0.29
<i>t</i>	—	3.15	2.14	4.01	-2.55	-1.89
<i>P</i>	—	<0.001	0.023	<0.001	0.009	0.037
抗阻运动						
干预前	20	4.78±1.22	2.50±1.57	2.80±1.49	1.61±0.88	5.49±0.65
干预后	20	4.45±0.88	1.98±0.83	2.73±1.23	1.73±0.88	5.35±0.44
差值	20	-0.33±0.46	-0.52±0.90	-0.07±0.16	0.12±0.19	-0.14±0.37
<i>t</i>	—	3.19	2.50	2.45	-2.69	-1.60
<i>P</i>	—	<0.001	0.011	0.012	0.007	0.062
MICT 联合抗阻运动组						
干预前	18	4.61±1.32	2.42±1.26	3.31±1.21	1.46±0.49	5.55±0.55
干预后	18	4.23±1.11	2.15±0.98	3.01±1.01	1.71±0.63	5.40±0.41
差值	18	-0.38±0.44	-0.28±0.52	-0.30±0.48	0.25±0.37	-0.15±0.21
<i>t</i>	—	3.54	2.21	2.62	-1.55	-3.00
<i>P</i>	—	<0.001	0.021	0.009	0.006	0.004

注:—表示无此项。

3 讨 论

超重/肥胖对人体健康造成的危害已经受得了广泛关注。世界卫生组织(WHO)提倡超重/肥胖人群应定期进行身体活动(儿童每天 60 min,成人每周 150 min)^[12],从而减轻超重/肥胖负担。本研究设计了 MICT、HIIT、抗阻运动、MICT 联合抗阻运动方案,通过对比干预前后及组间身体形态、生理机能、代谢功能指标的变化,探索适合超重/肥胖成年人运动干预策略。

一项纳入 72 项前瞻性研究的 meta 分析研究显示,腰围每增加 10 cm,全因死亡风险增加 11% [风险比(HR) 1.11, 95% 置信区间(95% CI) 1.08 ~ 1.13]^[13],提示减重的同时还要关注腰围的变化。本研究发现,MICT 联合抗阻运动可显著减重和减小腰围,说明其能改善中心性肥胖。这与一项纳入 119 例久坐不动超重和肥胖人群的随机对照研究结果相似^[14]。本研究指出,HIIT 可显著改善心率和肺活量,说明其能改善心肺功能。这与一项纳入 73 例伴冠状动脉疾病超重患者的西班牙随机对照研究结果相似^[15]。运动后心率变缓可能与迷走神经活动增强相

关^[16]。本研究还指出,抗阻运动可以显著增加仰卧起坐,说明其能改善腰腹力量,这与一项纳入 35 例绝经前和绝经后妇女的韩国研究结果相似^[17]。之所以抗阻运动可以显著改善腰腹力量,除了其本身可以增加肌肉量外,还可能是运动增加了白细胞介素-6 水平,促进了肌肉收缩活动^[17]。对照组多个代谢指标干预前后无显著差异,反观各运动组均存在显著差异,这可能是由于肝糖原分解的血糖、脂肪组织脂解和极低密度脂蛋白中 TG 水解所释放的游离脂肪酸、骨骼肌纤维中的肌糖原和肌细胞内 TG 均为运动的内源性能量来源^[18]。各代谢指标在组间均无显著差异,这与一项纳入 8 项临床研究的 meta 分析结果相似^[19]。

此外,本研究也存在一些局限,如每个干预组样本量不足,可能影响分析结果的准确性;以及入组患者年龄不大,心肺功能、柔韧性及代谢功能基线状态普遍较好,因而不能准确地反映运动对其的影响。未来将尝试在年龄层次更丰富、规模更大的人群中开展相关研究。

综上所述,HIIT 有助于改善中心性肥胖和心肺功能;MICT 结合抗阻运动更利于减轻体重、增强柔韧性;

抗阻运动在增强腹部力量方面有更明显的作用。

参考文献

- [1] 中国肥胖问题工作组. 中国成人超重和肥胖症预防与控制指南(节录)[J]. 营养学报, 2004, 26(1):1-4.
- [2] 国家卫生健康委员会. 中国居民营养与慢性病状况报告(2020年)[J]. 营养学报, 2020, 42(6):521.
- [3] KYRGIU M, KALLIALA I, MARKO ZANNES G, et al. Adiposity and cancer at major anatomical sites: Umbrella review of the literature [J]. *BMJ*, 2017, 356:j477.
- [4] PAN X F, WANG L M, PAN A. Epidemiology and determinants of obesity in China[J]. *Lancet Diabetes Endocrinol*, 2021, 9(6):373-392.
- [5] 中国医疗保健国际交流促进会. 中国超重/肥胖医学营养治疗指南(2021)[J/CD]. 中国医学前沿杂志(电子版), 2021, 13(11):1-55.
- [6] CDC. Target heart rate and estimated maximum heart rate[EB/OL]. 2022-03-02[2022-05-01]. <https://www.cdc.gov/physicalactivity/basics/measuring/hearttrate.htm>.
- [7] American College of Sports Medicine. High-intensity-interval-training [EB/OL]. 2022-03-02[2022-05-01]. https://www.acsm.org/docs/default-source/files-for-resource-library/high-intensity-interval-training.pdf?sfvrsn=b0f72be6_2.
- [8] KIM K B, KIM K, KIM C, et al. Effects of exercise on the body composition and lipid profile of individuals with obesity: A systematic review and meta-analysis [J]. *J Obes Metab Syndr*, 2019, 28(4):278-294.
- [9] O'DONOGHUE G, BLAKE C, CUNNINGHAM C, et al. What exercise prescription is optimal to improve body composition and cardiorespiratory fitness in adults living with obesity? A network meta-analysis [J]. *Obes Rev*, 2021, 22(2):e13137.
- [10] SCHROEDER E C, FRANKE W D, SHARP R L, et al. Comparative effectiveness of aerobic, resistance, and combined training on cardiovascular disease risk factors: A randomized controlled trial [J]. *PLoS One*, 2019, 14(1):e0210292.
- [11] DEURENBERG-YAP M, SCHMIDT G, VAN STAVEREN W A, et al. The paradox of low body mass index and high body fat percentage among Chinese, Malays and Indians in Singapore [J]. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 2000, 24(8):1011-1017.
- [12] WHO. Obesity and overweight [EB/OL]. 2022-03-02[2022-05-01]. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>.
- [13] JAYEDI A, SOLTANI S, ZARGAR M S, et al. Central fatness and risk of all cause mortality: Systematic review and dose-response meta-analysis of 72 prospective cohort studies [J]. *BMJ*, 2020, 370:m3324.
- [14] SOJUNG L, YOON K, JENNIFER L. What is the role of resistance exercise in improving the cardiometabolic health of adolescents with obesity [J]. *J Obes Metab Syndr*, 2019, 28(2):76-91.
- [15] VILLELABEITIA-JAUREGUIZAR K, VICENTE-CAMPOS D, SENEN A B, et al. Effects of high-intensity interval versus continuous exercise training on post-exercise heart rate recovery in coronary heart-disease patients [J]. *Int J Cardiol*, 2017, 244:17-23.
- [16] BAGGISH A L, WOOD M J. Athlete's heart and cardiovascular care of the athlete: Scientific and clinical update [J]. *Circulation*, 2011, 123(23):2723-2735.
- [17] PARK K M, PARK S C, KANG S. Effects of resistance exercise on adipokine factors and body composition in pre-and postmenopausal women [J]. *J Exerc Rehabil*, 2019, 15(5):676-682.
- [18] MUSCELLA A, STEFÀNO E, LUNETTI P, et al. The regulation of fat metabolism during aerobic exercise [J]. *Biomolecules*, 2020, 10(12):1699.
- [19] NERY C, MORAES S R A, NOVAES K A, et al. Effectiveness of resistance exercise compared to aerobic exercise without insulin therapy in patients with type 2 diabetes mellitus: A meta-analysis [J]. *Braz J Phys Ther*, 2017, 21(6):400-415.

(收稿日期:2022-05-22 修回日期:2022-12-22)