

·学术前沿:肥胖与代谢性疾病专题·

体质量与腰围对超重肥胖成年人平衡功能的影响

辛蔚¹, 麦艺颖¹, 唐喜香⁵, 吴和芳², 沈 焘³, 姚建明⁴, 解东风¹, 陈燕铭⁵

(1. 中山大学附属第三医院康复医学科, 广东 广州, 510630; 2. 广东药科大学健康学院, 广东 云浮, 527322; 3. 广州医科大学第五临床学院, 广东 广州, 510799; 4. 滇西应用技术大学傣医药学院, 云南 西双版纳, 666100; 5. 中山大学附属第三医院内分泌科, 广东 广州, 510630)

摘要:【目的】探讨体质量与腰围对超重肥胖成年人的静态和动态平衡功能的影响。【方法】采用整群随机抽样方法抽取在中山大学附属第三医院内分泌降糖减重门诊就诊的患者($n = 103$), 对所有参与者进行基本资料的采集和记录、生化检测、体质量、腰围(WC)和身高测量, 静态平衡功能评估采用平衡误差评分系统(BESS)及动态平衡功能评估采用功能性伸展测试(FRT)。对所有参与者的BESS评分和FRT距离根据不同身体指数(BMI)分级和WC分级分别进行组间对比。采用单因素及多元线性回归的方法对参与者静态和动态平衡功能的影响因素分别进行分析。【结果】① 随BMI分级增加, BESS评分呈上升趋势($P = 0.004$), 正常WC者的BESS评分低于中心性肥胖者($P < 0.001$), 结果显示与BMI正常者比较, 超重和肥胖者的静态和动态平衡能力差; ② 随BMI分级, 增加FRT距离呈下降趋势($P < 0.001$), 正常WC者的FRT距离显著高于中心性肥胖者($P < 0.001$), 结果显示中心性肥胖者与WC正常者比较, 中心性肥胖者的静态和动态平衡能力更差; ③ BMI超重组中, 随WC增加FRT距离降低, 中心性肥胖者与WC正常者组间差异有统计学意义($P = 0.02$), 结果显示BMI无差异情况下, 与正常WC比较, 中心性肥胖者的动态平衡能力更差。④ BESS评分与BMI($B = 4.12, P = 0.027, 95\% CI = 0.48-7.75$)和WC($B = 3.47, P = 0.046, 95\% CI = 0.07-6.88$)的影响显著, FRT距离与BMI($B = -5.68, P = 0.001, 95\% CI = -8.95-2.41$)和WC($B = -4.71, P = 0.003, 95\% CI = -7.83- -1.61$)的影响显著, 结果显示肥胖者随BMI增加其静态和动态平衡能力更差, 中心性肥胖者比WC正常者的静态和动态平衡能力更差。【结论】腰围是超重肥胖者的动态和静态平衡功能的独立影响因素, 在相同BMI情况下, 中心性肥胖者比腰围正常者的动态平衡功能差, 其跌倒风险更高。

关键词: 体质量; 腰围; 超重肥胖; 中心性肥胖; 平衡功能

中图分类号: R493 文献标志码: A 文章编号: 1672-3554(2023)04-0551-09

DOI: 10.13471/j.cnki.j.sun.yat-sen.univ(med.sci).2023.0402

Effects of Body Weight and Waist Circumference on Balance Function in Overweight and Obese Adults

XIN Wei¹, MAI Yi-ying¹, TANG Xi-xiang⁵, WU He-fang², SHEN Yao³, YAO Jian-ming⁴, XIE Dong-feng¹, CHEN Yan-ming⁵

(1. Department of Rehabilitation Medicine, The Third Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510630, China; 2. College of Health, Guangdong Pharmaceutical University, Yunfu 527322, China; 3. The Fifth Clinical College of Guangzhou Medical University, Guangzhou 510799, China; 4. Dai Medical College of West Yunnan University of Applied Technology, Xishuangbanna 666100, China; 5. Department of endocrinology, The Third Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510630, China)

Correspondence to: CHEN Yan-ming; E-mail: chyanm@mail.sysu.edu.cn

Abstract: 【Objective】 To explore the effects of body weight and waist circumference on static and dynamic balance

收稿日期: 2023-01-29

基金项目: 国家自然科学基金(8227033076); 广东省科技厅基础与应用基础研究基金(2019B020227003)

作者简介: 辛蔚, 研究方向: 平衡功能的评估和治疗, E-mail: xinw5@mail.sysu.edu.cn; 陈燕铭, 通信作者, 博士、教授, 主任医师, 博士生导师, E-mail: chyanm@mail.sysu.edu.cn

function in overweight and obese adults.【Methods】Participants (n=103) were selected by cluster random sampling from the Hypoglycemic Weight Loss Clinic of the Endocrinology Department of the Third Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University. All participants were assessed for basic data collection, biochemical test, body weight, waist circumference and height measurement, static balance function assessed by balance error scoring system (BESS) and dynamic balance function assessed by functional reach test (FRT). The BESS score and FRT distance of all participants were compared among groups according to different BMI grades and WC grades. Multivariate linear regression was used to analyze the influencing factors of participants' dynamic and static balance functions.【Results】① With the increase of BMI grading, the BESS score showed an upward trend, and the difference between groups was statistically significant ($P = 0.004$). The BESS score of normal WC patients was lower than that of central obesity patients ($P < 0.001$), which indicated that compared with normal BMI, overweight and obese people had poor dynamic and static balance ability; ② With the BMI grading, the FRT distance increased, showing a downward trend ($P < 0.001$). The FRT distance in normal WC patients was significantly higher than that in central obesity patients ($P < 0.001$), which indicated that the static and dynamic balance ability of central obesity patients was worse than that of normal WC patients; ③ In BMI overweight group, the FRT distance decreased significantly with the increase of WC ($P = 0.02$). The results showed that under the condition of no difference in BMI, Compared with normal WC, the dynamic and static balance ability of central obese patients was worse; ④ The influence of BESS score on BMI ($B=4.12, P=0.027, 95\% \text{ CI}=0.48-7.75$) and WC ($B=3.47, P=0.046, 95\% \text{ CI}=0.07-6.88$) was significant. The influence of FRT distance on BMI ($B=-5.68, P=0.001, 95\% \text{ CI}=-8.95-2.41$) and WC ($B=-4.71, P=0.003, 95\% \text{ CI}=-7.83 \text{ to } -1.61$) was significant, which indicated that the static and dynamic balance ability of obese people was worse with the increase of BMI, and the ability of dynamic and static balance of central obesity was worse than that of normal WC.【Conclusion】Waist circumference is an independent factor affecting the dynamic and static balance function of overweight and obese people. Under similar BMI, the dynamic balance function of central obese people is worse than that of people with normal waist circumference, leading to higher risk of falling.

Key words: weight; waist circumference; overweight and obesity; central obesity; balance function

[J SUN Yat-sen Univ (Med Sci), 2023, 44(4): 551-559]

近年来超重及肥胖已经成为一种全球流行病,其患病率增长迅速,是慢性非传染性疾病的主要危险因素之一^[1]。流行病学调查显示,全球18岁及以上的成年人有19亿人口超重,其中1/3达到了肥胖水平^[2]。《中国居民营养与慢性病状况报告(2020年)》显示,超重或肥胖在中国成年人中的发病率高达50%^[3]。肥胖不仅与心血管疾病、糖尿病、部分癌症等各种慢性疾病的发生有显著相关性,还会引起的过多腹部脂肪堆积,导致躯干生物力学的改变,增加跌倒风险及肌肉骨骼损伤的发病率,影响患者的运动能力及日常活动,降低其生活质量^[4]。目前已有研究显示,体质量增加与姿势稳定性下降密切相关^[5-6]。但既往文献中,多以研究超重肥胖对欧美人群、青少年及老年人群的平衡功能影响为研究目标^[1,7]。亚洲人群的身体脂肪百分比较白种人更高,且身体质量指数(body mass index, BMI)与体脂量含量及比值的关联性存在年龄的差异,因此对于亚洲人群的超重肥胖对平衡功能的影响需要

进一步针对性的分析^[3]。近期研究显示,腰围是比BMI更便捷、更有效、与健康风险和生物力线及运动功能更紧密相关的测量指标^[3]。然而,现有的研究多以BMI为衡量肥胖的标准,仅有少量研究关注腰围(waist circumference, WC)对平衡功能的影响^[8]。本研究旨在探究腰围是否会影响超重肥胖中国成年人群的平衡功能,探索成年超重肥胖人群的腰围对其静态和动态平衡功能的影响,为不同类型的超重肥胖患者的临床医学提供数据参考,为超重肥胖患者制定运动处方、减少肌肉骨关节损伤、提高生活质量等方面提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究对象

本研究采用简单随机抽样方法,对2022年1月至2022年9月在中山大学附属第三医院内分泌糖减重门诊就诊的250名患者进行编号,使用

SPSS16软件进行随机抽样,根据Krejacie和Morgan报道^[9]共抽取150名患者。纳入标准:①年龄18~60岁;②半年内无感觉系统及神经系统等方面疾病;③下肢无严重疾病及残疾;④受试者自愿参加、签署知情同意书。共103人符合纳入标准并同意参与本研究,其中47人被排除在外(22人年龄不符合,10人有严重下肢残疾或者运动功能障碍,15人有神经系统疾病)。

1.2 研究方法

本研究已通过中山大学附属第三医院伦理审查委员会审批(批准号:[2022]02-213-01),并获得所有参与者签署的书面知情同意书。所有参与者签署知情同意后采集静脉血进行生化检测,包括空腹血糖(fasting blood-glucose, FBG)、甘油三酯(triglyceride, TG)、总胆固醇(total cholesterol, TC)和尿酸(uric acid, UA)。所有身体测量和平衡评估内容均由一名专业的评估治疗师完成,最后进行面对面调查并填写问卷。问卷内容包括人口学特征(性别和年龄)及体育活动强度。

肥胖指标: BMI和WC。BMI通过体质量(kg)除以身高(m)的平方计算。身高、体质量和腰围,重复测量2次取平均值。在空腹状态下进行体质量和WC的测量。体质量测量采用电子计重计(永祥衡器建材有限公司),测量时脱外套和鞋帽,读数精确到0.1 kg;腰围测量使用带刻度的标准腰围软尺,测量时受试者取站立位,手臂自然下垂,双脚并拢,平静呼吸,绕腋中线肋弓下缘与髂嵴连线中点的水平位置,环绕脐上0.5 cm~1.0 cm 1周读数,肥胖者选腰部最粗处水平绕1周测量腰围(cm),如果衣着较厚者应去除衣物贴身测量,将软尺适度拧紧,然后在两侧标出测量点,重复测量两次读数精确到0.1 cm。

本研究根据中国肥胖工作组与中国糖尿病学会2000年发布的分类标准, BMI \leq 23.9 kg/m²为正常(BMI normal group, BNG); BMI=24~27.9 kg/m²为超重(BMI overweight group, BOWG); BMI \geq 28 kg/m²为肥胖(BMI obesity group, BOG)。腰围:男性WC \geq 85 cm,女性WC \geq 80 cm为中心性肥胖(WC central obesity group, WCOG)^[10],其他为腰围正常(WC normal group, WNG)。

平衡功能指标包括:平衡误差评分系统(Balance Error Scoring System, BESS),功能性伸展测试

(functional Reach Test, FRT)。

静态平衡使用BESS平衡误差评分系统:每位受试者需闭眼、双手叉腰,完成3种站姿(双腿并拢站,单脚站,串联站),每种站姿分别在硬地面与软垫上完成,共6项测试。单腿站选择非主力脚支撑,串联站时非主力脚在后。每项测试需维持20 s,观察此期间的误差个数。所指误差包括:双手离开骨盆位置、睁开眼、安全迈步、髋关节屈曲或外展超过30°、脚跟或前足抬起、无法保持姿势超过5 s^[11]。

动态平衡使用FRT功能性伸展测试:指导患者紧靠墙壁站立,但不要触碰墙壁,将靠近墙壁的手臂弯曲90°,握拳。评估者在尺上记录第3掌骨头的起始位置。指导病人“尽量向前伸,一步也不要动”,记录第三掌骨的位置。分数是通过评估起始位置和结束位置之间的差距来确定的,即到达距离,通常以厘米(cm)为单位,测量3次,取最后两次的平均值^[12]。

体育活动:本研究中体育活动强度分为四个级别:无体育活动、低强度活动、中等强度活动和剧烈强度活动。体育活动强度的分类取决于每周的运动时间和运动类型。少于150 min的低强度运动(如骑自行车、打太极或散步)属于低强度活动。每周大于150 min的低强度运动是中等强度活动。每周75 min的高强度活动(如徒步、慢跑、广场舞、力量训练或跑步),则属于剧烈强度活动^[13]。

1.3 统计方法

所有数据使用Excel软件进行双录入,使用STATA16软件进行统计分析。Kolmogorov-Smirnov检验结果显示定量资料呈正态分布,所有数据以均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示。非参数数据组间比较采用卡方检验,参数数据两组组间比较采用单因素 t 检验,三组间比较采用ANOVA检验。采用单因素和多元Linear回归模型分析BMI和WC对BESS和FRT结果的影响。 $P < 0.05$ 被认为有统计学意义。

2 结果

2.1 基本情况

本研究共有103名参与者,根据BMI标准分为三组,正常组(BMI normal group, BNG)、超重组

(BMI overweight group, BOWG)和肥胖组(BMI obesity group, BOG)。平均 BMI (28.13±5.82) kg/m², BNG 29 人(28.16%, 20.78±1.86, kg/m²), BOWG 16 人(15.53%, 26.10±1.36, kg/m²), BOG 58 人(56.31%, 32.37±3.39, kg/m²), 三组间 BMI 有统计学意义($P < 0.001$)。三组性别、年龄和身高均无统计学意义($P \geq 0.05$)。所有参与者平均 WC 为(91.34±16.03)cm, 三组 WC 组间有统计学意义($P < 0.001$)。

FBG、TG 和 UA 平均值随三组 BMI 的增加而升高, 其中 FBG 平均值在 BNG、BOWG 和 BOG 中分别为(4.52±0.33)mmol/L、(4.95±0.46)mmol/L 和(5.46±0.83)mmol/L, 组间比较有统计学意义($P < 0.001$)。TG 平均值在 BNG、BOWG 和 BOG 中分别为(1.17±

0.21) mmol/L、(1.20±0.46) mmol/L 和 (1.84±0.93) mmol/L, 组间比较有统计学意义($P < 0.001$)。UA 平均值在 BNG、BOWG 和 BOG 中分别为(326.93±39.75) mmol/L、(342.68±34.16) mmol/L 和(413.06±108.94) mmol/L, 组间比较有统计学意义($P < 0.001$)。TC 平均值在 BNG、BOWG 和 BOG 中分别为(4.63±0.93)mmol/L、(4.47±1.05)mmol/L 和(5.23±1.18)mmol/L, 组间比较有统计学意义($P = 0.012$)。

无体育活动者 48 人(46.60%), 低强度体育活动中者 17 人(16.50%), 中等强度体育活动中者 17 人(16.50%), 剧烈体育活动中者 21 人(20.39%)。受试者一般资料分析见表 1。

表 1 103 位受试者一般资料分析

Table 1 The baseline analysis of 103 participants

[($\bar{x} \pm s$), n(%)]

Group	Whole Cohort	BNG	BOWG	BOG	F/χ^2	P
BMI/(kg/m ²)	28.13±5.82	20.78±1.86	26.10±1.36	32.37±3.39	21.843	0.000 ¹⁾
Gender					2.182	0.336
Male	63 (61.17%)	16 (55.17%)	8 (50.00%)	39 (67.24%)		
Female	40 (38.83%)	13 (44.83%)	8 (50.00%)	19 (32.76%)		
Age/years	29.26±9.72	24.41±6.52	30.25±8.62	31.41±10.57	7.704	0.021
WC/cm	91.34±16.03	71.51±5.46	88.03±9.38	102.17±9.97	11.341	0.003
Height/cm	164.93±8.24	164.27±8.40	164.59±7.05	163.93±8.60	0.862	0.956
FBG/(mmol/L)	5.12±0.78	4.52±0.33	4.95±0.46	5.46±0.83	26.136	0.000 ¹⁾
TG/(mmol/L)	1.55±0.80	1.17±0.21	1.20±0.46	1.84±0.93	54.109	0.000 ¹⁾
TC/(mmol/L)	4.94±1.14	4.63±0.93	4.47±1.05	5.23±1.18	2.054	0.012
UA/(mmol/L)	377.88±94.20	326.93±39.75	342.68±34.16	413.06±108.94	42.983	0.000 ¹⁾
Physical activity intensity					4.259	0.641
None	48 (46.60%)	15 (31.25%)	8 (16.67%)	25 (52.08%)		
Low intensity	17 (16.50%)	7 (41.18%)	1 (5.88%)	9 (52.94%)		
Moderate intensity	17 (16.50%)	3 (17.65%)	3 (17.65%)	11 (64.71%)		
High intensity	21 (20.39)	4 (19.05%)	4 (19.05%)	13 (61.90%)		

BMI: body mass index; BNG: body mass index normal group; BOWG: body mass index overweight group; BOG: body mass index obesity group; WC: waist circumference; FBG: fasting blood-glucose; TG: triglyceride; TC: total cholesterol; UA: uric acid. ¹⁾ $P < 0.001$.

2.2 BESS 评分和 FRT 距离

随 BMI 分级增加, BESS 评分呈上升趋势, 组间差异有统计学意义($P = 0.004$)。在 BNG、BOWG 和 BOG 中, FRT 距离呈下降趋势, 组间差异有统计学意义($P < 0.001$)。WNG 的 BESS 评分低于 WCOG, 组间差异有统计学意义($P =$

0.001); 在 WNG 的 FRT 距离显著高于 WCOG, 组间差异有统计学意义($P < 0.001$)。与 BMI 正常组比较, 超重和肥胖者的静态和动态平衡能力差; 与正常 WC 比较, 中心性肥胖者静态和动态平衡能力差(表 2)。

表2 不同BMI和WC分组BESS评分和FRT距离情况

Table 2 BESS score and FRT distance in different BMI groups and WC groups

($\bar{x} \pm s$)

Demographics	characteristics	N	Percentage/%	BESS/score	F/t	P	FRT/cm	F/t	P
BMI	BNG	29	28.16	14.62±8.82	4.47	0.014	42.01±7.54	11.62	0.000 ¹⁾
	BOWG	16	15.53	15.56±5.32			39.05±6.33		
	BOG	58	56.31	19.74±6.28			31.31±6.59		
WC	WNG	30	29.13	15.46±8.53	5.16	0.001	37.46±7.28	9.04	0.000 ¹⁾
	WCOG	73	70.87	18.94±6.37			32.64±7.21		

BMI: body mass index; WC: waist circumference; BESS: Balance Error Scoring System; FRT: functional reach test. ¹⁾ $P < 0.001$.

2.3 超重者中不同WC的BESS评分和FRT距离

在超重者中, WNG与WCOG组间BMI差异无统计学意义($P = 0.851$)。随WC增加, BESS评分呈上升趋势, 正常WC与中心性肥胖组间差异无统计学意义($P = 0.070$); 随WC增加, FRT距离呈下降趋

势, 正常WC与中心性肥胖组间差异有统计学意义($P = 0.021$)。结果显示, 在BMI无差异者中, 与正常WC比较, 中心性肥胖者的动态平衡能力更差。具体数值见表3。

表3 超重者中WC正常与中心性肥胖者BESS评分和FRT距离情况

Table 3 BESS score and FRT distance between WNG and WCOG in BOWG

($\bar{x} \pm s$)

Groups	N	BMI/ (kg/m ²)	t	P	BESS/score	t	P	FRT/cm	t	P
WNG	6	26.18±1.09	0.034	0.851	12.66±3.72	3.599	0.070	43.60±5.05	6.678	0.021
WCOG	10	26.05±1.55			17.30±5.20			36.33±5.65		

WC: waist circumference; WNG: WC normal group; WCOG: central obesity group; BESS: Balance Error Scoring System; FRT: functional reach test.

2.4 BESS评分影响因素的多元线性回归分析

模型1以BESS评分为因变量, FBG、TG、TC、UA和WC分级为自变量。其中WC分级的单因素线性回归结果具有显著性($B = 3.47$, $P = 0.046$, $95\% \text{ CI} = 0.07-6.88$), 结果显示, 以WC正常为对照, 中心性肥胖者随WC增加而BESS评分增加, WC分级对BESS评分的正向影响显著, 随着WC的增加静态平衡功能降低(图1)。对TC和UA进行矫正后进行多元线性回归分析, 模型1各自变量均无统计学意义($P \geq 0.05$), R^2 为0.0505。

模型2以BESS评分为因变量, FBG、TG、TC、UA和BMI分级为自变量。其中BMI分级的单因素线性回归结果具有显著性($B = 4.12$, $P = 0.027$, $95\% \text{ CI} = 0.48-7.75$), 结果显示, 以BMI正常为对照, 肥胖者随BMI增加而BESS评分增加, BMI分级对

BESS评分的正向影响显著, 随着BMI的增加静态平衡功能降低, 见图2。对TC和UA进行矫正后进行多元线性回归分析, 模型2各自变量均无统计学意义($P \geq 0.05$), R^2 为0.0821(表4)。

2.5 FRT距离影响因素的多元线性回归分析

模型3以FRT距离为因变量, FBG、TG、TC、UA和WC分级为自变量。其中FBG、TG、TC和WC分级的单因素线性回归结果对FRT距离的负向影响显著(WC分级: $B = -4.71$, $P = 0.003$, $95\% \text{ CI} = -7.83--1.61$)。结果显示, FRT距离随着FBG、TG和TC的升高而降低; 以WC正常为对照, 中心性肥胖者随WC增加而FRT距离减少, 随着WC的增加动态平衡功能降低, 见图3。对UA进行矫正后进行多元线性回归分析, 模型3各自变量均无统计学意义($P \geq 0.05$), R^2 为0.2059。

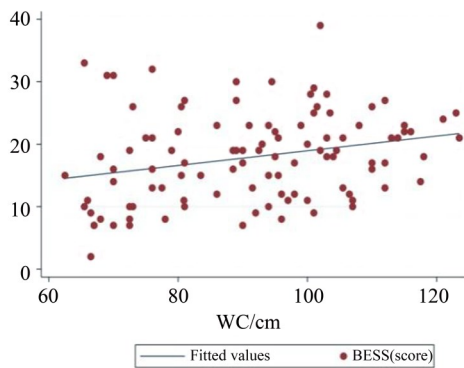


图1 WC与BESS评分单因素线性回归散点图
Fig. 1 Single factor linear regression scatter plot of WC and BESS scores

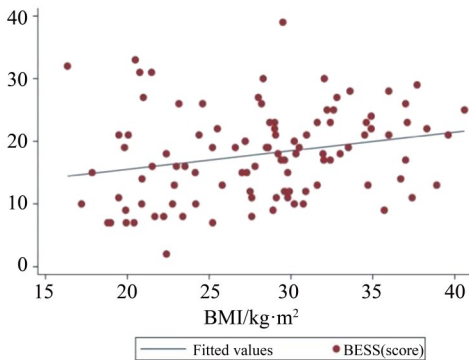


图2 BMI与BESS评分单因素线性回归散点图
Fig. 2 Single factor linear regression scatter plot of BMI and BESS scores

模型4以FRT距离为因变量,FBG、TG、TC、UA和BMI分级为自变量。其中FBG、TG、TC和

BMI肥胖组的单因素线性回归结果对FRT距离的负向影响显著(FRT距离: $B = -5.68, P = 0.001, 95\% \text{ CI} = -8.95 - 2.41$),随着BMI的增加动态平衡功能降低,见图4。结果显示,以BMI正常为对照,BMI肥胖者随BMI增加而FRT距离减少。对TC和UA进行矫正后进行多元线性回归分析,模型3各自变量(TC和WC中心性肥胖)均无统计学意义($P \geq 0.05$), R^2 为0.2066(表5)。

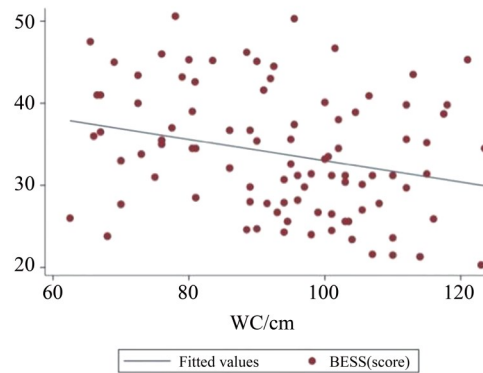


图3 WC与FRT距离单因素线性回归散点图
Fig. 3 Single factor linear regression scatter plot of WC and FET distance

3 讨论

超重和肥胖是一种与基因和环境等多因素共同影响的疾病,与心脏疾病、糖尿病、癌症、呼吸障碍等医学并发症相关,导致人体虚弱、肌力下降和

表4 BESS评分影响因素的多元线性回归分析

Table 4 Multiple linear regression analysis of influencing factors of BESS score

Items	Predictor	Category	b	S_b	b'	P	R^2
Model 1	FBG	n/a	0.592	0.941	0.064	0.782	0.050 5
	TG	n/a	0.191	0.753	0.019	0.844	
	WC	WNG	1		1		
		WCOG	2.887	1.836	0.184	0.119	
Model 2	FBG	n/a	0.264	0.966	0.034	0.782	0.082 1
	TG	n/a	-0.134	0.754	-0.012	0.863	
	BMI	BNG	1		1		
		BOWG	-0.156	2.152	-0.011	0.937	
BOG		3.953	2.021	0.267	0.054		

b : Beta; S_b : standard error; b' : standardized regression coefficient; R^2 : R square; BESS: balance error scoring system; FBG: fasting blood glucose; TG: triglyceride; BMI: body mass index; WC: waist circumference; BNG: body mass index normal group; BOWG: body mass index overweight group; BOG: body mass index obesity group; WNG: WC normal group; WCOG: central obesity group.

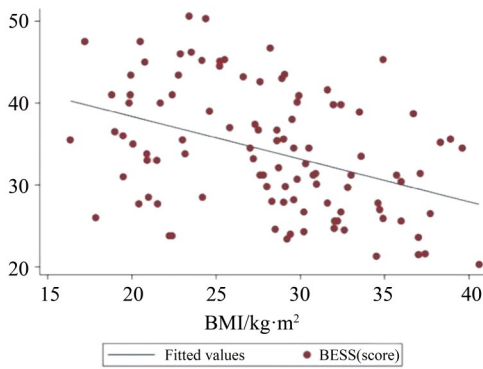


图4 BMI与FRT距离单因素线性回归散点图

Fig. 4 Single factor linear regression scatter plot of BMI and FET distance

运动功能障碍,影响患者的日常活动,降低患者的生活质量^[5-6]。因此,分析不同类型肥胖患者的平衡功能障碍对为其提供个性化运动处方具有重要意义。

研究显示,平衡系统受损的特征在肥胖人群和易跌倒人群之间具有相似性^[6]。以往研究多采用BMI作为衡量肥胖的唯一标准,研究不同BMI分级对平衡功能的影响^[4],然而尚未有研究探索由腰围分类的正常人群和中心性肥胖对平衡功能的影响。BMI和WC从不同角度反映肥胖水平,BMI反映脂肪含量,WC是反映脂肪分布情况^[3]。本研究通过参与者的BESS评分和FRT距离评估患者的平衡功

能,并研究其与BMI和腰围的关系。BESS使用三种姿势(狭窄的双腿姿势、单腿姿势和串联姿势)和两种支撑面(坚固的地面或中密度泡沫面)的组合,评估受试者的静态平衡功能,并被广泛使用在健康运动员的平衡功能障碍和踝扭伤的评估中^[14]。FRT是个简单任务的平衡的临床结果测量和评估工具,其结果反映动态平衡功能^[15]。

在静态平衡功能方面,本研究结果显示,与WNG比较,WCOG的BESS评分明显增加,表明中心性肥胖者的静态平衡功能表现更差。本研究结果与Iverson和Koehle研究结果一致,超重和肥胖女性在BESS测试中的表现明显更差($P < 0.001$),静态平衡功能显著降低^[14]。Sarkar等^[12]使用交互人体稳定性测试设备Tetrax对728名健康受试者进行静态平衡测试,结果显示,与正常组比较,肥胖组和超重组的一般稳定系数差,差异具有显著性($P < 0.05$)。

本研究结果显示,肥胖与平衡功能的关系不仅与脂肪含量有关,还与脂肪分布有关。在动态平衡功能方面,本研究结果显示,在所有受试者中,与WNG比较,WCOG的FRT距离显著减少,表明中心性肥胖者的动态平衡功能也表现更差。本研究结果与Hue等^[5]研究结果一致,Hue等使用足底压力反馈对超重和肥胖者的动态闭眼平衡功能进行评

表5 FRT距离影响因素的多元线性回归分析

Table 5 Multiple linear regression analysis of influencing factors of FRT distance

Items	Predictor	Category	<i>b</i>	<i>S_b</i>	<i>b'</i>	<i>P</i>	<i>R</i> ²
Model 3	FBG	n/a	0.002	1.192	0.022	0.999	0.205 9
	TG	n/a	-1.843	1.012	-0.194	0.071	
	TC	n/a	-0.521	0.641	-0.066	0.423	
	WC	WNG	1		1		
		WCOG	-3.412	1.827	-0.208	0.066	
Model 4	FBG	n/a	0.314	1.214	0.027	0.753	0.206 6
	TG	n/a	-1.801	0.986	-0.143	0.167	
	TC	n/a	-0.382	0.605	-0.031	0.730	
	BMI	BNG	1		1		
		BOWG	1.694	2.224	0.093	0.391	
BOG		-3.529	3.831	-0.320	0.012		

b: Beta; *S_b*: standard error; *b'*: standardized regression coefficient; *R*²: R square; FRT: functional reach test; FBG: fasting blood glucose; TG: triglyceride; TC: total cholesterol; BMI: body mass index; WC: waist circumference. BNG: body mass index normal group; BOWG: body mass index overweight group; BOG: body mass index obesity group; WNG: WC normal group; WCOG: central obesity group.

估,结果显示体质量的增加对足底压力速度(平均速度通常被认为代表了保持稳定性所需的总活动量)的增加有显著相关性,表明与BMI正常人比较,超重和肥胖者的动态平衡功能明显降低。为进一步探索WC对平衡功能的影响,本研究对比了超重患者中WC正常和中心性肥胖者的平衡功能,结果显示当BMI无显著差异时,WC正常者比中心性肥胖者的动态平衡功能更好,且组间差别有统计学差异。但由于本研究超重组样本量较小,可能引起偏倚。

本研究通过单因素线性回归分析显示,在肥胖患者中,BMI不仅是静态平衡功能的影响因素,同时影响动态平衡功能。随着BMI增加,在BESS静态平衡测试中,肥胖表现的错误增加;在FRT动态平衡测试中,肥胖患者的体前屈距离显著降低。然而超重患者在BESS评分和FRT距离中与正常体质量者比较无显著差异。本研究结果与Palwe等一致,Palwe等通过单腿站立和行走计时测试(Timed up and go)对60名参与者进行静态和动态平衡评估,结果显示与BMI正常者比较,肥胖患者的静态和动态平衡能力显著下降,但BNG与BOWG间静态和动态平衡功能均无显著差异^[16]。

本研究通过单因素线性回归分析显示,与WNG比较,随WC增加,WCOG的BESS评分升高,静态平衡功能显著降低;在FRT动态平衡测试中,WCOG的体前屈距离显著降低。本研究的多元线性回归结果显示,以BESS评分和FRT距离为因变量的各自变量均无统计学意义,其原因可能由于BMI和WC与FBG、TG、TC和UA具有共线性,对结果产生误差。既往研究显示,BMI和WC不仅是肥胖的测量指标,且能够定义代谢综合征,包括糖尿病、高血脂和高尿酸血症^[3]。因此,未来需要更大样本量对平衡功能和生化检测结果进行进一步研究。

平衡功能的影响因素是多元的,包括本体感觉、下肢肌力、运动协调能力、前庭及视觉系统等^[17]。与WCNG者相比,影响中心性肥胖者的静态平衡的原因可能包括:①运动本体感觉降低:肥胖

者通常表现出更大的足底接触面积和更高的平均足底压力值,导致其脚跟、中足和跖骨头的压力显著增加,肥胖者较大的平均足底压力值可能会降低来自足底生物感受器接收感觉信息的质量和或数量,降低运动本体感觉,从而影响平衡能力^[5];②超重和肥胖降低了肌肉的抗疲劳能力,减少了肌肉的相对力量,导致动作延迟和力矩校正不足,与正常体质量者相比,超重或肥胖患者的跌倒和扭伤发生率显著增加^[18];③生物力学改变:由于超重或肥胖患者的过多腹部脂肪堆积,其腰椎向前凸曲度显著增加,重心位置发生改变,影响了正常的躯干生物力学,错误的生物力学会降低姿势的稳定性,诱发不正确的代偿姿势以及不协调的步态模式,继而导致超重或肥胖患者重心转移障碍,引起动态平衡功能障碍^[19-20];④运动协调能力降低:由于腹部有额外的脂肪增加,超重和肥胖者身体质量心更接近于身体前侧,可能会导致维持平衡所需的踝关节扭矩增加,更大的脚踝扭矩可能会在运动反馈控制系统中产生更多的干扰,增加中枢系统调控平衡的难度^[5]。

本研究依然存在不足之处:本研究的主要受试者来源为内分泌门诊,未来需要扩大样本量,增加参与者多样性,并进一步探索减重降糖患者的生化指标对平衡功能的影响。该研究纳入的患者均为18~50岁的成年人,其中以肥胖者居多,超重者样本量小,此结论可用来解释超重和肥胖对18~50岁的成年人平衡功能的影响,后期研究将继续随访研究,并对其他年龄段的超重和肥胖者进行更深入的分层研究。

综上所述,本研究发现,BMI和腰围都是平衡功能的独立影响因素。与正常BMI者比较,肥胖者的静态和动态平衡功能下降明显,肥胖者的跌倒风险更高。与正常腰围者比较,中心性肥胖患者的动态平衡和静态平衡能力都显著降低,因此,中心性肥胖者比腰围正常者有更高的跌倒风险。因此在肥胖者中,尤其是中心性肥胖者的临床运动处方中需要增加平衡功能的训练,降低日常生活和体育活动中跌倒及肌肉骨骼损伤的风险。

参考文献

- [1] 陈燕铭. 代谢性炎症反应与糖尿病的发生发展[J]. 中山大学学报(医学科学版), 2023, 44(4): 544-550.
Chen YM. Metaflammation and development of diabetes [J]. J Sun Yat-sen Univ (Med Sci), 2023, 44(4): 544-550.
- [2] World Health Organization. Obesity and Overweight [Z]. 2021.
- [3] 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]. 中华流行病学杂志, 2022, 43(5): 609-626.
Obesity Prevention and Control Branch of Chinese Nutrition Society, Clinical Nutrition Branch of Chinese Nutrition Society, Behavioral Health Branch of Chinese Preventive Medicine Association, et al. Expert consensus on obesity prevention and treatment in China [J]. Chin J Epidemiol, 2022, 43(5): 609-626.
- [4] 戴昕, 李圆. 超重肥胖对中老年女性步态特征的影响[J]. 第十届全国体育科学大会论文摘要汇编(一), 2015.
Dai X, LI Y. Influence of overweight and obesity on gait characteristics in middle-aged and elderly women [J]. Summary of Papers in the 10th National Sports Science Congress(1), 2015.
- [5] Hue O, Simoneau M, Marcotte J, et al. Body weight is a strong predictor of postural stability[J]. Gait Posture, 2007, 26(1): 32-38.
- [6] Lee JJ, Hong DW, Lee SA, et al. Relationship between obesity and balance in the community-dwelling elderly population[J]. Am J Phys Med Rehabil, 2020, 99(1): 65-70.
- [7] Del Porto H, Pechak C, Smith D, et al. Biomechanical effects of obesity on balance [J]. IJES, 2012, 5(4): 301-320.
- [8] Tanaka M, Ikezoe T, Ichihashi N, et al. Relationship of low muscle mass and obesity with physical function in community dwelling older adults: Results from the Nagahama study [J]. Arch Gerontol Geriatr, 2020, 88: 103987.
- [9] Krejcie RV, Morgan DW. Determining sample size for research activities [J]. Educ Psychol Meas, 1970, 30(3): 607-610.
- [10] 中华人民共和国卫生部疾病控制司. 中国成人超重和肥胖症预防控制指南[M]. 人民卫生出版社, 2006.
Department of Disease Control, Ministry of Health, People's Republic of China. Guidelines for prevention and control of overweight and obesity in Chinese adults [M]. PMPH, 2006.
- [11] Riemann BL, Guskiewicz KM, Shields EW. Relationship between clinical and forceplate measures of postural stability [J]. J Sport Rehabil, 1999, 8(2): 71-82.
- [12] Sarkar A, Singh M, Bansal N, et al. Effects of obesity on balance and gait alterations in young adults[J]. Indian J Physiol Pharmacol, 2011, 55(3): 227-233.
- [13] Jeon CY, Lokken RP, Hu FB, et al. Physical activity of moderate intensity and risk of type 2 diabetes: a systematic review [J]. Diabetes Care, 2007, 30(3): 744-752.
- [14] Iverson GL, Koehle MS. Normative data for the balance error scoring system in adults [J]. Rehabil Res Pract, 2013: 846418.
- [15] Merchan-Baeza JA, Gonzalez-Sanchez M, Cuesta-Vargas AI. Influence of age on kinematic analysis of functional reach test: a cross-sectional study [J]. Human Movement, 2021, 22(3): 77-83.
- [16] Palwe JS, Ghumatkar M, Kumar A. Assessment of balance in obese women with respect to grades of obesity [J]. IJCAR, 2020, 9(5): 22360-22363.
- [17] Alice A, Yadav M, Verma R, et al. Effect of obesity on balance: a literature review [J]. IJHS, 2022, 6(S4): 3261-3279.
- [18] Pajoutan M, Xu X, Cavuoto LA. The effect of obesity on postural stability during a standardized lifting task [J]. J Occup Environ Hyg, 2017, 14(3): 180-186.
- [19] McGuine TA, Keene JS. The effect of a balance training program on the risk of ankle sprains in high school athletes [J]. Am J Sports Med, 2006, 34(7): 1103-1111.
- [20] Khalaj N, Abu Osman NA, Mokhtar AH, et al. Balance and risk of fall in individuals with bilateral mild and moderate knee osteoarthritis [J]. PLoS One, 2014, 9(3): e92270.