· 论著 ·

DOI: 10.12464/j.issn.0253-9802.2024-0461

抗阻呼吸训练联合减重运动训练对中心性肥胖患者平衡功能的影响

王海妹¹, 辛蔚¹, 胡涛¹, 邓钟义¹, 卫小梅¹, 向晓昕², 陈燕铭²✉

(1. 中山大学附属第三医院康复医学科, 广东 广州 510630; 2. 中山大学附属第三医院内分泌与代谢病学科, 广东 广州 510630)

【摘要】 目的 探讨抗阻呼吸训练联合减重运动对中心性肥胖(AO)患者平衡功能的影响。方法 选择2022年11月至2024年5月在中山大学附属第三医院内分泌降糖减重联合门诊就诊的66例AO患者(AO组)及35名健康志愿者(健康组), AO组患者分为对照组33例和干预组33例, AO组患者均进行常规减重运动训练, 干预组在此基础上增加抗阻呼吸训练, 训练时间均为4周。采集参与者在干预前后的最大吸气压(MIP)、最大呼气压(MEP), 以及膈肌的增厚率(DTR)和平衡功能, 包括平衡误差评分系统(BESS)评估静态平衡功能和功能性伸展测试(FRT)评估动态平衡功能。结果 健康组与AO组的年龄比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。干预前AO组的体质指数(BMI)、腰臀比(WHR)、MIP、MEP、DTR、FRT均高于健康组, 其BESS评分低于健康组(均 $P < 0.001$), 干预组与对照组的BMI、腰臀比、MIP、MEP、DTR、BESS、FRT干预前指标间比较差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$)。干预4周后, 对照组和干预组MIP、MEP、DTR、BESS评分均比干预前提高(均 $P < 0.05$), 且干预组效果均优于对照组(均 $P < 0.05$)。对照组在FRT测试干预前后比较差异无统计学意义($P > 0.05$), 干预组效果优于对照组($P = 0.005$)。结论 抗阻呼吸训练联合减肥运动能改善AO患者的平衡功能。

【关键词】 抗阻呼吸训练; 中心性肥胖; 平衡功能; 膈肌

Effect of respiratory resistance training combined with weight loss exercise on balance function in patients with central obesity

WANG Haimei¹, XIN Wei¹, HU Tao¹, DENG Zhongyi¹, WEI Xiaomei¹, XIANG Xiaoxin², CHEN Yanming²✉(1. Department of Rehabilitation Medicine, the Third Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510630, China ;
2. Department of Endocrinology & Metabolism, the Third Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510630, China)
Corresponding author: CHEN Yanming, E-mail: chyanm@mail.sysu.edu.cn

【Abstract】 Objective To investigate the effect of respiratory resistance training combined with weight loss exercise on balance function in patients with abdominal obesity (AO). **Methods** A total of 66 AO patients who visited the Hypoglycemic Weight Loss Clinic of the Endocrinology Department of the Third Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University between November 2022 and May 2024 were enrolled (AO group), along with 35 healthy volunteers (healthy control group). The AO group was divided into a control group ($n = 33$) and an intervention group ($n = 33$). All AO patients received standard weight loss exercise training for 4 weeks; in addition, the intervention group underwent respiratory resistance training. The maximal inspiratory pressure (MIP), maximal expiratory pressure (MEP), diaphragm thickening ratio (DTR), and balance function of participants were collected before and after the intervention. Balance function assessments included the Balance Error Scoring System (BESS) for evaluating static balance and the Functional Reach Test (FRT) for evaluating dynamic balance. **Results** There were no statistically significant differences in age between the healthy group and the AO group ($P > 0.05$). Before intervention, BMI, waist-to-hip ratio (WHR), MIP, MEP, DTR, and FRT scores were significantly higher in the AO group than in the healthy group, while BESS scores were significantly lower (all $P < 0.001$). No significant differences were observed between the control and intervention groups in BMI, WHR, MIP, MEP, DTR, BESS, or FRT before intervention (all $P > 0.05$). After 4 weeks of intervention, MIP, MEP, DTR, and BESS scores improved

收稿日期: 2024-11-07

基金项目: 国家自然科学基金(82270886)

作者简介: 王海妹, 硕士研究生, 研究方向: 减重运动管理, E-mail: wanghm56@mail.sysu.edu.cn; 陈燕铭, 通信作者, 教授, 主任医师, 博士生导师, 研究方向: 糖尿病及其血管并发症、肥胖症的临床与基础研究、干细胞治疗糖尿病, E-mail: chyanm@mail.sysu.edu.cn

significantly in both the control and intervention groups (all $P < 0.05$), with greater improvements observed in the intervention group ($P < 0.05$). FRT results showed no significant change in the control group after intervention ($P > 0.05$), while the intervention group demonstrated better performance than the control group ($P = 0.005$). **Conclusion** Respiratory resistance training combined with weight loss exercise can significantly improve balance function in patients with AO.

【Key words】 Breathing training; Abdominal obesity; Balance function; Diaphragm

随着经济的快速发展及人们生活方式的变化,中心性肥胖(abdominal obesities, AO)逐渐成为影响中国人民健康的危险因素^[1]。与一般性肥胖相比,AO与糖尿病、脑卒中、高血压、冠状动脉粥样硬化性心脏病(冠心病)的关联性更为密切,对健康的危害更大^[2]。有研究表明,AO引起的腹部脂肪堆积会导致膈肌受压,造成肺活量下降甚至呼吸困难,从而增加呼吸道疾病的风险,如肥胖低通气综合征等^[3]。AO患者膈肌收缩功能下降,肺容量减少,机体利用氧的能力下降,运动中的组织供氧能力及胸壁顺应性下降,存在弥散功能障碍,肥胖人群在运动过程中对运动耐力进一步下降^[4]。AO还会导致生物力学的改变影响姿势控制能力,平衡功能下降^[5],导致更大的跌倒风险^[6]。辛蔚等^[7]研究表明,AO患者的动态和静态平衡能力均降低。最近有研究报道,呼吸训练不仅能提高呼吸肌的肌力和耐力,对平衡的维持和控制也有很大的影响^[8]。目前针对AO患者抗阻呼吸训练对平衡功能影响的研究甚少。本研究将探讨抗阻呼吸训练对AO患者平衡功能的影响,旨在为此类患者平衡功能的改善及身体活动的方法提供参考。

1 对象与方法

1.1 研究对象

选择2022年11月至2024年5月在中山大学附属第三医院内分泌降糖减重门诊就诊且符合AO诊断标准的患者。根据肥胖症中国诊疗指南(2024版),AO指患者BMI ≥ 30 kg/m²,男性腰围 ≥ 90 cm,女性腰围 ≥ 85 cm,男性腰围与臀围比值(waist-hip ratio, WHR) ≥ 0.90 ,女性WHR ≥ 0.85 ^[9]。病例纳入标准:①年龄30~40岁;②血压正常;③心功能正常;④临床资料收集完整。排除标准:①孕妇、哺乳期或在研究期间计划妊娠的育龄期妇女;②甲状腺功能减退引起的肥胖者;③合并肺部感染或慢性支气管炎、慢性阻塞性肺疾病急性发作期等不适合接受呼吸训练者;④既往接受呼吸训练等相关康复治疗者;⑤有先天性胸

部畸形、肋骨骨折、神经功能疾病以及胸腹部外伤等外科手术史者;⑥确诊为皮质醇增多症和多囊卵巢综合征者。剔除与脱落标准:①依从性差,不能完成训练;②主动要求退出。以同期在中山大学附属第三医院内分泌降糖减重门诊招募的同龄健康志愿者作为健康组。本研究经中山大学附属第三医院伦理委员会批准(批件号:[2022]02-213-01),并获得所有研究对象签署的知情同意书。

样本量经G*Power 3.1.9.7计算,在显著性水平为0.05的条件下,效应量设为80%。根据3组主要研究指标的预估均数和标准差计算每组估计样本量为26,考虑20%的脱落率,每组至少需要30例样本量,本研究最后招募的总例数为120例,健康组40名,AO组80例,AO组中的干预组和对照组采用单盲法按照1:1比例,使用电脑随机数字分组法进行分配,根据资料的完整性(AO组中的对照组和干预组在干预中因各种因素中途退出14例),本研究最终纳入研究101名,健康组35名,AO组中的对照组和干预组各33例。

1.2 干预方法

健康组不接受任何干预。AO组中的对照组和干预组均接受常规训练指导,干预组在此基础上增加呼吸肌耐力训练器训练和腹式抗阻呼吸训练。

常规训练指导:根据公民体重管理卫生健康指南^[10]和美国运动医学学院指南^[11],包括每天进行6000步的步行活动,每周总步数约40000步;联合进行有氧和阻力运动训练,每天进行30~60 min的中等强度有氧运动,每周进行2~3次阻力运动,每次20 min,每周200~300 min中等强度体力活动,连续4周。运动时保证心率为本人最高心率的60%~70%。

干预组在上述基础上增加以下呼吸训练,包括机械性抗阻呼吸训练和缩唇-腹式抗阻呼吸训练。机械性抗阻呼吸训练的具体操作流程如下:使用赛客智能便携式肺功能检测仪(厦门产)配合吸气肌和呼气肌训练。吸气肌训练:每次吸气之前,先将肺内的气体尽量吐干净,然后以最大的肺容量用力吸气,直到仪器出现语音的提示暂

停,吸满气后不要憋气,用嘴缓慢呼气至肺内气体被排空,每次呼气维持在6 s左右。吸气肌训练重复10次。呼气肌训练:每次呼气之前,先将肺内的气体尽量吸满,然后尽最大的能力呼气,直到仪器出现语音的提示暂停,呼气后不要憋气,用嘴缓慢吸气维持在6 s左右,呼气肌训练重复10次。使用赛客智能便携式肺功能检测仪,根据患者前3次的吸气负荷自动设定患者本次训练的吸气肌和呼气肌负荷能力^[12]。缩唇-腹式抗阻呼吸训练具体操作如下:患者先热身5 min,然后进行10 min弹力带抗阻训练,最后进行5 min放松训练。抗阻训练采用tens法(每次肌肉收缩10 s后休息10 s,重复10次为1组,每次训练10组)并使用赛乐红色弹力带[阻力1.13 kg(2.5 Lb)]。主要通过缩唇式-呼气时进行抗阻弹力带扩胸训练,让患者呼气时缩唇,吸气时放松。抗阻训练过程中,肌肉收缩10 s,休息10 s,重复3次为1个训练疗程,共10个训练疗程^[13],每天进行30 min训练,每周5 d,持续4周。

1.3 研究方法

1.3.1 膈肌厚度超声评估

采用美国索诺声 S-Series 超声诊断系统,使用 HFL38x 高频线阵探头(13-6 MHz 超宽变频)进行超声测量,参与者取仰卧位,探头放置于右腋前线第7~8肋间矢状面,在B超模式下嘱参与者深呼吸,冻结图像,测量壁层胸膜线及腹膜线之间的距离。记录吸气末和呼气末膈肌厚度。膈肌增厚率(diaphragm thickening rate, DTR)为吸气末膈肌厚度和呼气末膈肌厚度的差值与呼气末膈肌厚度的百分比。

1.3.2 呼吸肌测试

采用赛客智能便携式肺功能检测仪对参与者进行呼吸肌力测试,并获取参与者最大吸气肌压力(maximum inspiratory pressure, MIP)和最大呼气肌压力(maximum expiratory pressure, MEP)^[14]。

1.3.3 静态和动态平衡功能的指标测试

静态平衡功能使用平衡误差评分系统(balance error scoring system, BESS)量表评估。该量表包括3个不同的站姿、2个不同平面,6项测试分别为闭眼平地双腿站立、闭眼患侧腿或非优势腿站立、闭眼患侧腿或非优势腿为重心的前后脚站立、闭眼平衡垫上的双腿站立、闭眼平衡垫上的患侧腿或非优势腿站立、闭眼平衡垫上的患侧腿或非优势腿为重心的前后脚站立,要求闭眼,双手叉

腰至髌嵴,非支撑腿屈髋 $\geq 60^\circ$,保持平衡,每个动作维持20 s,观察是否有出现错误动作。错误动作包括7个,分别为双手离开髌嵴位置、睁开眼、髋关节屈曲或外展 $>30^\circ$ 、足尖或足跟抬起、无法保持姿势超过5 s、出现保护性动作、2 s时间内出现错误的动作,如出现以上的错误动作,各记1分,并记录其错误次数^[8]。

动态平衡功能使用功能性伸展测试(Functional Reach Test, FRT)评估^[15],患者穿平底鞋,靠墙边站立,身体矢状面与墙面平行。要求患者在双脚不动的前提下,肩关节屈曲 90° ,肘关节伸直手握掌拳,先测试第三掌骨的距离,要求参与者尽可能向前倾斜但不能失去平衡或采取跨步,使用卷尺重复测量向前最大的距离,用结果减去开始时第三掌骨所在刻度数值。在进行FRT操作时,需要保证被测者的安全,防止跌倒。所有的指标均在干预前后由同一名不参与干预、不知道分组情况且不参与数据分析的治疗师进行功能评定,每项指标均进行有效测试3次,结果取平均值。

1.4 统计学方法

采用SPSS 27.0分析数据。连续型变量的正态性应用Shapiro-Wilk检验法检验,正态分布的数据采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较使用独立样本 t 检验,组内比较使用配对 t 检验。计数资料以 $n(\%)$ 表示,组间比较采用 χ^2 检验。以双侧 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 AO组与健康组、干预组与对照组的一般资料比较

健康组与AO组的性别构成、年龄比较差异无统计学意义(均 $P > 0.05$);干预前AO组的MIP、MEP、DTR、FRT均低于健康组,BMI、WHR、BESS评分均高于健康组(均 $P < 0.001$)。AO组中的对照组和干预组的性别构成、年龄、BMI、WHR比较差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$)。见表1、2。

2.2 干预组与对照组AO患者的肺功能指标比较

干预前,干预组和对照组AO患者MIP、MEP和DTR比较差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$),干预4周后,2组AO患者的MIP、MEP和DTR较干预前增加,且干预组优于对照组(均 $P < 0.05$)。见表3。

2.3 干预组与对照组 AO 患者的平衡功能指标比较

干预前, 干预组和对照组 AO 患者的 BESS 和 FRT 评分比较差异均无统计学意义 (均 $P > 0.05$)。干预 4 周后, 干预组与对照组的 BESS 评分较干预

前降低, 且干预组优于对照组 (均 $P < 0.05$); 干预组的 FRT 评分较干预前增加 ($P = 0.007$), 对照组 FRT 干预前后 FRT 评分比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。见表 4。

表 1 AO 组与健康组、干预组与对照组的一般资料比较

Table 1 Comparison of general information between AO group and healthy group, intervention group and control group

组别	性别 / n (%)		年龄 / 岁	BMI / (kg/m ²)	WHR
	男	女			
健康组 (n=35)	15 (42.9)	20 (57.1)	32.58 ± 2.31	21.61 ± 1.77	0.82 ± 0.04
AO 组 (n=66)	36 (54.5)	30 (45.5)	32.51 ± 2.90	34.67 ± 3.62	0.94 ± 0.04
χ^2/t 值	1.250		0.716	-24.331	-12.964
P 值	0.264		0.474	<0.001	<0.001
对照组 (n=33)	18 (54.5)	15 (45.5)	32.45 ± 3.33	35.30 ± 3.34	0.94 ± 0.04
干预组 (n=33)	18 (54.5)	15 (45.5)	32.12 ± 1.88	34.04 ± 3.83	0.94 ± 0.05
t 值			-0.265	1.418	-0.077
P 值			0.792	0.161	0.939

表 2 干预前健康组与 AO 组的肺功能和平衡功能指标比较

Table 2 Comparison of lung function and balance function indicators between the pre intervention healthy group and the AO group

组别	$\bar{x} \pm s$				
	MIP/cmH ₂ O	MEP/cmH ₂ O	DTR/%	BESS/分	FRT/cm
健康组 (n=35)	86.54 ± 6.79	118.63 ± 10.35	74.26 ± 4.01	3.26 ± 1.27	33.29 ± 3.86
AO 组 (n=66)	64.09 ± 22.25	92.45 ± 15.16	30.25 ± 19.10	13.71 ± 3.71	27.82 ± 5.47
t 值	7.561	9.138	17.986	-20.716	5.260
P 值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注: 1 cmH₂O=0.098 kPa。

表 3 干预组与对照组 AO 患者的肺功能指标比较

Table 3 Comparison of lung function data between intervention group and control group AO patients

组别	$\bar{x} \pm s$					
	MIP/cmH ₂ O		MEP/cmH ₂ O		DTR/%	
	干预前	干预后	干预前	干预后	干预前	干预后
干预组 (n=33)	66.91 ± 22.36	83.27 ± 16.63 ^a	93.52 ± 18.06	107.00 ± 14.07 ^a	29.96 ± 14.76	70.44 ± 27.94 ^a
对照组 (n=33)	61.27 ± 22.11	71.39 ± 18.85 ^a	91.39 ± 11.74	97.15 ± 10.62 ^a	34.22 ± 21.02	46.18 ± 24.24 ^a
t 值	-0.129	-2.714	-0.566	-3.209	-0.575	-3.802
P 值	0.307	0.009	0.574	0.002	0.567	<0.001

注: 1 cmH₂O=0.098 kPa; 与组内干预前比较, ^a $P < 0.05$ 。

表 4 干预组与对照组 AO 患者的平衡功能数据比较

Table 4 Comparison of balance function data between intervention group and control group AO patients

组别	$\bar{x} \pm s$			
	BESS/分		FRT/cm	
	干预前	干预后	干预前	干预后
干预组 (n=33)	14.39 ± 4.11	7.70 ± 2.27 ^a	28.86 ± 5.32	31.82 ± 5.46 ^a
对照组 (n=33)	13.03 ± 3.18	9.91 ± 3.07 ^a	26.76 ± 5.49	27.91 ± 5.53
t 值	-1.507	3.331	-1.581	-2.881
P 值	0.137	0.001	0.119	0.005

注: 与组内干预前比较, ^a $P < 0.05$ 。

3 讨论

肥胖已经成为危害中国居民健康的严重公共卫生问题^[16]。研究表明, AO 与平衡功能的下降有关, 更容易出现平衡功能障碍和跌倒, 可能的原因为躯干负荷增加、重心偏移、生物力学的改变, 本体感觉的下降、心理因素等^[17-18], 但此类患者平衡功能的受损容易被忽视。因此, 增加 AO 人群的平衡功能尤为重要, 需要综合管理^[19]。本研究探讨抗阻呼吸训练对 AO 患者平衡功能的影响。结果显示, 与传统减重运动相比, 联合抗阻呼吸训练可改善 AO 患者的静态和动态平衡能力。可能的原因为抗阻呼吸训练可有效增加核心肌群协调性及膈肌功能, 优化躯干稳定性, 弥补减重运动中膈肌激活不足的缺陷。既往研究支持呼吸训练对平衡能力的积极影响, Kim 等^[20]对 78 名健康年轻人进行不同呼吸模式的训练, 结果表明呼吸会影响双腿站立和单腿站立的平衡能力。罗春红等^[21]对 30 名健康大学生进行腹式呼吸干预, 结果表明与平静呼吸相比, 腹式呼吸能提高站立平衡能力。然而, 上述研究主要针对健康人群, 而本研究主要探讨在 AO 患者中抗阻呼吸训练联合减重运动对平衡功能的影响。

既往研究表明, 缩唇-腹式呼吸训练对改善肥胖患者的肥胖状态、生活质量等方面有积极的影响, 研究者认为呼吸训练有效激活呼吸肌运动^[22], 但未对平衡功能的影响进一步探讨。也有不少研究表明, 通过呼吸训练可提高膈肌的功能, 也改善了重度慢性阻塞性肺疾病、脑卒中患者、超重老年女性的静态和动态平衡功能^[23-25]。此外, 针对超重或肥胖的女性进行反弹运动等强调神经肌肉控制的训练则通过增强下肢肌力与本体感觉, 可显著改善动态平衡^[26], 因此, 结合特异性平衡训练的减重方案可能更具优势。与其他研究相比, 本研究专注于 AO 患者, 为在该类人群的呼吸训练提供了新的视角。本研究采用赛客呼吸训练器, 与其他呼吸训练相比, 赛客呼吸训练器可根据患者需求自动调整呼吸阻力, 进行有效的训练, 与以往的呼吸训练方式(腹式呼吸)相比, 赛客呼吸训练器对 AO 患者的膈肌收缩率增加、静态和动态平衡能力有改善, 具有更高的针对性和可调节性。

AO 患者平衡功能的改善可能归因于几个潜在的生理机制。首先, 呼吸肌耐力训练器训练和

腹式抗阻呼吸训练可以有效增加 MIP、MEP 和膈肌的增厚率, 侧面反映增加了膈肌的力量。而膈肌、多裂肌、腹横肌和盆底肌是共同维持身体稳定性、躯干控制能力, 进而影响平衡能力。腹式呼吸使得膈肌充分有效的收缩下降, 膈肌通过调节腹内压有效维持脊柱的稳定性, 增强了深层的呼吸肌和核心肌群之间的协调性, 有助于在快速的运动和频率中保持上半身的稳定, 特别是胸腔旋转的运动^[27], 膈肌的收缩有助于维持姿势的稳定^[28]。其次, 与胸式呼吸相比, 腹式呼吸能降低机体的呼吸功耗, 增加肺活量, 增大摄氧量, 提升血氧含量, 增加下肢血液循环和营养支持。同时能降低辅助呼吸肌的代偿收缩, 避免了长期的肌肉疲劳所导致的肌肉僵硬, 通过调节自主神经, 增强副交感神经活性, 放松紧张的肌肉, 改善了本体感觉, 提高躯干的平衡能力^[25]。再者, 既往研究表明, 腹式呼吸训练也可以改善肌肉的激活时序, 可有效地先激活腹外斜肌和竖脊肌, 最后激活臀大肌, 加强腰腹部深层肌群收缩维持稳定腹内压, 间接增强下肢关节的稳定性, 进而改善平衡功能^[29]。因此, 本研究为 AO 患者运动处方的制定提供科学依据, 也指导物理治疗师为 AO 患者训练计划时积极促进膈肌主动参与, 增强心肺耐力的同时增加躯干的平衡能力。

综上所述, 采用抗阻呼吸训练联合减重运动训练对 AO 患者进行干预, 能有效改善患者的平衡功能。本研究存在以下的局限性, 首先, 干预的时间为 4 周, 缺乏长期的疗效观察与随访, 需要更长的随访时间进一步验证呼吸训练对 AO 患者长期的影响。其次, 呼吸肌力量的提升具备平台期, 呼吸肌的力量大小与平衡功能的因果关系尚不清楚, 需要进一步研究表面肌电图检测膈肌与平衡功能的相关性。

利益冲突声明: 本研究未受到企业、公司等第三方资助, 不存在潜在利益冲突。

参 考 文 献

- [1] NAN J, CHEN M, YUAN H, et al. Prevalence and influencing factors of central obesity among adults in China: China nutrition and health surveillance (2015-2017)[J]. *Nutrients*, 2024, 16(16): 2623. DOI: 10.3390/nu16162623.
- [2] 赵园园, 张华, 孙晓晖, 等. 2020 年青岛市成年人中心性肥胖患病情况及影响因素分析[J]. *中国慢性病预防与控制*,

- 2022, 30 (12): 951-953. DOI: 10.16386/j.cjpcd.issn.1004-6194.2022.12.015.
- ZHAO Y Y, ZHANG H, SUN X H, et al. Prevalence of central obesity among adults in Qingdao City in 2020 and its influencing factors [J]. *Chin J Prev Control Chronic Non-Commun Dis*, 2022, 30 (12): 951-953. DOI: 10.16386/j.cjpcd.issn.1004-6194.2022.12.015.
- [3] 中华医学会外科学分会甲状腺及代谢外科学组, 中国医师协会外科医师分会肥胖和代谢病外科专家工作组. 中国肥胖及代谢疾病外科治疗指南 (2024版) [J]. *中国实用外科杂志*, 2024, 44 (8): 841-849. DOI: 10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2024.08.01.
- Thyroid and Metabolism Surgery Group of the Chinese Society of Surgery, Chinese Society for Metabolic and Bariatric Surgery. Chinese clinical guidelines for the surgery of obesity and metabolic disorders (2024 edition) [J]. *Chin J Pract Surg*, 2024, 44 (8): 841-849. DOI: 10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2024.08.01.
- [4] 高玉叶, 徐海, 孙妍. 肥胖对呼吸功能的影响及机制 [J]. *临床荟萃*, 2023, 38 (4): 381-384. DOI: 10.3969/j.issn.1004-583X.2023.04.018.
- GAO Y Y, XU H, SUN Y. Effect of obesity on respiratory function and its mechanism [J]. *Clin Focus*, 2023, 38 (4): 381-384. DOI: 10.3969/j.issn.1004-583X.2023.04.018.
- [5] SVARTENGREN M, CAI G H, MALINOVSKI A, et al. The impact of body mass index, central obesity and physical activity on lung function: results of the EpiHealth study [J]. *ERJ Open Res*, 2020, 6 (4): 00214-02020. DOI: 10.1183/23120541.00214-2020.
- [6] 王爱文, 余荣芳, 王雯君, 等. 年龄及肥胖程度对人体静态姿势稳定性的影响 [J]. *中国体育科技*, 2022, 58 (8): 76-82. DOI: 10.16470/j.csst.2021125. DOI: 10.16470/j.csst.2021125.
- WANG A W, YU R F, WANG W J, et al. Effects of aging and BMI on standing postural stability [J]. *Chin Sport Sci Tech*, 2022, 58 (8): 76-82. DOI: 10.16470/j.csst.2021125.
- [7] 辛蔚, 麦艺颖, 唐喜香, 等. 体质量与腰围对超重肥胖成年人平衡功能的影响 [J]. *中山大学学报 (医学科学版)*, 2023, 44 (4): 551-559. DOI: 10.13471/j.cnki.j.sun.yat-sen.univ (med.sci).2023.0402.
- XIN W, MAI Y Y, TANG X X, et al. Effects of body weight and waist circumference on balance function in overweight and obese adults [J]. *J Sun Yat Sen Univ (Med Sci)*, 2023, 44 (4): 551-559. DOI: 10.13471/j.cnki.j.sun.yat-sen.univ (med.sci).2023.0402.
- [8] FABERO-GARRIDO R, DEL CORRAL T, PLAZA-MANZANO G, et al. Effects of respiratory muscle training on exercise capacity, quality of life, and respiratory and pulmonary function in people with ischemic heart disease: systematic review and meta-analysis [J]. *Phys Ther*, 2024, 104 (3): pzad164. DOI: 10.1093/ptj/pzad164.
- [9] 中华人民共和国国家卫生健康委员会医政司. 肥胖症中国诊疗指南 (2024年版) [J]. *协和医学杂志*, 2025, 16 (1): 90-108. DOI: 10.12290/xhyxzz.2024-0918.
- Department of Medical Administration of National Health Commission of the People's Republic of China. Chinese Guidelines for the Clinical Management of Obesity (2024 Edition) [J]. *Med J PUMCH*, 2025, 16 (1): 90-108. DOI: 10.12290/xhyxzz.2024-0918.
- [10] 王立祥, 王贵强, 王玮珏, 等. 《中华精准健康传播专家共识》之公民体重管理卫生健康指南 [J]. *中国研究型医院*, 2021, 8 (2): 68-76. DOI: 10.19450/j.cnki.jcrh.2021.02.017.
- WANG L X, WANG G Q, WANG W Y, et al. Health Guidelines for Citizen weight management based on the Consensus of Chinese Experts on Precision Health Communication [J]. *Res Hosp Chin*, 2021, 8 (2): 68-76. DOI: 10.19450/j.cnki.jcrh.2021.02.017.
- [11] JAKICIC J M, APOVIAN C M, BARR-ANDERSON D J, et al. Physical activity and excess body weight and adiposity for adults. American college of sports medicine consensus statement [J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2024, 56 (10): 2076-2091. DOI: 10.1249/MSS.0000000000003520.
- [12] 杨宁, 李晓兵, 侯丽敏, 等. 三穴五针联合肺康复训练对卒中肺部感染后肺功能影响 [J]. *中华中医药学刊*, 2023, 41 (8): 222-225. DOI: 10.13193/j.issn.1673-7717.2023.08.046.
- YANG N, LI X B, HOU L M, et al. Effect of three-acupoint five-needle therapy combined with lung rehabilitation training on pulmonary function in patient with stroke after pulmonary infection [J]. *Chin Arch Trad Chin Med*, 2023, 41 (8): 222-225. DOI: 10.13193/j.issn.1673-7717.2023.08.046.
- [13] 翟雨婷, 张建薇, 许玲, 等. 弹力带抗阻运动联合呼吸功能训练治疗老年慢阻肺稳定期合并肌少症患者的临床分析 [J]. *老年医学与保健*, 2022, 28 (2): 291-295. DOI: 10.3969/j.issn.1008-8296.2022.02.015.
- ZHAI Y T, ZHANG J W, XU L, et al. Clinical analysis of elastic band resistance exercise combined with respiratory function training in the treatment of elderly patients with stable chronic obstructive pulmonary disease complicated with sarcopenia. *Geriatr Health Care*, 2022, 28 (2): 291-295. DOI: 10.3969/j.issn.1008-8296.2022.02.015.
- [14] 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. DOI: 10.1111/obr.13137.
- [15] 朱晓敏, 刘元旻, 杜雪晶, 等. 功能性伸展测试临床应用进展 [J]. *中国康复理论与实践*, 2021, 27 (5): 583-587. DOI: 10.3969/j.issn.1006-9771.2021.05.011.
- ZHU X M, LIU Y M, DU X J, et al. Advance in application of functional reach test [J]. *Chin J Rehabil Theory Pract*, 2021, 27 (5): 583-587. DOI: 10.3969/j.issn.1006-9771.2021.05.011.
- [16] 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]. *中国预防医学杂志*, 2022, 23 (5): 321-339. DOI: 10.16506/j.1009-6639.2022.05.001.
- Chinese Nutrition Society Obesity Prevention and 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. *Chin Prev Med*, 2022, 23 (5): 321-339. DOI: 10.16506/j.1009-6639.2022.05.001.
- [17] 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.
- [18] KIM D, LEWIS C L, SILVERMAN A K, et al. Changes in dynamic balance control in adults with obesity across walking speeds [J]. *J Biomech*, 2022, 144: 111308. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2022.111308.
- [19] 张群, 谭莺, 朱延华, 等. 减重后为何会出现体重反弹 [J]. *新医学*, 2024, 55 (9): 677-684. DOI: 10.3969/j.issn.0253-9802.2024.09.001.
- ZHANG Q, TAN Y, ZHU Y H, et al. Why does weight regain occur after weight loss [J]. *J New Med*, 2024, 55 (9): 677-684. DOI: 10.3969/j.issn.0253-9802.2024.09.001.
- [20] KIM S H, SHIN H J, CHO H Y. Impact of types of breathing on static balance ability in healthy adults [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2022, 19 (3): 1205. DOI: 10.3390/ijerph19031205.
- [21] 罗春红, 李小康, 刘建华, 等. 腹式呼吸对立位平衡能力的影响 [J]. *西南军医*, 2021, 23 (S1): 326-328. DOI: 10.3969/j.issn.1672-7193.2021.04-06.007.
- LUO C H, LI X K, LIU J H, et al. The EFFECT of abdominal breathing on standing balance [J]. *J Mil Surg Southwest China*, 2021, 23 (S1): 326-328. DOI: 10.3969/j.issn.1672-7193.2021.04-06.007.
- [22] 郑艳文, 邬海燕, 朱旭, 等. 缩唇-腹式呼吸训练联合持续气道正压通气对肥胖低通气综合征患者的疗效观察 [J]. *中国康复医学杂志*, 2023, 38 (5): 625-637. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2023.05.007.
- ZHENG Y W, WU H Y, ZHU X, et al. The effect of lip reduction-abdominal breathing training combined with continuous positive airway pressure in patients with obesity hypopnea syndrome [J]. *Chin J Rehabil Med*, 2023, 38 (5): 625-637. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2023.05.007.
- [23] KIM S H, CHO S H. Effects of cardiorespiratory physiotherapy on balance and gait in stroke: a network meta-analysis of randomised controlled trials [J]. *Disabil Rehabil*, 2024: 1-10. DOI: 10.1080/09638288.2024.2434649.
- [24] FLORIAN C A, CORINA P C, ADELINA M, et al. Respiratory muscle training and its impact on balance and gait in patients with severe COPD [J]. *Medicina (Kaunas)*, 2024, 60 (2): 257. DOI: 10.3390/medicina60020257.
- [25] MOHAMMAD RAHIMI F, SOHRABI M, SABERI KAKHKI A, et al. Six weeks to wellness: the role of breathing exercises based on motor development pattern in improving fitness and quality of life in overweight elderly women [J]. *Biol Res Nurs*, 2025, 27 (2): 261-273. DOI: 10.1177/10998004241297403.
- [26] OJUKWU C P, NNYABA I S, EDE S S, et al. The effect of rebound exercise on cognition and balance of females with overweight and obesity [J]. *Libyan J Med*, 2025, 20 (1): 2438513. DOI: 10.1080/19932820.2024.2438513.
- [27] GUO J, GUO W, REN G. Embodiment of intra-abdominal pressure in a flexible multibody model of the trunk and the spinal unloading effects during static lifting tasks [J]. *Biomech Model Mechanobiol*, 2021, 20 (4): 1599-1626. DOI: 10.1007/s10237-021-01465-1.
- [28] 蔡嘉鑫, 黄梅清, 周文强, 等. 温和灸鸠尾对卒中合并肺部感染痊愈后患者膈肌及姿势控制能力的影响: 随机对照试验 [J]. *针刺研究*, 2025, 50 (4): 426-432. DOI: 10.13702/j.1000-0607.20240659.
- CAI J X, HUANG M Q, ZHOU W Q, et al. Effect of mild moxibustion at Jiwei (CV15) on the diaphragm and postural control ability of patients after recovery from stroke complicated with pulmonary infection: a randomized controlled trial [J]. *Acupunct Res*, 2025, 50 (4): 426-432. DOI: 10.13702/j.1000-0607.20240659.
- [29] 陈灵慧, 郑琦, 李岩, 等. 在核心稳定训练基础上联合呼吸训练对慢性非特异性腰痛患者前馈控制的效果 [J]. *中国康复理论与实践*, 2024, 30 (6): 737-744. DOI: 10.3969/j.issn.1006-9771.2024.06.015.
- CHEN L H, ZHENG Q, LI Y, et al. Effect of respiratory training based on core stability training on feedforward control in patients with chronic nonspecific low back pain [J]. *Chin J Rehabil Theo Pract*, 2024, 30 (6): 737-744. DOI: 10.3969/j.issn.1006-9771.2024.06.015.

(责任编辑: 林燕薇)