

· 临床研究 ·

中等强度有氧运动对代谢综合征患者人体测量学指标及心肺适能的影响

王正斌^{1,2} 侯一鸣^{1,2} 冯义静³ 王晓娜³ 李志芳^{1,2} 王盼盼^{1,2} 王蕾^{1,2} 陈改云⁴ 徐金义³
¹郑州大学第一附属医院急诊内科, 郑州 450052; ²河南省急诊与创伤研究医学重点实验室, 郑州 450052; ³河南省人民医院心肺功能科, 郑州 450003; ⁴郑州大学第一附属医院营养科, 郑州 450052
通信作者: 徐金义, Email: jinyx0371@126.com

【摘要】 目的 观察中等强度有氧运动对低体力活动水平代谢综合征(MS)患者人体测量学指标、血压及心肺适能的影响。**方法** 采用随机数字表法将 56 例低体力活动水平 MS 患者分为观察组及对照组, 每组 28 例。对照组保持原有饮食及生活习惯不变, 不给予任何特殊干预; 观察组每天进行 1~2 次, 每次持续时间超过 30 min 的有氧运动(如步行或慢跑等), 运动速度不低于 81 m/min, 每天总运动步数>10000 步, 每周运动天数不少于 5 d。于干预前、干预 12 周后对比分析 2 组患者人体测量学指标、血压及心肺运动试验(CPET)相关指标变化。**结果** 与干预前及同期对照组比较, 干预后观察组患者多项人体测量学指标[如腰围(WC)、腰高比(WHtR)、体重指数(BMI)、体脂百分比(BFP)等]均明显改善($P<0.05$); 静息状态时心率、收缩压及舒张压均明显降低($P<0.05$); 用力肺活量(FVC)、最大通气量(MVV)均明显增加($P<0.05$); CPET 试验时峰值摄氧量(PeakVO₂)、峰值每千克体重摄氧量(PeakVO₂/kg)、峰值氧脉搏(PeakVO₂/HR)、无氧阈时摄氧量(VO₂@AT)均明显增加($P<0.05$), VE/VCO₂ 斜率明显降低($P<0.05$)。**结论** 中等强度有氧运动可有效改善低体力活动水平 MS 患者的人体测量学指标、代谢状态及心肺适能水平, 该疗法值得临床进一步研究、推广。

【关键词】 有氧运动; 代谢综合征; 人体测量学; 心肺适能
DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2023.06.014

代谢综合征(metabolic syndrome, MS)是一组以腹型肥胖、糖代谢异常、血脂紊乱、血压升高、高尿酸血症等为主要临床表现的机体营养物质代谢紊乱综合征。MS 能增加 2 型糖尿病(type 2 diabetes mellitus, T2DM)及心血管疾病(cardiovascular disease, CVD)的发病风险^[1], 且近年来患病人数显著增多, 现已成为世界范围内重大的公共卫生问题。心肺适能(cardiorespiratory fitness, CRF)是指机体循环呼吸系统向骨骼肌线粒体供氧以产生身体活动所需能量的能力, 可独立预测成人 CVD 及全因死亡率^[2]。高强度间歇训练(high-intensity interval training, HIIT)不仅能重塑人体测量学指标, 还可有效改善青少年的 CRF^[3], 降低 MS 的发病率及心血管疾病风险。但大多数中老年 MS 患者因自身原因无法耐受 HIIT, 而中等强度有氧运动能否改善此类患者的 CRF 则鲜见报道。基于此, 本研究拟采用中等强度有氧运动对入选中老年 MS 患者进行干预, 并观察干预前、后患者人体测量学指标及 CRF 变化情况。

对象与方法

一、研究对象

本研究经郑州大学第一附属医院伦理学委员会审批

(2021-KY-0928-002)。患者纳入标准包括: ①年龄 40~60 岁; ②均符合中华医学会糖尿病学分会制订的 MS 诊断标准^[4]; ③患者每天步数<6000 步; ④国际体力活动量表(International Physical Activity Questionnaire, IPAQ)长问卷评分结果为低(对应最低的体力活动水平); ⑤患者工作、生活规律, 平时体力活动较少或习惯久坐生活方式; ⑥对本研究知晓并签署知情同意书, 能积极配合有氧运动干预。患者排除标准包括: ①因患骨关节或肌肉疾病影响运动功能; ②合并心、肺、肝、肾或造血系统等重要脏器功能障碍; ③合并恶性肿瘤; ④近 3 个月内有感染、创伤、手术、心肌梗死、心律失常、脑梗死等情况; ⑤合并神经精神疾患; ⑥有规律运动习惯或经常参与有氧、无氧训练等。

选取 2022 年 3 月至 2022 年 8 月期间在郑州大学第一附属医院就诊且符合上述标准的 56 例 MS 患者作为研究对象, 采用随机数字表法将其分为观察组及对照组, 每组 28 例。在研究期间, 观察组有 2 例患者因有氧运动不达标而转入对照组, 有 1 例失访, 对照组有 3 例患者因有氧运动达到要求而转入观察组, 最终 2 组患者一般资料情况(详见表 1)经统计学比较, 发现组间差异均无统计学意义($P>0.05$), 具有可比性。

表 1 入选时 2 组患者一般资料情况比较

组别	例数	性别(例)		年龄 (岁, $\bar{x}\pm s$)	身高 (m, $\bar{x}\pm s$)	体重 (kg, $\bar{x}\pm s$)	大学及以上学历 (例, %)
		男	女				
对照组	27	18	9	45.74±6.92	1.66±0.06	83.71±11.12	13(48.1)
观察组	28	20	8	43.96±7.49	1.65±0.07	85.93±13.04	16(57.1)

二、干预方法

所有患者入组后均要求随身携带安装有微信及运动软件的智能手机,同时启用微信运动软件监测功能。观察组要求每天进行 1~2 次,每次持续时长超过 30 min 的有氧运动,有氧运动方式可根据个人喜好选择步行或慢跑,运动速度不低于 81 m/min[运动强度约为 3.5 个代谢当量(metabolic equivalent,MET)],每天总运动步数>10000 步,每周总运动天数不少于 5 d。对照组则保持原有饮食及生活习惯不变,不予任何特殊干预。本研究团队指派专人建立“心肺运动实验微信群”,每天记录患者运动步数,并督促观察组患者完成每周的有氧运动目标,当患者出现无法控制的高血压、严重血糖异常(如血糖低于 3.9 mmol/L 或高于 13.9 mmol/L)等情况时须暂缓运动训练,待恢复后再次尝试有氧运动,避免空腹时进行锻炼。

三、疗效观察指标

于入选时及干预 12 周后对 2 组患者进行疗效评定,采用韩国产 InBody770 型人体成分分析仪检测患者身高、腰围(waist circumference,WC)、腰高比(waist-height ratio,WHtR)、体重、体重指数(body mass index,BMI)及体脂百分比(body fat percentage,BFP)等人体测量学指标,同时监测患者静息状态时血压、用力肺活量(forced vital capacity,FVC)及最大通气量(maximal voluntary ventilation,MVV)等心肺功能指标变化。另外本研究于上述时间点采用流量型肺量计对患者进行心肺运动试验(cardiopulmonary exercise testing,CPET),选用坐姿连续递增功率方案^[5]。患者先以坐位完成静息心电图及肺功能测试,在功率自行车上休息 3 min 后以 60 r/min 速率无负荷热身运动 3 min,再根据患者性别、年龄等因素选择适合的递增功率(5~30 W/min)方案进行运动试验,要求患者在 9~12 min 内达到症状限制性极限运动状态,运动至力竭后休息 5~10 min 并结束试验。在患者运动过程中持续监测其肺通气指标、12

导联心电图、血压及血氧饱和度实时变化情况,并通过 V-slope 法计算无氧阈时摄氧量(anaerobic threshold oxygen uptake,VO₂@AT)^[6],同时记录患者在 CPET 试验过程中出现的任何不良事件。

四、统计学方法

本研究采用 SPSS 26.0 版统计学软件包进行数据分析,计数资料以率(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验;符合正态分布的计量资料以($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较采用独立样本 *t* 检验,组内比较采用配对样本 *t* 检验,*P*<0.05 表示差异具有统计学意义。

结 果

入组时 2 组患者 FVC、MVV 及静息血压、心率组间差异均无统计学意义(*P*>0.05);观察组患者经 12 周中等强度运动后,发现其 FVC、MVV 均较干预前及同期对照组明显增加(*P*<0.05),静息时收缩压、舒张压及心率均显著降低(*P*<0.05),对照组患者上述指标干预前、后均无显著变化(*P*>0.05),具体数据见表 2。

入组时 2 组患者各项人体测量学指标(如 WC、WHtR、BMI 及 BFP)组间差异均无统计学意义(*P*>0.05);观察组患者经 12 周中等强度运动后,发现其 WC、WHtR、BMI 及 BFP 均较干预前及同期对照组明显降低(*P*<0.05),而对照组患者上述指标干预前、后均无显著改变(*P*>0.05),具体数据见表 3。

2 组患者在 CPET 测试过程中均未出现明显不良反应。入组时 2 组患者峰值摄氧量(PeakVO₂)、峰值每千克体重摄氧量(PeakVO₂/kg)、二氧化碳通气当量(VE/VCO₂)斜率、峰值氧脉搏(PeakVO₂/HR)、VO₂@AT 组间差异均无统计学意义(*P*>0.05);干预后观察组患者 PeakVO₂、PeakVO₂/kg、VE/VCO₂斜率、PeakVO₂/HR 及 VO₂@AT 均较干预前及同期对照组明显改善(*P*<0.05),对照组患者上述指标干预前、后均无显著改变(*P*>0.05),具体数据见表 4。

表 2 干预前、后 2 组患者 FVC、MVV 及静息时心率、血压比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	FVC(%)	MVV(%)	静息心率 (次/分)	静息收缩压 (mmHg)	静息舒张压 (mmHg)
对照组						
干预前	28	91.57±9.78	93.46±10.39	82.96±9.89	133.96±13.05	87.36±9.62
干预后	27	94.59±9.08	99.33±10.53	81.41±8.93	135.41±10.62	86.26±9.27
观察组						
干预前	28	92.79±9.17	98.43±10.08	82.11±10.68	136.71±10.17	84.57±8.66
干预后	28	103.54±9.66 ^{ab}	107.82±9.46 ^{ab}	76.43±7.19 ^{ab}	129.04±7.77 ^{ab}	81.11±7.38 ^{ab}

注:与组内干预前比较,^a*P*<0.05;与对照组相同时间点比较,^b*P*<0.05

表 3 干预前、后 2 组患者人体测量学指标比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	体重(kg)	WC(cm)	WHtR	BMI(kg/m ²)	BFP(%)
对照组						
干预前	28	84.68±9.69	99.75±7.53	0.60±0.04	30.67±2.30	33.68±2.31
干预后	27	84.89±10.19	98.68±7.38	0.59±0.03	30.89±2.39	33.89±2.39
观察组						
干预前	28	85.93±13.04	97.86±8.67	0.59±0.04	31.29±3.24	34.28±3.25
干预后	28	81.58±9.32	93.98±5.41 ^{ab}	0.57±0.03 ^{ab}	29.37±2.58 ^{ab}	32.37±2.58 ^{ab}

注:与组内干预前比较,^a*P*<0.05;与对照组相同时间点比较,^b*P*<0.05

表 4 干预前、后 2 组患者 CPET 试验相关指标结果比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	PeakVO ₂ (ml/min)	PeakVO ₂ /kg (ml/min·kg)	VE/VCO ₂ 斜率	PeakVO ₂ /HR (ml/beat)	VO ₂ @ AT (ml/min)
对照组						
干预前	28	1886.29±202.25	22.51±2.34	27.73±1.86	11.23±2.10	1199.21±198.50
干预后	27	1901.63±166.92	23.30±2.97	27.83±1.92	11.24±1.44	1190.78±152.42
观察组						
干预前	28	1994.14±302.56	23.58±2.67	26.89±1.97	12.27±2.19	1178.46±185.31
干预后	28	2099.21±263.48 ^{ab}	25.87±2.63 ^{ab}	26.48±2.35 ^{ab}	12.35±1.49 ^{ab}	1286.14±187.42 ^{ab}

注:与组内干预前比较,^a $P<0.05$;与对照组相同时间点比较,^b $P<0.05$

讨 论

代谢综合征 (MS) 在我国中老年人群中的患病率已超过 33.9%,患者发生心脑血管疾病的风险及死亡率显著增加,给其家庭及社会带来沉重负担^[7-9]。近年来运动疗法在临床中的应用日趋广泛,有研究显示充分体力活动可使 MS 发病风险降低 15%^[11]。机体在有氧运动时全身高达 2/3 的肌群参与收缩,其能量来源主要由糖及脂肪提供,长时间规律的有氧运动将消耗大量的糖及脂肪组织,有助于减小腰围、降低体脂及体重水平,改善人体测量学指标。但对于年龄偏大且有基础疾病的患者而言,如果选择的运动项目不适合或运动时间较长、强度较高,则有发生心梗、心源性猝死的风险,因此本研究采用中等强度(运动强度为 3.5~4.0 MET)有氧运动对中老年 MS 患者进行干预,在整个观察期间,2 组患者均未出现明显不良反应,表明该运动疗法安全性较好。

本研究观察组患者经 12 周干预后,发现其多项人体测量学指标(如 WC、WHtR、BMI 及 BFP)均明显改善,提示中等强度有氧运动可改善人体测量学指标,有望降低 MS 患者罹患糖尿病及心血管疾病的风险^[12]。既往研究显示,规律步行运动可降低平时缺乏运动伴高血压患者的血压水平^[13]。中国高血压防治指南 2022 年修订版指出每周 3~5 次,每次 30 min 左右的中等强度有氧运动,可使机体收缩压降低 4~9 mmHg。本研究发现,观察组患者经 12 周中等强度有氧运动后,其静息状态下收缩压平均下降 7.7 mmHg,舒张压平均下降 3.5 mmHg,造成上述结果的原因可能与长期有氧运动能降低机体交感神经兴奋性,减少儿茶酚胺类神经递质释放,降低外周阻力,并且上调舒血管活性物质水平有关。有学者指出,静息心率升高是人类全因死亡及心血管疾病死亡的独立预测因子^[14],本研究发现中等强度有氧运动能促使 MS 患者静息心率水平较干预前明显降低,患者可能从中获益。另外观察组患者经 12 周中等强度有氧运动后其 FVC 及 MVV 均显著增加,提示规律的中等强度有氧运动可改善低体力活动水平 MS 患者的用力肺活量及通气储备能力,这可能与干预后患者胸廓肺组织弹性及呼吸肌力量增加以及气道阻力降低有关。

由于静息状态下机体可能存在储备功能代偿,因此传统的心电图、超声心动图或静态肺功能检查等手段难以真实反映患者心肺功能受限程度。CPET 作为一种无创、可重复的心肺功能评估手段,可提供精确、量化的心肺功能及整体功能评估指标,有助于全面了解患者运动时的呼吸情况、心血管功能水平、运动代谢能力、肌肉骨骼状况以及神经系统控制能力等重要信息^[15],其中 PeakVO₂ 是评价机体心肺功能的重要指标^[16],AT

水平较低表示心血管系统氧转运功能受损或肌肉氧利用度较差^[15],低水平的 CRF 是独立预测心血管病死亡风险及全因死亡风险的有力指标^[3]。本研究入选 MS 患者有多项心肺适能指标均低于正常水平,提示其心脏储备能力不足,肺组织通气效率下降以及骨骼肌无氧代谢障碍等,有发生心血管疾病的较高风险。经中等强度有氧运动干预 12 周后,发现入选 MS 患者的 PeakVO₂、PeakVO₂/kg、PeakVO₂/HR、VO₂@ AT 均优于干预前及同期对照组水平,提示中等强度有氧运动能显著提高 MS 患者摄氧、有氧代谢及运动储备能力,增强骨骼肌运动耐力;另外观察组患者经干预后其 VE/VCO₂ 斜率降低,提示患者肺通气效率有所提高,与王晓东等^[17]报道结果类似。

综上所述,中等强度有氧运动可有效改善低体力活动水平 MS 患者的人体测量学指标、代谢状态及心肺适能水平,且治疗方法简单、安全性较好,值得临床进一步研究、推广。需要指出的是,由于本研究为单中心前瞻性设计,容易受多种因素影响,结果可能会有偏倚,且对患者的观察时间较短,关于中等强度有氧运动对 MS 患者心脑血管疾病及糖尿病患病率的长期影响尚未明确,未来需开展更多大规模且设计严谨的临床研究进一步验证。

参 考 文 献

[1] Mongraw-Chaffin M, Foster MC, Anderson CAM, et al. Metabolically healthy obesity, transition to metabolic syndrome, and cardiovascular risk[J]. J Am Coll Cardiol, 2018, 71(17): 1857-1865. DOI: 10.1016/j.jacc.2018.02.055.

[2] Ross R, Blair SN, Arena R, et al. Importance of assessing cardiorespiratory fitness in clinical practice; a case for fitness as a clinical vital sign; a scientific statement from the American Heart Association[J]. Circulation, 2016, 134(24): e653-e699. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000461.

[3] Raghuveer G, Hartz J, Lubans DR, et al. Cardiorespiratory fitness in youth; an important marker of health; a scientific statement from the American Heart Association[J]. Circulation, 2020, 142(7): e101-e118. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000866.

[4] 中华医学会糖尿病学分会代谢综合征研究协作组. 中华医学会糖尿病学分会关于代谢综合征的建议[J]. 中华糖尿病杂志, 2004, 12(3): 156-161. DOI: 10.3321/j.issn:1006-6187.2004.03.002.

[5] Glaab T, Taube C. Practical guide to cardiopulmonary exercise testing in adults[J]. Respir Res, 2022, 23(1): 9. DOI: 10.1186/s12931-021-01895-6.

[6] 孙兴国. 心肺运动试验的规范化操作要求和难点-数据分析图示与判读原则[J]. 中国应用生理学杂志, 2015, 31(4): 361-365, 396-

- 398.DOI:10.13459/j.cnki.cjap.2015.04.016.
- [7] Xu Y, Wang L, He J, et al. Prevalence and control of diabetes in Chinese adults [J]. JAMA, 2013, 310 (9): 948-959. DOI: 10.1001/jama.2013.168118.
- [8] Tian J, Qiu M, Li Y, et al. Contribution of birth weight and adult waist circumference to cardiovascular disease risk in a longitudinal study [J]. Sci Rep, 2017, 7 (1): 9768. DOI: 10.1038/s41598-017-10176-6.
- [9] Yue M, Liu H, He M, et al. Gender-specific association of metabolic syndrome and its components with arterial stiffness in the general Chinese population [J]. PLoS One, 2017, 12 (10): e0186863. DOI: 10.1371/journal.pone.0186863.
- [10] Bertoli S, Leone A, Krakauer NY, et al. Association of Body Shape Index (ABSI) with cardio-metabolic risk factors: A cross-sectional study of 6081 Caucasian adults [J]. PLoS One, 2017, 12 (9): e0185013. DOI: 10.1371/journal.pone.0185013. eCollection 2017.
- [11] 刘会, 方园, 宋勇, 等. 体力活动和屏幕时间对代谢综合征的独立和联合效应 [J]. 热带医学杂志, 2019, 19 (10): 1205-1208. DOI: 10.3969/j.issn.1672-3619.2019.10.004.
- [12] 李相颖, 潘慧. 人体测量学指标预测代谢综合征发病风险 [J]. 济宁医学院学报, 2018, 41 (2): 82-86. DOI: 10.3969/j.issn.1000-9760.2018.02.002.
- [13] 王正斌, 邱春光, 黄振文, 等. 步行运动对高血压合并糖尿病患者糖代谢、动态血压及生活质量的影响 [J]. 中华物理医学与康复杂志, 2014, 36 (8): 609-613. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2014.08.010.
- [14] 李巧元, 柳景华. 静息心率与心血管事件及死亡风险 [J]. 心肺血管病杂志, 2010, 29 (5): 433-435. DOI: 10.3969/j.issn.1007-5062.2010.05.025.
- [15] 中华医学会心血管病学分会, 中国康复医学会心肺预防与康复专业委员会, 中华心血管病杂志编辑委员会. 心肺运动试验临床应用中国专家共识 [J]. 中华心血管病杂志, 2022, 50 (10): 973-986. DOI: 10.3760/cma.j.cn112148-20220316-00180.
- [16] Lafountain RA, da Silveira JS, Varghese J, et al. Cardiopulmonary exercise testing in the MRI environment [J]. Physiol Meas, 2016, 37 (4): N11-25. DOI: 10.1088/0967-3334/37/4/N11.
- [17] 王晓东, 谢友红, 孙兴国, 等. 心肺运动试验精准制定个体化强度运动处方对代谢综合征患者心肺功能的影响 [J]. 中国运动医学杂志, 2019, 38 (1): 3-9. DOI: 10.16038/j.1000-6710.2019.01.001.

(修回日期: 2023-04-28)

(本文编辑: 易 浩)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

中华医学会关于论文采用不同文种进行再次发表的规定

根据国际惯例(参考《向生物医学期刊投稿的统一要求》)和我国的实际情况,对符合以下条件的论文,中华医学会系列杂志允许并接受同一研究的有关论文采用不同语种的再次发表。

1. 高质量、有影响的科研论文。
2. 作者须征得相关期刊的同意,首次发表论文的期刊和准备再次发表的期刊均无异议。作者需向再次发表的期刊提供首次发表该论文期刊的同意书,论文首次发表的时间和论文复印件、单行本或原稿。
3. 尊重首次发表的权益,再次发表至少在首次发表 1 周之后。
4. 再次发表的论文应面向不同的读者,建议节选或摘要刊登。
5. 再次发表的论文必须完全忠实原文,真实反映原有的资料 and 观点,作者的顺序不能改动。
6. 在再次发表的文题中应标出是某篇文章的再次发表(全文、节选、全译或节译)。
7. 在再次发表的文题中要让读者、同行和文献检索机构知道该文已全文或部分发表过,并标引首次发表的文献。如“本文首次发表在《中华内科杂志》,2006,45(1):21-23”,英文为“This article is based on a study first reported in the Chin J Intern Med, 2006, 45 (1): 21-24”。

《中华物理医学与康复杂志》有关文稿中法定计量单位的书写要求

本刊发表的学术论文执行 GB 3200~3102-1993《量和单位》中有量、单位和符号的规定及其书写规则,具体使用参照中华医学会杂志社编辑的《法定计量单位在医学上的应用》第三版(人民军医出版社 2001 版)一书。

注意单位名称与单位符号不可混合使用,如 $\text{ng} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{天}^{-1}$, 应改为 $\text{ng} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$; 组合单位符号中表示相除的斜线多于 1 条时,应采用负数幂的形式表示,如 ng/kg/min 应采用 $\text{ng} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 的形式; 组合单位中斜线和负数幂亦不可混用,如前例不宜采用 $\text{ng/kg} \cdot \text{min}^{-1}$ 的形式。在首次出现不常用的法定计量单位处用括号加注与旧制单位的换算系数,下文再出现时只列法定计量单位。人体及动物内的压力单位使用 mmHg 或 cmH_2O , 但文中首次出现时用括号加注 ($\text{mmHg} = 0.133 \text{ kPa}$ 或 $1 \text{ cmH}_2\text{O} = 0.098 \text{ kPa}$)。正文中时间的表达,凡前面带有具体数据者应用 d、h、min、s, 而不用天、小时、分钟、秒。量的符号一律用斜体字母,如吸光度(旧称光密度)的符号为 A, “A”为斜体字。