DOI: 10.16835/j.cnki.1000-9817.2025355

· 健康教育与健康促进 ·

高强度间歇训练对肥胖抑郁症状共存大学生糖代谢皮质醇和睡眠质量的影响

刘昭志[1],陆玉坤[1,2],李岚[1],郭明坤[1],张志伟[1],徐阔[1],林泳霞[1],许雄壮[1],蓝功旭[3],彭莉[1]

1.西南大学体育学院, 重庆 400715;2.新疆和田学院体育学院;3.北京邮电大学体育部

【摘要】 **目的** 探讨高强度间歇训练(HIIT)对肥胖抑郁症状共存大学生糖代谢、皮质醇(Cor)和睡眠质量的干预效果,为改善肥胖抑郁症状共存大学生的睡眠质量提供参考。**方法** 2023 年 3 月,招募 45 名肥胖与抑郁症状共存大学生,采用随机数字表法随机分为运动组(23 名)和对照组(22 名)。运动组进行 12 周,每周 3 次的 HIIT 干预,对照组进行安静对照。干预前、后观察受试者血清空腹胰岛素(FINS)、空腹血糖(FBG)、胰岛素抵抗指数(HOMA-IR)、Cor 和匹兹堡睡眠质量指数(PSQI)变化。统计学分析采用 t 检验、重复测量方差分析、简单效应分析。**结果** 重复测量方差分析结果显示,干预前后运动组与对照组大学生身体成分(体重、体质量指数、体脂率、脂肪量、腰臀比)、抑郁症状、PSQI 得分及其他子维度(主观睡眠质量得分、入睡时间、睡眠效率、睡眠障碍得分、日间功能障碍得分)、FBG、FINS、HOMA-IR 的时间×组别交互效应均有统计意义(F=7.10~53.38,P 值均<0.05);简单效应分析结果显示,相较于对照组,运动组在身体成分(体质量指数、脂肪量、腰臀比)、抑郁症状、PSQI 得分及其他子维度(主观睡眠质量得分、入睡时间、睡眠效率、睡眠障碍得分、日间功能障碍得分)、FBG、FINS、HOMA-IR 和 Cor 均得到改善,差异均有统计学意义(P 值均<0.05)。**结论** HIIT 可改善肥胖抑郁症状共存大学生糖代谢,调节 Cor 水平,改善睡眠质量。

【关键词】 体育和训练;肥胖症;抑郁;共病现象;糖代谢;皮质醇;睡眠;学生

【中图分类号】 G 806 B 844.2 R 723.14 Q 428 【文献标识码】 A 【文章编号】 1000-9817(2025)12-1721-06

Effects of high-intensity interval training on glucose metabolism, cortisol and sleep quality among college students with comorbid depressive symptoms and obesity

LIU Zhaozhi*, LU Yukun, LI Lan, GUO Mingkun, ZHANG Zhiwei,
XU Kuo, LIN Yongxia, XU Xiongzhuang, LAN Gongxu, PENG Li

* *College of Physical Education, Southwest University, Chongqing* 400715, *China*

【**Abstract**】 **Objective** To explore the intervention effects of high-intensity interval training (HIIT) on glucose metabolism, cortisol (Cor), and sleep quality among college students with comorbid depressive symptoms and obesity, so as to provide a reference for improving sleep quality among college students with comorbid depressive symptoms and obesity. **Methods** In March 2023, 45 college students with comorbid depressive symptoms and obesity were recruited and randomly assigned to an exercise group (n=23) and a control group (n=22) by random number table method. The exercise group received HIIT intervention for 12 weeks, three times a week, while the control group received no intervention. Blood samples were collected from participants to measure fasting insulin (FINS), fasting blood glucose (FBG), homeostatic model assessment of insulin resistance (HOMA-IR), Cor, and Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) before and after intervention. Statistical analysis was performed using t-test, repeated measures analysis of variance (ANOVA), simple effect analysis. **Results** The repeated measures ANOVA revealed statistically significant time×group interaction effects for body composition (weight, body mass index, percentage of body fat, fat mass, waist-to-hip ratio), depressive symptoms, PSQI scores and its sub-dimensions (subjective sleep quality, sleep onset time, sleep efficiency, sleep disorders, daytime dysfunction), as well as FBG, FINS, and HOMA-IR between the exercise group and control group before and after intervention (F=7.10-53.38, all P<0.05). Simple effect analysis showed that compared to the control group, the exercise group demonstrated significant improvements in body composition (body mass index, fat mass, waist-to-hip ratio), depressive symptoms, PSQI scores and its sub-dimensions (subjective sleep quality, sleep onset time, sleep efficiency, sleep disorders, daytime dysfunction), FBG, FINS, HOMA-IR, and Cor (all P<0.05). **Conclusion** HIIT can improve the sleep quality of college students with comorbid depressive symptoms and obesity by enhancing glucose metabolism and regulating Cor levels.

【**Keywords**】 Physical education and training; Obesity; Depression; Comorbidity; Glucose metabolism; Cortisol; Sleep; Students

【基金项目】 国家社会基金项目(21BTY092);重庆市研究生教育创新计划项目(CYS25117)

【作者简介】 刘昭志(2000-),男,山东烟台人,在读硕士,主要研究方向为运动促进健康。

【通信作者】 彭莉,E-mail:804455169@qq.com

肥胖和抑郁是全球所面临的重大公共卫生问题。研究显示,预计至 2050 年,全球成人肥胖患者数量将突破 19 亿[1]。另有研究报告显示,2001—2020 年自我报告的抑郁症状发生率上升 34%[2]。横断面研究显示,体质量指数(body mass index, BMI)≥30 kg/m^2 的个体患抑郁症状风险将增加 55%[3];同时,来自美国国家健康与营养调查数据库资料显示,有 43%的抑郁患者肥胖[4],肥胖和抑郁症状的共存现象正在不同人群中迅速增长[5]。

睡眠是身体进行自我修复的关键过程,长期睡眠问题将导致免疫损伤、认知退化并增加患慢性病风险[6]。研究发现,肥胖常导致身体胰岛素抵抗(insulin resistance, IR),表现为空腹血糖(fasting blood glucose, FBG)和空腹胰岛素(fasting insulin, FINS)水平升高,使下丘脑能量供应不足而破坏睡眠-觉醒周期,导致睡眠障碍[7];而抑郁者因下丘脑-垂体-肾上腺(hypothalamic-pituitary-adrenal, HPA)轴的过度激活,使压力激素皮质醇(cortisol, Cor)分泌节律紊乱,导致褪黑素等激素分泌失衡造成入睡困难[8]。更重要的是,糖代谢与 Cor 分泌紊乱之间可产生恶性交互作用[9],因此,肥胖抑郁症状共存对睡眠的危害可能较大。

前期研究证实,有氧运动可同时改善肥胖女性的睡眠效率和抑郁情绪[10]。但有学者认为,针对肥胖抑郁症状共存个体而言,中等强度运动在代谢调节和神经可塑性方面存在局限[11-12]。近年来,高强度间歇训练(high-intensity interval training, HIIT)因其低投入、高回报等特点而得到关注[13]。研究证实,8 周 HIIT 在使肥胖女性体脂率的下降幅度比中等强度运动高 21.48%[14];另有研究表明,运动对 Cor 分泌节律的调节存在运动强度阈值(约 60%最大摄氧量),低于此阈值可能无法产生显著效益[15]。这些证据均表明 HIIT 可能更适用于肥胖与抑郁症状共存人群。鉴于此,本研究以肥胖抑郁症状共存大学生为研究对象,观察 HIIT 干预后糖代谢、Cor 和睡眠质量的变化,为改善肥胖抑郁症状共存大学生的睡眠质量提供参考。

1 对象与方法

1.1 对象 通过 G-power 3.1.9.7 软件计算样本量,设置效应量为 0.4,重复测量方差分析检验效能(1-β)为 0.80,计算得出本研究干预组和对照组每组最少需要 16 名受试者,拟定脱落率为 20%,每组至少需招募 19 人。2023 年 3 月,在重庆市某高校招募 45 名肥胖与抑郁症状共存大学生。其中男生 18 名,女生 27 名;平均年龄(20.24±1.17)岁。采用随机数字表法将受试者分为运动组(23 名)和对照组(22 名)。运动组和对照组性别构成、年龄差异均无统计学意义(χ^2/t 值分别为 0.24, -0.15, P 值均>0.05)。纳入标准:(1)BMI>28.0 kg/m^2;(2)体脂率异常(男>25%,女>30%);(3)患者健康问卷(Patient Health Questionnaire-9, PHQ-9)得分≥10 分(中度及以上抑郁症状)[16];(4)通过运动风险筛查;(5)近 1 个月内未参加系统性运动训练;(6)签署知情同意书。排除标准:(1)存在身体活动障碍,无法完成常规肢体运动;(2)患有心脑血管疾病,不宜从事高强度运动;(3)患有其他慢性疾病;(4)不配合干预。本研究通过西南大学医院伦理委员会审核(批号:SWU-ETH-2023-07-17-005)。

1.2 方法

1.2.1 运动干预方案 2023 年 3—7 月,运动组进行为期 12 周 HIIT 干预,对照组进行安静对照,干预期间两组均保持以往饮食、作息等生活方式不变。参考《中国成人超重和肥胖症预防与控制指南》[17]和以往研究中针对有肥胖或抑郁症状人群的 HIIT 干预研究[18-19]设计运动方案。采用最大心率(maximum heart rate, HRmax)评估受试者运动强度。由于受试者为肥胖人群,为保证干预过程安全和运动强度设定的有效性,采用 Tanaka 公式(HR=208-0.7×年龄)计算受试者 HRmax[20]。干预时间安排在每周一、三、五 14:00—15:00,每周 3 次,每次干预包括准备阶段 5 min,干预阶段 20 min 和整理阶段 5 min。考虑到受试者体能和运动能力在干预过程中将随干预阶段的进行而得到提升,本研究将干预进程分 3 个阶段,通过分段提升动作难度和增加间歇强度来增加整体强度,干预方案见表 1。

1.2.2 身体成分 干预前、后测量受试者身体成分和身体形态指标。采用生物电阻抗法(Inbody720 体成分测试仪,Biospace 公司)测量受试者身高、体重、脂肪量等身体成分及形态指标。

1.2.3 血液指标 干预前、后由西南大学医院医护人员进行血液样本采集工作。要求受试者清晨 8:00 空腹采集肘部静脉血 5 mL,置于真空采集管中。在室温下自然沉降 30 min,抽取采集管上层血清至离心管,采用离心机(转速 3 000 r/pm,离心半径 10 cm)离心 10 min,离心后储存于超低温生物冰箱(青岛海尔生物医疗股份有限公司,海尔 DW-86L388J 窄型系列,-80 ℃),随后统一送检。采用酶联免疫吸附法测定受试者 FBG、FINS、Cor 指标,并依据公式计算胰岛素抵抗指数(homeostatic model assessment of insulin resistance, HOMA-IR)= $FBG \times FINS/22.5$。

1.2.4 抑郁症状 采用 PHQ-9 评估受试者抑郁症状[21]。量表共 9 个条目,采用李克特 4 点评分法(0~3 分),对应“完全不会”“有几天”“一半以上”和“几乎每天”。总分为各题目得分相加,范围为 0~27 分。总分 0~4 分代表无抑郁症状,5~9, 10~14, 15~19 和 20~27 分依次代表轻度、中度、中重度和重度抑郁症状。本研究中该量表的 Cronbach α 系数为 0.90。

表 1　大学生高强度间歇训练干预方案

Table 1　High-intensity interval training intervention program among college students

干预阶段	干预内容	运动负荷
第一阶段（1~4 周）	(1)准备阶段(5 min):操场慢跑、徒手拉伸活动;(2)干预阶段(20 min):①高强度运动,包括开合跳、俯身交替手触脚、原地高抬腿、箭步蹲、原地深蹲,②间歇运动,包括原地站立休息;(3)整理阶段(5 min):拉伸放松练习	运动强度为 80%~95% HRmax,持续 30 s;间歇强度为 0,持续 30 s ,重复 4 组
第二阶段（5~8 周）	(1)准备阶段(5 min):操场慢跑、徒手拉伸活动;(2)干预阶段(20 min):①高强度运动,包括分步式波比跳、俯身登山、高抬腿、箭步蹲、原地深蹲跳,②间歇运动,包括原地踏步;(3)整理阶段(5 min):拉伸放松练习	运动强度为 80%~95% HRmax,持续 30 s;间歇强度为 40%~50% HRmax,持续 30 s,重复 4 组
第三阶段（9~12 周）	(1)准备阶段(5 min):操场慢跑、徒手拉伸活动;(2)干预阶段(20 min):①高强度运动,包括全身波比跳、俯身登山、交替箭步蹲跳、蛙跳、冲刺跑,②间歇运动,包括原地踏步或原地小步跑;(3)整理阶段(5 min):拉伸放松练习	运动强度为 80%~95% HRmax,持续 30 s;间歇强度为 40%~50% HRmax,持续 30 s,重复 4 组

1.2.5　睡眠质量　采用匹兹堡睡眠质量指数(pittsburgh sleep quality index, PSQI)量表评估受试者睡眠质量[22],该量表涵盖主观睡眠质量、入睡时间、睡眠时间、睡眠效率、睡眠障碍、催眠药物和日间功能障碍 7 个维度。采用 Likert 4 级评分法计分(0~3 分)评估各维度,主观睡眠质量和催眠药物维度原始分和标准分均为 0~3 分;入睡时间和睡眠时间维度均为受试者填写,睡眠效率=(睡眠时间/床上时间)×100%,后均将时间和效率分为 4 个阶段并转化为 0~3 标准分;日间功能障碍维度共 2 个条目,原始分为 0~6 分,将其转化为 0~3 标准分;睡眠障碍维度由入睡困难、夜间易醒或早醒、夜间去厕所、呼吸不畅、咳嗽或鼾声高、感觉冷、感觉热、做恶梦、疼痛不适、其他影响睡眠的事情 10 个因子构成,除入睡困难不计分外,其余因子得分相加得到原始得分 0~27 分,随后分为 4 个阶段并转化为 0~3 标准分。7 个维度标准分相加得到 PSQI 总分,总分范围为 0~21 分,得分越高代表睡眠质量问题越严重。本研究中该量表的 Cronbach α 系数为 0.85。

1.3　统计学分析　采用 SPSS 27.0 和 GraphPad Prism 8.2.1 软件进行数据分析。采用 Shapiro-Wilk 检验数据的正态性,数据呈现正态分布采用($\bar{x}\pm s$)描述,使用独立样本 t 检验分析基线时两组受试者各指标差异性。采用重复测量方差分析比较干预前、后两组受试者身体成分、抑郁症状、糖代谢指标、Cor 以及睡眠质量指标的时间×组别效应,不符合 Mauchly 球形度检验时,采用 Greenhouse&Geisser 法对 P 值进行校正。随后进行简单效应分析,比较各组在不同时点和同一时点的组间差异。检验水准 $\alpha=0.05$。

2　结果

2.1　运动组和对照组大学生基线基本特征比较　在干预前,运动组和对照组大学生 BMI、体脂率、脂肪量、腰臀比、PHQ-9 得分、PSQI 得分差异均无统计学意义(t 值分别为-1.37, 0.47, 0.17, -0.56, 0.90, -0.17, P 值均>0.05)。见表 2。

2.2　HIIT 对肥胖抑郁症状共存大学生身体成分和抑郁症状的影响　重复测量方差分析结果显示,干预前后两组大学生体重、BMI、体脂率、脂肪量、腰臀比、PHQ-9 得分的时间效应和交互效应均有统计学意义,干预前后两组 BMI、PHQ-9 得分组别效应均有统计学意义(P 值均<0.05)。简单效应分析结果显示,对照组上述指标干预前后差异均无统计学意义(P 值均>0.05),而运动组上述指标干预后较干预前均得到改善(P 值均<0.05);干预后,运动组 BMI、脂肪量、腰臀比、PHQ-9 得分与对照组比较,差异均有统计学意义(P 值均<0.05)。见表 2。

表 2　干预前后两组大学生身体成分和抑郁症状比较($\bar{x}\pm s$)

Table 2　Comparison of body composition and depressive symptoms between two groups of college students before and after intervention ($\bar{x}\pm s$)

组别	干预前后	人数	体重/kg	BMI/(kg·m^{-2})	体脂率/%	脂肪量/kg	腰臀比	PHQ-9 得分
运动组	干预前	23	82.67±8.45	29.66±1.06	34.28±4.13	28.28±4.17	0.93±0.05	14.43±4.09
	干预后	23	79.33±8.78	28.44±1.08	31.03±4.62	24.40±3.14	0.90±0.04	8.17±4.57
对照组	干预前	22	82.93±8.39	30.08±1.38	33.80±5.86	28.03±5.81	0.94±0.05	13.41±3.54
	干预后	22	82.75±8.01	30.02±1.15	34.28±5.81	28.34±6.09	0.93±0.05	13.86±3.72
$F_{时间}$值			47.76**	45.83**	15.91**	38.81**	21.81**	18.44**
$F_{组别}$值			0.55	8.87**	0.79	1.64	2.09	5.60*
$F_{交互}$值			38.40**	37.27**	28.78**	53.38**	7.87**	24.67**

注:* P<0.05, ** P<0.01。

2.3　HIIT 对肥胖抑郁症状共存大学生睡眠质量的影响　重复测量方差分析结果显示,干预前后两组 PSQI 得分时间效应、组别效应和交互效应均有统计学意义(P 值均<0.05);从不同维度来看,入睡时间、睡眠效率、日间功能障碍得分时间效应和交互效应均有统计学意义,而主观睡眠质量得分和睡眠障碍得分仅发现

在交互效应上有统计学意义（P 值均<0.05）。简单效应分析显示，相比干预前，对照组睡眠质量各指标干预后变化均无统计学意义（P 值均>0.05）；运动组主观睡眠质量、睡眠障碍、日间功能障碍、PSQI 得分及入睡时间、睡眠效率均得到改善，并均优于对照组（P 值均<0.05）。见表 3。

表 3　干预前后两组大学生睡眠质量指标比较（$\bar{x}\pm s$）

Table 3　Comparison of sleep quality indicators between two groups of college students before and after intervention（$\bar{x}\pm s$）

组别	干预前后	人数	主观睡眠质量得分	入睡时间/min	睡眠时间/h	睡眠效率/%	睡眠障碍得分	催眠药物得分	日间功能障碍得分	PSQI 得分
运动组	干预前	23	1.52±0.67	35.44±15.81	7.00±0.60	76.18±8.70	5.61±3.51	0.70±0.64	4.74±1.21	8.65±1.77
	干预后	23	1.00±0.74	21.52±15.41	6.89±0.92	82.43±4.90	3.96±2.87	0.74±0.69	2.48±1.75	6.09±1.88
对照组	干预前	22	1.41±0.59	33.86±8.30	6.73±0.99	77.47±6.82	5.41±2.56	0.73±0.63	4.32±1.49	8.73±1.16
	干预后	22	1.50±0.67	34.77±8.23	7.02±0.91	76.13±9.31	5.77±2.79	0.72±0.70	4.18±1.30	8.82±1.47
$F_{时间}$值			3.51	25.32**	0.30	4.73*	2.27	0.13	21.54**	13.87**
$F_{组别}$值			1.41	2.76	0.12	1.61	1.10	0.00	3.38	16.71**
$F_{交互}$值			7.10**	32.89**	1.36	11.32**	22.85**	0.13	16.91**	15.98**

注：* P<0.05，** P<0.01；PSQI 得分为转化后的标准分。

2.4　HIIT 对肥胖抑郁症状共存大学生 FBG、FINS、HOMA-IR 和 Cor 的影响　重复测量方差分析结果显示，两组大学生 FBG、FINS、HOMA-IR 水平变化的时间效应、组别效应和交互效应均有统计学意义；两组大学生 Cor 水平变化的时间效应、组别效应均有统计学意义（P 值均<0.05）。简单效应分析结果显示，相比干预前，对照组 FBG、FINS、HOMA-IR 和 Cor 变化均无统计学意义（P 值均>0.05）；运动组 FBG、FINS、HOMA-IR 和 Cor 均降低，且均低于对照组（P 值均<0.05）。见表 4。

表 4　干预前后两组大学生 FBG、FINS、HOMA-IR 和 Cor 比较（$\bar{x}\pm s$）

Table 4　Comparison of FBG, FINS, HOMA-IR and Cor between two groups of college students before and after intervention（$\bar{x}\pm s$）

组别	干预前后	人数	FBG/（mmol · L^{-1}）	FINS/（mU · L^{-1}）	HOMA-IR	Cor/（μg · L^{-1}）
运动组	干预前	23	5.47±0.36	15.21±1.02	3.67±0.31	248.51±29.29
	干预后	23	4.85±0.31	12.90±1.69	2.77±0.36	222.02±33.27
对照组	干预前	22	5.39±0.39	15.87±1.31	3.80±0.38	254.43±24.91
	干预后	22	5.31±0.33	16.15±2.00	3.81±0.49	247.91±27.01
$F_{时间}$			35.71**	16.96**	49.71**	9.61**
$F_{组别}$			4.98*	24.99**	35.48**	5.54*
$F_{交互}$			21.66**	28.01**	52.68**	3.51

注：* P<0.05，** P<0.01。

3　讨论

脂肪过量堆积并长期伴有抑郁症状是肥胖与抑郁症状共存的基本表征[23]，本研究通过 12 周 HIIT 改善了受试者肥胖和抑郁症状，与前人研究结果一致[24]，提示 HIIT 可对 2 种症状均产生有益影响。研究表明，运动可重塑睡眠结构，如减少入睡时长，增加快速动眼睡眠和深度睡眠时长等，改善睡眠质量[25]。本研究干预后运动组受试者 PSQI 降低，并且主观睡眠质量、入睡时长和睡眠障碍等维度均改善，但在睡眠时长和药物使用方面变化均无统计学意义，与 Brellenthin 等[26]研究结果相反；究其原因，睡眠时长受个体生物钟、作息规律等因素影响，短期运动干预可能无法改变原有节律和行为模式；在药物使用方面，本研究仅有个别受试者使用药物，可能导致效果不显著。

HOAM-IR 通过 FBG 和 FINS 计算得出，可有效反映肝脏和外周组织对胰岛素的敏感性，是评定身体整体糖代谢状态的可靠指标[27]，Cor 是 HPA 轴的终末效应激素，其分泌水平可直接反映 HPA 轴的整体活性[28]。肥胖者的慢性炎症状态，可通过血脑屏障作用于脑区，增加海马区糖皮质激素敏感性和下丘脑糖皮质激素抵抗，使 HPA 轴持续激活而过量释放 Cor[29]，而这又将反过来加剧炎症和 IR 水平[30-31]，从而使睡眠问题愈发严重。但目前关于 HIIT 对肥胖抑郁症状共存大学生糖代谢和 Cor 的改善效果尚不清楚，本研究结果显示，运动组受试者干预后 FBG、INS、HOMA-IR 和 Cor 水平均降低，表明 HIIT 可对肥胖抑郁症状共存大学生糖代谢和 Cor 分泌产生改善作用。

以往研究表明，糖代谢和 Cor 均与睡眠质量有关[7]，Passos 等[32]发现，运动对失眠患者睡眠质量的改善与其 Cor 水平降低有关；郑玉婵等[33]发现运动对 2 型糖尿病患者睡眠效率的改善与糖代谢改善有关。研究表明，高强度运动可引起更大的运动后过量氧耗，还可持续提高儿茶酚胺、肾上腺皮质激素等激素水平，从而实现身体代谢持续提高，并对 Cor 水平进行动态调节[34-35]，进而提升睡眠质量。

此外，运动亦可增强 HPA 轴的负反馈作用，改善 Cor 分泌节律[36]，从而恢复褪黑素等递质正常分泌，促进入睡[37]。研究表明，Cor 水平升高与个体主观睡眠质量降低有关[38]，Pulopulos 等[39]发现，入睡前和晨起 Cor 波动幅度增大与主观睡眠质量提升有关，这种波动幅度增大与 HPA 轴对 Cor 的动态调节功能有关[40]，由此推断，HIIT 对肥胖抑郁症状共存大学生主

观睡眠质量的改善可能与 Cor 分泌节律改善有关，但其具体机制有待进一步探索。

本研究存在一定局限性：首先，研究仅通过 BMI、体脂率和 PHQ-9 筛选受试者，无法区分内脏脂肪和皮下脂肪分布情况，受试者的抑郁症状也未经过医学确诊；其次，研究采用自评量表测量受试者睡眠质量，可能受主观回忆影响而导致偏差，未来研究可采用客观测量方法评估受试者肥胖、抑郁症状以及睡眠结构，以提升证据强度。

HIIT 可对肥胖抑郁症状共存大学生糖代谢、Cor 和睡眠质量产生有益影响，从机制来看，肥胖抑郁症状共存大学生睡眠质量的改善，可能与 HIIT 对其糖代谢功能和 Cor 水平的改善有关，但仍有待进一步证实。

利益冲突声明　所有作者声明无利益冲突。

参考文献

[1] SØRENSEN T I A. Forecasting the global obesity epidemic through 2050[J]. Lancet, 2025, 405(10481): 756-757.

[2] SHOREY S, NG E D, WONG C H J. Global prevalence of depression and elevated depressive symptoms among adolescents: a systematic review and Meta-analysis[J]. Br J Clin Psychol, 2022, 61(2): 287-305.

[3] MANSUR R B, BRIETZKE E, MCINTYRE R S. Is there a "metabolic-mood syndrome"? A review of the relationship between obesity and mood disorders[J]. Neurosci Biobehav Rev, 2015, 52: 89-104.

[4] PRATT L A, BRODY D J. Depression in the U.S. household population, 2009-2012[J]. NCHS data brief, 2014(172): 1-8.

[5] 马彩霞，马军，宋逸，等. 内蒙古地区学生超重肥胖与抑郁共患影响因素分析[J]. 中国学校卫生，2023，44(9)：1308-1312，1318.
MA C X, MA J, SONG Y, et al. Co-morbidity of overweight, obesity and depression and its influencing factors among students in Inner Mongolia Autonomous Region[J]. Chin J Sch Health, 2023, 44(9): 1308-1312, 1318. (in Chinese)

[6] ZHU H, SHEN F, WANG X, et al. Chlorogenic acid improves the cognitive deficits of sleep-deprived mice via regulation of immunity function and intestinal flora[J]. Phytomedicine, 2024, 123: 155194.

[7] HERMAN R, KRAVOS N A, JENSTERLE M, et al. Metformin and insulin resistance: a review of the underlying mechanisms behind changes in GLUT4-mediated glucose transport[J]. Int J Mol Sci, 2022, 23(3): 1264.

[8] RABL U, BARTOVA L, SEZEN P, et al. HPA axis in psychotic and non-psychotic major depression: cortisol plasma levels and hippocampal volume[J]. J Affect Disord, 2025, 377: 14-22.

[9] LENGTON R, SCHOENMAKERS M, PENNINX B W J H, et al. Glucocorticoids and HPA axis regulation in the stress-obesity connection: a comprehensive overview of biological, physiological and behavioural dimensions[J]. Clin Obes, 2025, 15(2): e12725.

[10] MENDHAM A E, GOEDECKE J H, FORTUIN-DE SMIDT M C, et al. Improved sleep quality and depressive symptoms with exercise training in obese women from a low socioeconomic community: a randomized controlled trial[J]. J Phys Act Health, 2021, 18(4): 440-449.

[11] RODRÍGUEZ-GUTIÉRREZ E, TORRES-COSTOSO A, SAZ-LARA A, et al. Effectiveness of high-intensity interval training on peripheral brain-derived neurotrophic factor in adults: a systematic review and network Meta-analysis[J]. Scand J Med Sci Sports, 2024, 34(1): e14496.

[12] ZHU X, JIAO J, LIU Y, et al. The release of lipolytic hormones during various high-intensity interval and moderate-intensity continuous training regimens and their effects on fat loss[J]. J Sports Sci Med, 2024, 23(1): 559-570.

[13] VELLA C A, TAYLOR K, DRUMMER D. High-intensity interval and moderate-intensity continuous training elicit similar enjoyment and adherence levels in overweight and obese adults[J]. Eur J Sport Sci, 2017, 17(9): 1203-1211.

[14] SONG X, CUI X, SU W, et al. Comparative effects of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training on weight and metabolic health in college students with obesity[J]. Sci Rep, 2024, 14(1): 16558.

[15] ATHANASIOU N, BOGDANIS G C, MASTORAKOS G. Endocrine responses of the stress system to different types of exercise[J]. Rev Endocr Metab Disord, 2023, 24(2): 251-266.

[16] CAO B, XU J, LI R, et al. Interventions targeting comorbid depression and overweight/obesity: a systematic review[J]. J Affect Disord, 2022, 314: 222-232.

[17] 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.
Working Group on Obesity in China. China guidelines for the prevention and control of overweight and obesity in adults (excerpt)[J]. Acta Nutr Sin, 2004, 26(1): 1-4. (in Chinese)

[18] 张海峰，朱显贵，聂金雷，等. 间歇训练法对心血管疾病危险因素的影响研究进展[J]. 中国运动医学杂志，2023，42(6)：480-486.
ZHANG H F, ZHU X G, NIE J L, et al. Research progress on the influence of interval training on risk factors of cardiovascular disease[J]. Chin J Phys Med, 2023, 42(6): 480-486. (in Chinese)

[19] 邓建伟，曹莉. 高强度间歇训练与儿童青少年健康促进的研究进展[J]. 中国体育科技，2019，55(6)：21-34.
DENG J W, CAO L. Reviews on high-intensity interval training for health promotion in children and adolescents[J]. China Sport Sci Technol, 2019, 55(6): 21-34. (in Chinese)

[20] FRANCKOWIAK S C, DOBROSIELSKI D A, REILLEY S M, et al. Maximal heart rate prediction in adults that are overweight or obese[J]. J Strength Cond Res, 2011, 25(5): 1407-1412.

[21] KROENKE K, SPITZER R L, WILLIAMS J B. The PHQ-9: validity of a brief depression severity measure[J]. J Gen Intern Med, 2001, 16(9): 606-613.

[22] BUYSSE D J, REYNOLDS C F 3rd, MONK T H, et al. The Pittsburgh Sleep Quality Index: a new instrument for psychiatric practice and research[J]. Psychiatry Res, 1989, 28(2): 193-213.

[23] STUNKARD A J, FAITH M S, ALLISON K C. Depression and obesity[J]. Biol Psychiatry, 2003, 54(3): 330-337.

[24] 陈金霞，李元昊，吴英清，等. 普拉提锻炼对肥胖女大学生抑郁身体成分及血清炎症因子的影响[J]. 中国学校卫生，2020，41(5)：783-786.
CHEN J, LI Y H, WU Y Q, et al. Effects of pilates exercise on body composition and serum inflammatory factors of obese female college students with depression[J]. Chin J Sch Health, 2020, 41(5): 783-786. (in Chinese)

[25] VLAHOYIANNIS A, ANDREOU E, BARGIOTAS P, et al. The effect of chrono-nutritional manipulation of carbohydrate intake on sleep macrostructure: a randomized controlled trial[J]. Clin Nutr, 2024, 43(3): 858-868.

[26] BRELLENTHIN A G, LEE D C. Abstract 038: comparative effects of aerobic, resistance, and combined exercise on sleep[J]. Circulation, 2022, 145(Suppl 1): A038.

[27] PETRELLI A, CUGNATA F, CARNOVALE D, et al. HOMA-IR and the Matsuda Index as predictors of progression to type 1 diabetes in autoantibody-positive relatives[J]. Diabetologia, 2024, 67(2): 290-300.

[28] MILANESCHI Y, SIMMONS W K, VAN ROSSUM E F C, et al. Depression and obesity: evidence of shared biological mechanisms[J]. Mol Psychiatry, 2019, 24(1): 18-33.

[29] SERNA-RODRÍGUEZ M F, BERNAL-VEGA S, DE LA BARQUERA J A O, et al. The role of damage associated molecular pattern molecules (DAMPs) and permeability of the blood-brain barrier in depression and neuroinflammation[J]. J Neuroimmunol, 2022, 371: 577951.

[30] FERNANDES B S, SALAGRE E, ENDURU N, et al. Insulin resistance in depression: a large Meta-analysis of metabolic parameters and variation[J]. Neurosci Biobehav Rev, 2022, 139: 104758.

[31] BEAUPERE C, LIBOZ A, FÈVE B, et al. Molecular mechanisms of glucocorticoid-induced insulin resistance[J]. Int J Mol Sci, 2021, 22(2): 623.

[32] PASSOS G S, POYARES D, SANTANA M G, et al. Exercise improves immune function, antidepressive response, and sleep quality in patients with chronic primary insomnia[J]. Biomed Res Int, 2014, 2014: 498961.

[33] 郑玉婵,谈笑,田宜鑫,等.血流限制的低强度有氧训练对 2 型糖尿病患者糖代谢和睡眠时长的影响[J].中国运动医学杂志, 2022, 41(11): 849-856.
ZHENG Y C, TAN X, TIAN Y X, et al. The effect of blood flow-restriction low-intensity aerobic training on glucose metabolism and sleep duration in type 2 diabetes mellitus patients[J]. Chin J Phys Med, 2022, 41(11): 849-856. (in Chinese)

[34] ANDERSON T, BERRY N T, WIDEMAN L. Exercise and the hypothalamic-pituitary-adrenal axis: a special focus on acute cortisol and growth hormone responses[J]. Curr Opin Endocr Metab Res, 2019, 9: 74-77.

[35] JIANG L, ZHANG Y, WANG Z, et al. Acute interval running induces greater excess post-exercise oxygen consumption and lipid oxidation than isocaloric continuous running in men with obesity[J]. Sci Rep, 2024, 14(1): 9178.

[36] RYAN A S, SERRA M C, BIGMAN G, et al. The effects of weight loss and aerobic exercise on cortisol and cortisol suppression in postmenopausal women with overweight and obesity[J]. Endocr Res, 2025, 50(2): 87-95.

[37] DAUT R A, FONKEN L K. Circadian regulation of depression: a role for serotonin[J]. Front Neuroendocrinol, 2019, 54: 100746.

[38] REN R, COVASSIN N, YANG L, et al. Objective but not subjective short sleep duration is associated with hypertension in obstructive sleep apnea[J]. Hypertension, 2018, 72(3): 610-617.

[39] PULOPULOS M M, HIDALGO V, PUIG-PEREZ S, et al. Relationship between cortisol changes during the night and subjective and objective sleep quality in healthy older people[J]. Int J Environ Res Public Health, 2020, 17(4): 1264.

[40] BUCKLEY T M, SCHATZBERG A F. On the interactions of the hypothalamic-pituitary-adrenal (HPA) axis and sleep: normal HPA axis activity and circadian rhythm, exemplary sleep disorders[J]. J Clin Endocrinol Metab, 2005, 90(5): 3106-3114.

收稿日期:2025-07-18 **修回日期**:2025-10-09 **本文编辑**:汤建军

(上接第 1720 页)

[18] RADAVELLI-BAGATINI S, BLEKKENHORST L C, SIM M, et al. Fruit and vegetable intake is inversely associated with perceived stress across the adult lifespan[J]. Clin Nutr, 2021, 40(5): 2860-2867.

[19] LIN Y N, TSENG T T, KNUIMAN P, et al. Protein supplementation increases adaptations to endurance training: a systematic review and Meta-analysis[J]. Clin Nutr, 2021, 40(5): 3123-3132.

[20] CERMAK N M, VAN LOON L J C. The use of carbohydrates during exercise as an ergogenic aid[J]. Sports Med, 2013, 43(11): 1139-1155.

[21] WOLFE R R. Branched-chain amino acids and muscle protein synthesis in humans: myth or reality? [J]. J Int Soc Sports Nutr, 2017, 14: 30.

[22] CARBONE J W, PASIAKOS S M. Dietary protein and muscle mass: translating science to application and health benefit[J]. Nutrients, 2019, 11(5): 1136.

[23] NORRIS S A, FRONGILLO E A, BLACK M M, et al. Nutrition in adolescent growth and development[J]. Lancet, 2022, 399(10320): 172-184.

[24] THOMAS D T, ERDMAN K A, BURKE L M. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: nutrition and athletic performance[J]. J Acad Nutr Diet, 2016, 116(3): 501-528.

[25] 张迁,秦天柱,王琦,等.《NutriRECS 饮食指南:未加工红肉和加工肉类的摄入》解读[J].中国循证医学杂志, 2021, 21(5): 514-519.
ZHANG Q, QIN T Z, WANG Q, et al. Unprocessed Red Meat and Processed Meat Consumption Dietary: an Interpretation of Guideline Recommendations from the NutriRECS Consortium[J]. Chin J Evid Based Med, 2021, 21(5): 514-519. (in Chinese)

[26] 阮光锋.科学解读火腿肠、午餐肉的营养价值[J].中国食品, 2021(18): 136-137.
RUAN G F. Scientific interpretation of the nutritional value of ham sausage and lunch meat[J]. China Food, 2021(18): 136-137. (in Chinese)

[27] 张淑梅,李丽霞,王燕,等.土豆的营养价值及在饮食中的科学摄入[J].科学生活, 2025(7): 68-69.
ZHANG S M, LI L X, WANG Y, et al. Nutritional value of potato and its scientific intake in diet[J]. Sci Life Style, 2025(7): 68-69. (in Chinese)

[28] 李亦斌,张曼,闫心语,等.中国城市高年级小学生快餐行为现况[J].中国学校卫生, 2019, 40(2): 194-197.
LI Y B, ZHANG M, YAN X Y, et al. Current situation of fast food behavior of senior primary school students in China city[J]. Chin J Sch Health, 2019, 40(2): 194-197. (in Chinese)

[29] 许丹,丁国芳,方益,等.7 种海产品不同部位营养成分分析与评价[J].营养学报, 2018, 40(4): 409-411, 414.
XU D, DING G F, FANG Y, et al. Nutritional analysis of different parts of seven marine products[J]. Acta Nutr Sin, 2018, 40(4): 409-411, 414. (in Chinese)

收稿日期:2025-08-22 **修回日期**:2025-10-14 **本文编辑**:王苗苗