DOI: 10.16835/j.cnki.1000-9817.2025339

· 健康教育与健康促进 ·

超重肥胖女大学生综合干预减肥效果评价

鲁鑫[1,2,3], 李毅[1], 杨勇[4]

1.西南大学教育学部, 重庆 400700; 2.重庆水利电力职业技术学院通识教育学院;
3.重庆水利电力职业技术学院科学运动与健康促进科研平台; 4.广西医科大学团委

【摘要】 目的 探讨能量限制(CR)、身体活动(PA)、行为疗法(BT)结合呼吸训练(BE)、功能动作纠正训练(FMCT)的综合干预模式(CPBBF)对超重肥胖女大学生减肥效果, 为高校学生科学减肥提供参考依据。**方法** 2022 年 3—5 月, 招募重庆水利电力职业技术学院 46 名超重肥胖女大学生, 随机分为试验组(24 名)和对照组(22 名)。对照组接受 CR(禁止随意加餐)、PA[第 1 周, 高强度间歇训练(HIIT) 30 s 与 1~5 min 的中等强度持续训练(MICT)交替 4 组, 时长 15~20 min。第 2 周开始, HIIT 和 MICT 各 3 min 交替 5 组, 时长 30 min; 每周 4 次, 每次 70 min]及 BT(每次 60~90 min, 每周 3 次); 试验组在此基础上融入 FMCT(每次集中训练 10~15 min, 融入 PA 及日常生活)和 BE(提倡在生活及低强度训练中逐步过渡至正确呼吸方法, 每天 5 次, 每次 10 min)。在干预前(T0)、12 周的干预期(T1)和 1 年观察期(T2)分别测量两组体内氧气水平测试(BOLT)值、功能动作筛查(FMS)评分、体育锻炼态度评分及身体形态指标, 通过广义估计方程分析组间差异, 采用混合效应模型分析探讨变量间的预测关系。**结果** 广义估计方程结果显示, 女大学生的 BOLT 值、FMS 评分与体育锻炼态度的时间主效应均有统计学意义($Wald\chi^2$ 值分别为 18.75, 14.89, 12.45); 进一步组内比较显示, 试验组女大学生 T1、T2 时 BOLT 值、FMS 评分与体育锻炼态度较 T0 时均升高, 对照组仅在 T1 时出现升高(P 值均<0.05)。上述 3 项指标的组别主效应亦均有统计学意义($Wald\chi^2$ 值分别为 6.33, 5.21, 4.88), BOLT 值与 FMS 评分的时间与组别交互作用均有统计学意义($Wald\chi^2$ 值分别为 4.56, 3.97)(P 值均<0.05)。女大学生的体重、体质量指数(BMI)和体脂率(BFR)的时间主效应均有统计学意义($Wald\chi^2$ 值分别为 44.27, 13.90, 82.33); 进一步组内比较显示, 试验组女大学生 T1 和 T2 时体重、BMI 和 BFR 相较 T0 时均降低, 对照组上述指标仅在 T1 时降低(P 值均<0.05)。体重和 BFR 的组别主效应均有统计学意义($Wald\chi^2$ 值分别为 4.11, 6.46), BFR 的时间与组别交互作用有统计学意义($Wald\chi^2=8.73$)(P 值均<0.05)。混合效应模型分析结果显示, BOLT($\beta=1.52$)和 FMS($\beta=1.81$)均可正向预测体育锻炼态度, 体育锻炼态度对体重、BMI、BFR 的负向预测均有统计学意义(β 值分别为-0.08, -0.03, -0.03)(P 值均<0.01)。**结论** "CPBBF"综合干预通过调节能量补偿机制有效维持减肥效果, 研究结果具有较强稳健性。

【关键词】 超重; 肥胖症; 干预性研究; 学生; 女(雌)性

【中图分类号】 R 179 R 723.14 G 479 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-9817(2025)11-1569-05

Evaluation of the weight loss effect of a comprehensive intervention among overweight and obese female college students

LU Xin*, LI Yi, YANG Yong

* *Faculty of Education, Southwest University, Chongqing* 400700, *China*

【Abstract】 Objective To investigate the weight loss effect of a comprehensive intervention model combining caloric restriction (CR), physical activity (PA), behavioral therapy (BT), breathing exercise (BE), and functional movement corrective training (FMCT)-referred to as the "CPBBF" model in overweight and obese female college students, so as to provide a reference for scientific weight loss interventions for college students. **Methods** From March to May 2022, 46 overweight and obese female college students from Chongqing Water Resources and Electric Engineering College were recruited and randomly divided into an experimental group (24 participants) and a control group (22 participants). The control group received CR (prohibiting ad libitum snacking), PA in the first week, high-intensity interval training (HIIT) for 30 s, and moderate-intensity continuous training (MICT) for 1-5 min alternate 4 sets, duration 15-20 min. From the second week, adjust to HIIT and MICT alternating 3 min each for 5 sets, totaling 30 min, 4 times/week, 70 min/time and BT (60-90 min/session, 3 times/week). The experimental group incorporated FMCT

【基金项目】 重庆市教委科学技术研究计划重点项目(KJZD-K202503803); 重庆市教育科学"十四五"规划教学改革研究专项课题项目(K23ZG3170168); 西南大学 2022 年度中央高校基本科研业务费专项资金项目(SWU220921)

【作者简介】 鲁鑫(1983-), 男, 重庆万盛人, 副教授, 在读博士, 主要研究方向为体卫融合与健康促进。

【通信作者】 李毅, E-mail: 43026621@qq.com

(10-15 min of focused training per session, integrated with PA and daily life) and BE (advocating a gradual transition to proper breathing methods in daily life and low-intensity training, 5 sessions/day, 10 min each). Body oxygen level test (BOLT), Functional Movement Screen (FMS), sports exercise attitude, and body composition indicators were measured at baseline (T0), after 12 weeks of intervention (T1), and after one year of follow-up (T2). The differences were analyzed between groups through generalized estimation equations, and mixed effect model analysis was employed to explore predictive relationships among variables. **Results** The results of the generalized estimation equation showed that time main effects of BOLT values, FMS scores, and exercise attitude among female college students were statistically significant ($Wald\chi^2$ = 18.75, 14.89, 12.45, all P<0.01); further intragroup comparisons revealed that BOLT, functional motor screening (FMS) scores, and physical exercise attitudeof female college students in the experimental group increased compared to T0, while the control group only showed an increase at T1 (all P<0.05). The group main effects for the aforementioned three indicators were statistically significant ($Wald\chi^2$ = 6.33, 5.21, 4.88), and the time-by-group interactions of BOLT values and FMS scores were also statistically significant ($Wald\chi^2$ = 4.56, 3.97) (all P<0.05). The time main effects of body weight, body mass index (BMI), and body fat ratio(BFR) in female college students were statistically significant ($Wald\chi^2$ = 44.27, 13.90, 82.33); further intragroup comparisons revealed that the experimental group of female college students showed a decrease in body weight, BMI and BFR at T1 and T2 compared to T0, while the control group only showed a decrease in these indicators at T1 (all P<0.05). The group main effects of weight and BFR were statistically significant ($Wald\chi^2$ = 4.11, 6.46), and the time-by-group interaction of BFR was statistically significant ($Wald\chi^2$ = 8.73) (all P<0.05).The results of mixed effect model analysis showed that BOLT (β = 1.52) and FMS (β = 1.81) could both positively predict physical exercise attitude, and physical exercise attitude had statistically significant negative predictive effects on weight, BMI, and BFR (β = -0.08, -0.03, -0.03) (all P<0.01). **Conclusion** The "CPBBF" comprehensive intervention effectively maintains weight loss effects by modulating the energy compensation mechanism with strong robustness.

【**Keywords**】 Overweight; Obesity; Intervention studies; Students; Female

我国是全球超重肥胖人口最多的国家[1-2],尽管能量限制(calorie resriction,CR)、身体活动(physical activity,PA)及行为疗法(behavior therapy,BT)等传统“三基石”干预[3]对减肥有效,但仅不足 20%的减肥成功者能在 1 年后达到体重较基线减少 10%以上[4]。能量补偿(energy compensation,EC)是导致体重反弹的核心原因,其通过增加食欲、降低代谢成本和适应性产能等机制,在不受意志控制的情况下阻止体重减轻,并试图恢复基线水平体重和脂肪储备,以避免能量负平衡[5]。虽然,CR 与 PA 可在一定程度上调节 EC,然而多数人在减肥成功后依从性下降,可能与他们的饮食习惯、PA 产生的疲劳感和能量摄入反馈调节等因素有关[6]。研究发现,呼吸训练(breathing exercise,BE)可改善运动耐力并调节食欲控制[7],功能动作纠正训练(functional movement corrective training,FMCT)可增强关节功能,改善动作模式[8],从而提高干预体验感,为提升 CR 与 PA 依从性提供新路径。

基于此,本研究在传统 CR、PA 和 BT 方案的基础上,加入 BE 和 FMCT,构建“CPBBF”综合干预模式,并探讨该模式对 EC 的调节效果及其对身体功能、干预体验和身体形态指标的影响,为高校学生的科学减肥提供参考依据。

1 对象与方法

1.1 对象 2022 年 3—5 月,招募重庆水利电力职业技术学院非体育专业超重肥胖女大学生 50 名,开展集中干预,观察期至 2023 年 5 月结束。研究包括 12 周干预期和 1 年观察期,采用随机数字表法将被试分为试验组和对照组(各 25 名),分别在干预前(T0)、干预期后(T1)及观察期结束(T2)采集数据。干预期间试验组失访 1 名,对照组失访 3 名,最终两组完成者分别为 24 和 22 名。数据分析采用意向性分析(intention-to-treat,ITT)和符合方案分析(per protocol,PP,排除失访样本),体重、年龄、体质量指数(body mass index,BMI)、体脂率(body fat ratio,BFR)组间差异无统计学意义(t 值分别为 0.06,0.53,0.51,0.41,P 值均>0.05)。

纳入标准:(1)BMI≥24 kg/m^2 且 BFR>25%[1];(2)体育活动准备问卷(Physical Activity Readiness-Questionnaire,PAR-Q)[9]筛查合格,该问卷用于运动负荷试验或健身运动前对身体健康状况作评价,以发现体力活动禁忌症,问卷灵敏度近 100%,发现不宜运动的特异性接近 80%;(3)无遗传病、心血管疾病及精神障碍史;(4)无饮酒及减肥药物使用史;(5)签署知情同意书。研究通过广西医科大学伦理委员会伦理审查(批号:KY0157)。

1.2 干预方案 2022 年 3—5 月,干预由教师指导 3 名经培训的体育专业学生实施,每次 60~90 min,每周 4 次;五一假期,学生按干预方案严格执行,未出现脱离干预情况。(1)CR。合理搭配七大必需营养素,脂肪、蛋白质、碳水化合物供能比分别为 20%~30%,

10%～20%和 50%～65%[10]。初期为团队统一就餐并指导,后转为个性化自主管理,需上传餐食照片及电子秤测量数据。依据 Singapore 公式计算基础代谢率[12.6×体重(kg)+468.2],结合运动手环监测(该手环经过验证,准确度有保证),确保每日摄入能量比消耗少 500 kcal(1 kcal=4.18 kJ)[10]。禁止随意加餐,若需加餐应经干预团队同意。(2)PA。结合中等强度持续训练(moderate intensity continuous training, MICT)与高强度间歇训练(high intensity interval training, HIIT),预测最大心率(maximum heart rate, HRmax)(HRmax = 210−0.66×年龄)[11]。包含有氧、自重和轻器械抗阻训练等。第 1 周适应性训练,HIIT 30 s(80%～90% HRmax)与 1～5 min 的 MICT(40%～60%HRmax)交替 4 组,时长 15～20 min。第 2 周开始,调整为 HIIT 和 MICT 各 3 min 交替 5 组,时长 30 min[10],每周 4 次。运动处方根据个体反馈分类调整,心率由运动手环监测。(3)BT。通过前 3 次干预时作 BT 专题教育,以及后续干预时作适当示范、讲解,并在干预过程中适时融入,系统介绍了超重肥胖的成因及危害,纠正久坐、暴饮暴食等不良行为[3]。(4)FMCT[12]。基于功能动作筛查(functional movement screen, FMS)评分,采用 0～3 分四个等级评分,优先针对得分较低的动作开展肌筋膜松解、拉伸、激活训练,旨在改善动作模式,保障运动安全和效果。每次集中训练 10～15 min,并融入 PA 及日常生活。(5)BE[7]。提倡在生活及低强度训练中逐步过渡至正确呼吸方法,每天 5 次,每次 10 min。MICT 和 HIIT 时保持正常呼吸,间歇和结束时进行呼吸恢复训练。运动中血氧饱和度(peripheral oxygen saturation, SpO_2)短暂下降至约 85%,间歇和结束时迅速恢复至 95%～99%,由运动手环监测。在对照组实施 CR、PA、BT 干预基础上,试验组增加 BE 和 FMCT,形成了“CPBBF”综合干预模型。

1.3　评价指标

1.3.1　身体功能指标　(1)体内氧气水平测试(body oxygen level test, BOLT)[13]:BOLT 评分反映了身体对 CO_2 和内稳态障碍的敏感性,提供了有关功能性呼吸和运动耐受性的反馈[14]。由干预团队负责人在学校训练场对受试者测量,即受试者从屏息后到首次想呼吸的时间长度(s)。BOLT<10 s 提示呼吸功能弱、模式紊乱,<20 s 时,做 MICT、HIIT 时会剧烈气喘,>20 s 提示呼吸功能正常,>40 s 为优秀[7,13,15]。(2)FMS:涵盖 7 项基础动作筛查,包括深蹲、跨栏步、前后分腿蹲、肩关节灵活性、主动直腿上抬、躯干稳定俯卧撑和旋转稳定性,每个动作的评分范围为 0～3 分,其中 0 分表示出现疼痛,1 分表示无法完成动作,2 分表示动作完成但质量不高,3 分表示高质量完成。总分范围 0～21 分,<14 分提示运动功能障碍。

1.3.2　体育锻炼态度　采用体育锻炼态度量表[16]评价,包括 8 项(行为态度、目标态度、行为认知、行为习惯、行为意向、情感体验、行为控制感、主观标准)共 70 题,各题项评分 1～5 分,总分 70～350 分,得分越高表示锻炼态度越积极。该量表 Cronbach α 系数为 0.95。

1.3.3　身体形态指标　通过 GS6.5B 型人体成分分析仪测量体重、BMI、BFR,被试保持安静、直立、呼吸均匀、手脚接触点压力尽量一致,重复 2 次取平均值,结果精确至小数点后 2 位。

1.4　质量控制

采用末次观测值结转法(last observation carried forward, LOCF)处理失访数据,确保结果稳健性。试验组签订保密协议,避免组间干扰。观察期通过微信群及邮箱收集生活方式及运动信息,保证信息的完整性和准确性。

1.5　统计学分析

所有计量资料先进行正态性检验,均符合正态分布,以($\bar{x}\pm s$)表示。数据采用 Excel 整理,IBM SPSS Statistics 28.0 软件进行广义估计方程(generalized estimating equations, GEE)分析组间差异、时间变化趋势及其交互作用。采用混合效应模型分析 BOLT、FMS 对体育锻炼态度的预测作用,以及体育锻炼态度分别对体重、BMI 和 BFR 的预测作用。以 PP 分析验证结果的稳健性。检验水准 $\alpha=0.05$。

2　结果

2.1　超重肥胖女大学生主要指标的时间变化趋势

经 GEE 分析,超重肥胖女大学生 BOLT 值、FMS 评分和体育锻炼态度的时间主效应均有统计学意义(*Wald* χ^2 值分别为 18.75, 14.89, 12.45, *P* 值均<0.01);进一步组内比较显示,试验组 BOLT 值、FMS 评分与体育锻炼态度在 T1、T2 时刻较 T0 均升高,对照组仅在 T1 时刻出现升高(*P* 值均<0.05)。3 项指标组间差异均有统计学意义(*Wald* χ^2 值分别为 6.33, 5.21, 4.88, *P* 值均<0.05)。时间与组别交互作用分析结果显示,BOLT 值与 FMS 评分的交互作用有统计学意义(*Wald* χ^2 值分别为 4.56, 3.97, *P* 值均<0.05)。体重、BMI 与 BFR 方面,时间主效应均有统计学意义(*Wald* χ^2 值分别为 44.27, 13.90, 82.33, *P* 值均<0.01);进一步组内比较显示,试验组在 T1 和 T2 时相较 T0 均降低,对照组仅 T1 时出现降低(*P* 值均<0.01)。组间差异中,体重和 BFR 有统计学意义(*Wald* χ^2 值分别为 4.11, 6.46, *P* 值均<0.05)。时间和组别交互作用分析结果表明,只有 BFR 的交互作用有统计学意义(*Wald* χ^2 = 8.73, *P*<0.01)。见表 1。

表 1 超重肥胖女大学生身体功能、体育锻炼态度和身体形态指标的 GEE 分析($\bar{x}\pm s$)

Table 1 GEE analysis of physical function, physical exercise attitude and body shape indicators among overweight and obese female college students($\bar{x}\pm s$)

组别	干预时间	BOLT/s	FMS	体育锻炼态度	体重/kg	BMI/(kg·m^{-2})	BFR/%
试验组	T0	15.47±4.90	13.03±3.93	196.56±18.82	72.40±4.48	28.50±3.30	37.27±2.43
(n=24)	T1	22.68±5.95**	17.06±2.82**	230.69±19.73**	64.25±3.89**	25.28±3.72**	29.02±3.48**
	T2	24.23±7.57**	16.75±2.64**	213.78±23.12**	67.00±4.54**	25.90±5.12**	29.59±4.13**
对照组	T0	15.22±5.74	13.32±3.79	198.30±13.87	72.55±3.17	29.62±2.45	37.18±2.51
(n=22)	T1	17.47±5.01*	15.08±3.31*	212.88±18.04**	65.82±3.58**	25.56±2.68**	29.34±3.02**
	T2	16.62±3.97	13.36±3.27	201.41±15.24	69.86±4.13	28.67±2.68	34.30±3.94

注:与 T0 比较,* P<0.05,** P<0.01。

2.2 基于 ITT 与 PP 分析的稳健性检验 ITT 纳入所有随机化样本(试验组 25 名,对照组 25 名),结果显示试验组在体重、BFR 及 BOLT 等指标上优于对照组(P 值均<0.05),且时间主效应及交互作用趋势一致。PP 分析剔除失访样本(试验组 1 名,对照组 3 名)后,发现 BFR 的交互作用进一步增强(P<0.01),其余指标结果与 ITT 一致。表明失访未对研究结论产生实质性影响,结果具有较高可信度。

2.3 超重肥胖女大学生干预后体育锻炼态度混合效应模型分析 以 BOLT 和 FMS 为自变量,体育锻炼态度为因变量进行混合效应模型分析,结果显示,BOLT 与 FMS 均为体育锻炼态度的正向预测因子(β 值分别为 1.52,1.81),组别与时间的交互效应有统计学意义(β=10.56)(P 值均<0.05)。以体育锻炼态度为自变量,体重、BMI 和 BFR 为因变量进行分析,模型进一步证实,体育锻炼态度对体重、BMI 和 BFR 均有负向预测作用(β 值分别为-0.08,-0.03,-0.03);在身体指标的模型中,组别与时间的交互效应亦有统计学意义(β 值分别为-2.10,-0.75,-0.88)(P 值均<0.05)。

3 讨论

本研究结果表明,通过 BE 有助于促进 CR 的持续执行,进而有效调节 EC 机制,更好地维持减肥效果。EC 的增加食欲机制指出,减肥期间食欲增加,饥饿感增强,饱腹感下降,若长期 CR 容易激活身体防御机制,促进脂肪储存并增加对高能量食物的偏好,给减肥带来挑战[11,17]。然而,本研究试验组在饮食控制基础上加入呼吸训练,显著提升 BOLT 值,表明呼吸训练可减少每日呼吸量,控制食欲和进食速度,增加饮水频率[7]。这一变化不仅提升了超重肥胖女大学生锻炼态度,也有效维持了 T2 时的体重控制,支持呼吸训练在 CR 调节 EC 机制中的积极作用,为长期体重管理提供了新的视角和方法。

此外,BE 与 FMCT 的结合,有助于促进 PA 的坚持,进一步调节 EC 机制,实现减肥效果的巩固。EC 的适应性产能机制指出,PA 诱导的适应性产热通常低于预期,导致减肥效果有限[7,17]。超重肥胖人群在运动中更易出现气喘和呼吸功能降低的情况,影响运动表现及能量消耗[18]。本研究通过综合应用 BE 与 FMCT,优化了被试的呼吸模式与运动效能,促进了日常能量的持续消耗,提升了被试体育锻炼态度,形成持续运动的良好习惯,从而有效调节 EC 机制,防止体重反弹。此结果印证了相关研究关于 BE 对改善呼吸肌功能、提高 CO_2 耐受度及缓解运动呼吸困难的观点[7, 15,19]。

此外,日常良好的 BT 可以促进每日总能量消耗的提升,进一步支持了 EC 机制的调节及减肥效果的维持。EC 的降低代谢成本机制指出,伴随能量成本下降,每日总能量消耗降低[8],提示仅靠集中干预难以长期维持减重效果,日常行为的自律性和持久性尤为关键[8,20]。本研究结果印证了刘正国等[21]的观点,试验组通过综合干预,不仅在生理上实现能量消耗优化,心理层面的积极变化也显著。试验组通过“CPBBF”综合干预显著提升体育锻炼态度,促进了锻炼行为的积极改变,形成良性循环,调节了 EC 机制,有效避免了体重反弹,验证了多维度行为干预优于单一干预的效果[21-22]。对照组因缺乏系统支持,锻炼态度和行为改善不足,减肥效果不稳定。

本研究仍存在一些局限性,如研究样本量较少且全部为女大学生,在一定程度上限制了结论的普适性;未来应扩大样本量,涵盖不同年龄和职业群体,并关注依从性等影响因素,以进一步验证“CPBBF”干预模式的广泛应用价值。

利益冲突声明 所有作者声明无利益冲突。

参考文献

[1] 中国营养学会肥胖防控分会,中国营养学会临床营养分会,中华预防医学会行为健康分会,等. 中国居民肥胖防治专家共识[J]. 西安交通大学学报(医学版), 2022,43(4):619-631.
Chinese Nutrition Society Obesity Prevention Control Section, Chinese Nutrition Society Clinical Nutrition Section, Chinese Preventive Medicine Association Behavioral Health Section, et al. Expert consensus on obesity prevention and treatment in China[J]. J Xi'an Jiaotong Univ

(Med Sci), 2022, 43(4):619-631.(in Chinese)

[2] 中华人民共和国国家卫生健康委员会办公厅,中华人民共和国教育部办公厅,国家市场监管总局办公厅,等.关于印发儿童青少年肥胖防控实施方案的通知[EB/OL].(2020-10-16)[2025-04-16].https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-10/24/content_5553848.htm.

[3] JENSEN M D, RYAN D H, APOVIAN C M, et al. 2013 AHA/ACC/TOS guideline for the management of overweight and obesity in adults: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines and the Obesity Society [J]. Circulation, 2014, 129(25 Suppl 2): S102-S138.

[4] NORDMO M, DANIELSEN Y S, NORDMO M. The challenge of keeping it off, a descriptive systematic review of high-quality, follow-up studies of obesity treatments [J]. Obes Rev, 2020, 21(1): e12949.

[5] CAREAU V, HALSEY L G, PONTZER H, et al. Energy compensation and adiposity in humans[J]. Curr Biol, 2021, 31(20): 4659-4666.

[6] HALL K D, GUO J. Obesity energetics: body weight regulation and the effects of diet composition[J]. Gastroenterology, 2017, 152(7): 1718-1727.

[7] PATRICK M.学会呼吸[M].李相哲,胡萍,译. 北京:中国友谊出版公司,2019.
PATRICK M. The oxygen advantage[M]. LI X Z, HU P, translated. Beijing: China Friendship Publishing Company, 2019.(in Chinese)

[8] GRAY C, LEE B, KYLE K, 等. 动作:功能性动作系统:筛查、评估与纠正策略[M].周维金,丁宇,钟镝贤,译.北京:北京科学技术出版社,2021:361-373.
GRAY C, LEE B, KYLE K, et al. Action: functional action system: screening, evaluation, and correction strategies[M]. ZHOU W J, DING Y, ZHONG D X, translated. Beijing: Beijing Science and Technology Press, 2021:361-373.(in Chinese)

[9] 王正珍, 田野. 运动负荷试验和健身锻炼前的危险评价及防范措施:美国运动医学学会关于健身活动中的健康监测及危险分层的应用[J]. 中国运动医学杂志, 2005, 24(3):374-377.
WANG Z Z, TIAN Y. Risk assessment and preventive measures before exercise load test and fitness exercise: application of health monitoring and risk stratification in fitness activities by American Sports Medicine Association[J]. Chin J Phys Med, 2005, 24(3):374-377.(in Chinese)

[10] 美国运动医学学会.ACSM 运动测试与运动处方指南[M].10 版.王正珍,译.北京:北京体育大学出版社,2019:276.
The American Society of Sports Medicine. ACSM exercise testing and exercise prescription guidelines[M]. 10 th. WANG Z Z, translated. Beijing: Beijing Sport University Press, 2019:276.(in Chinese)

[11] 王军利, 张冰. 基于年龄预测我国大学生最大心率的有效性研究[J]. 中国运动医学杂志, 2017, 36(8):693-699.
WANG J L, ZHANG B. The validity of predicting the maximum heart rate of college students in China from age[J]. Chin J Phys Med, 2017, 36(8):693-699.(in Chinese)

[12] MICHAEL A C, SCOTT C L, BRAIN G S. NASM-CES 美国国家运动医学学会纠正性训练指南[M].王雄,译.北京:人民邮电出版社,2019:204-407.
MICHAEL A C, SCOTT C L, BRAIN G S. NASM-CES the National Association of Sports Medicine of US corrective training guidelines [M]. WANG X, translated. Beijing: People's Posts and Telecommunications Press, 2019:204-407.(in Chinese)

[13] KOWALSKI T, REBIS K, WILK A, et al. Body oxygen level test (BOLT) is not associated with exercise performance in highly-trained individuals[J]. Front Physiol, 2024, 15:1430837.

[14] MCKEOMCKEOWN P. The breathing cure: exercises to develop new breathing habits for a healthier, happier and longer life[M].Go Galway: Oxyat Books, 2021.

[15] 鲁鑫, 谢波. 功能性高强度间歇训练结合呼吸饮食对肥胖大学生的干预效果[J]. 中国学校卫生, 2021, 42(4):569-573.
LU X, XIE B. Effect of functional high-intensity interval training combined with inhalation dietary intervention on obese college students[J]. Chin J Sch Health, 2021, 42(4):569-573.(in Chinese)

[16] 应华, 金晶, 蔡九琦. 大学生体育锻炼态度的多维度解析:基于《体育锻炼态度量表》文献统计[J]. 浙江体育科学, 2020, 42(2):94-100.
YING H, JIN J, CAI J Q. Multidimensional analysis of college students attitude to physical exercise: document statistics based on Attitude Scale for Physical Exercise[J]. Zhejiang Sport Sci, 2020, 42(2):94-100.(in Chinese)

[17] SPARK L C, FJELDSOE B S, EAKIN E G, et al. Efficacy of a text message-delivered extended contact intervention on maintenance of weight loss, physical activity, and dietary behavior change[J]. JMIR Mhealth Uhealth, 2015, 3(3):e88.

[18] GONTIJO P L, LIMA T P, COSTA T R, et al. Correlation of spirometry with the six-minute walk test in eutrophic and obese individuals [J]. Rev Assoc Med Bras, 2011, 57(4):380-386.

[19] GETHING A D, WILLIAMS M, DAVIES B. Inspiratory resistive loading improves cycling capacity: a placebo controlled trial[J]. Br J Sports Med, 2004, 38(6):730-736.

[20] 郭文, 邵文珍, 郭吟, 等. HAES 干预对肥胖青少年进食障碍倾向和体育锻炼行为的影响:体重自我污名的中介作用[J]. 体育学刊, 2024, 31(5):62-67.
GUO W, SHAO W Z, GUO Y, et al. Effect of HAES intervention on obese adolescents' eating disorder tendency and physical exercise behavior: the mediating effect of weight self-stigma[J]. J Phys Educ, 2024, 31(5):62-67.(in Chinese)

[21] 刘正国, 李莉. 大学生体育锻炼态度对其锻炼行为影响的预测[J]. 首都体育学院学报, 2011, 23(6):563-567.
LIU Z G, LI L. The prediction on exercise behavior of college student's exercise attitude[J]. J Cap Inst Phys Educ, 2011, 23(6):563-567.(in Chinese)

[22] RUDOLPH A, HILBERT A. Post-operative behavioural management in bariatric surgery: a systematic review and Meta-analysis of randomized controlled trials[J]. Obes Rev, 2013, 14(4):292-302.

收稿日期:2025-05-30　**修回日期**:2025-08-25　**本文编辑**:孙曼莉