

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2017.21.020

文章编号: 1005-8982(2017)21-0104-05

不同强度游泳对成年代谢综合征患者 安静时心率变异性的影响

董煜¹, 徐国伟²

(1.北京石油化工学院,北京 102617;2.中国儿童中心 体育部,北京 100025)

摘要:目的 观察不同强度游泳对成年代谢综合征(MS)患者安静时心率变异性(HRV)的影响。**方法** 选取成年 MS 患者 126 例,根据入组先后顺序分为低强度组、中强度组及高强度组,各 42 例。各组均进行为期 4 周不同强度的游泳运动,检测并比较运动前后 HRV 指标。**结果** ①各组 LF 运动后即刻降低,在恢复期 30 min 内缓慢上升,高强度组上升的最明显($P < 0.05$)。低强度组 HF 运动后即刻上升,中强度组和高强度组运动后即刻降低($P < 0.05$);②各组 SDNN 运动后即刻下降,在恢复期 30 min 内缓慢上升,但比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。各组 RMSSD 运动后即刻上升,在恢复期 30 min 内缓慢降低($P < 0.05$)。各组 PNN50 运动后即刻下降,在恢复期 30 min 内中强度组和高强度组缓慢上升,而低强度组持续下降($P < 0.05$);③中强度组和高强度组运动后 LF、HF、SDNN、RMSSD 及 PNN50 较运动前升高,LF/HF 较运动前降低,且与低强度组比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)。**结论** 4 周中强度和高强度的游泳运动可以改善 MS 成人患者的 HRV,而低强度的游泳运动对 HRV 影响不明显。

关键词: 游泳;代谢综合征;成人;心率变异性

中图分类号: R723.14

文献标识码: A

Influence of swimming exercise at different intensities on heart rate variability of adult with metabolic syndrome in quiet condition

Yu Dong¹, Guo-wei Xu²

(1. Beijing Institute of Petrochemical Technology, Beijing 102617, China; 2. Department of Sports, China Children's Center, Beijing 100025, China)

Abstract: Objective To observe the influence of swimming exercise at different intensities on heart rate variability of adult with metabolic syndrome (MS) in quiet condition. **Methods** A total of 126 adults with MS were divided into the low intensity exercise group, the moderate intensities of exercise group and the high intensity exercise group. All groups were given different intensities of swimming exercise training for 4 weeks, and the HRV indexes were compared between before and after exercise. **Results** The LF were reduced on the training instantaneousness, and rose slowly in 30 min of recovery time in the three groups, and the most obviously rising group was the high intensity exercise group ($P < 0.05$). HF increased in the low intensity exercise group, and reduced in the moderate and high intensity exercise group on the training immediately ($P < 0.05$). The SNDD reduced on the training immediately, and rose slowly on recovery time of 30 min in the three groups, but there was no statistically significant difference between the groups ($P > 0.05$). The RMSSD rose on the training immediately in the three groups, and in 30 min of recovery time the RMSSD rose slowly in the three groups. The PNN50 reduced on the training immediately in the three groups, and in 30 min of recovery time, the PNN50 rose slowly in the moderate and high intensity exercise group, and reduced in the low intensity exercise group ($P < 0.05$). LF, HF, RMSSD and PNN50 rose and LF/HF reduced significantly

after exercise in the moderate and high intensity exercise group compared with the low intensity group ($P < 0.05$ or $P < 0.01$). **Conclusions** The moderate and high intensity swimming exercise training can improve HRV in adults with MS, but there is no significant effect of low intensity swimming exercise training on HRV.

Keywords: swimming; metabolic syndrome; adult; heart rate variability

运动干预是防治肥胖的首选方法,适宜的有氧运动可提高脂肪代谢酶活性,促进脂肪分解与利用,抑制脂肪合成,从而逐渐消除体内堆积的脂肪,改善脂代谢^[1]。心率变异性(heart rate variability, HRV)是指逐次心跳间 RR 间期的微小变异,其实是反应自主神经系统交感神经活性与迷走神经活性及其平衡协调的关系,即心脏自律系统的调控能力^[2]。如果自主神经系统长期处于失衡或活性下降的状态,人体易于出现内脏功能紊乱的现象,也会导致运动效果的降低,增加运动风险,甚至损害身体健康。研究^[3]发现,不同的运动负荷对 HRV 影响不同,在构成运动负荷的诸多因素中,运动强度的影响尤为明显。黄剑雅等^[4]发现,针对 40~49 岁男性进行运动干预可以有效改善 HRV 水平。目前,国内通过调整运动强度改善 HRV 水平的研究多集中于中老年人群,且运动形式不一,而缺乏针对于专项运动在特殊人群中的相关研究。因此,本研究选取代谢综合征(metabolic syndrome, MS)成年人为研究对象,观察不同游泳运

动强度对 HRV 的影响,探讨更合适的游泳方式,为大众科学健身提供试验性依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取符合 MS 诊断标准的成年人 126 例。其中,男性 67 例,女性 59 例;年龄 20~45 岁,平均(35.44 ± 4.16)岁。根据入组先后顺序分为低强度组、中强度组及高强度组,各 42 例。纳入标准:MS 诊断符合 2007 年国际糖尿病联合会诊断标准^[5];①近 3 个月体重稳定;②无规律运动习惯或活动,如晨练、健身或跑步等;③不吸烟或戒烟 >6 个月。排除标准:①近 2 周患有急慢性感染者;②已确诊为糖尿病或使用胰岛素控制血糖者;③合并继发性高血压、血脂紊乱、严重肝肾功能不全或心功能 II 级以上者。各组性别、年龄、身高、体重、体质指数(body mass index, BMI)及腰围比较,差异无统计学意义,具有可比性($P > 0.05$)(见表 1)。本研究经过伦理委员会审核,研

表 1 各组基线资料的比较 ($n=42, \bar{x} \pm s$)

组别	男/女	年龄/岁	身高/m	体重/kg	BMI/(kg/m ²)	腰围/cm
低强度	21/21	35.71 ± 4.22	1.71 ± 0.43	79.21 ± 3.45	27.08 ± 0.86	94.10 ± 10.11
中强度	22/20	36.25 ± 3.81	1.71 ± 0.17	82.62 ± 4.00	28.25 ± 0.48	93.57 ± 9.34
高强度	24/18	35.41 ± 4.58	1.74 ± 0.25	80.50 ± 4.52	26.59 ± 0.87	94.41 ± 9.25

究对象均签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 分组与适应 根据入组先后顺序分为低强度组、中强度组及高强度组,各 42 例。于研究开始前 3 天进行适应性游泳运动,运动强度为最高心率(heart rate max, HRmax)的 50%,1 次/d,时长约 15 min。运动强度的评定根据美国运动医学学会针对健康成人的运动强度分级表:①35%~54%HRmax 为低强度运动;②55%~69%HRmax 为中强度运动;③70%~89%HRmax 为高强度;最大心率为 220 次/min。由运动方案开始前收集所有受试者 24 hHRV 指标。

1.2.2 运动方案 各组 3 d 适应性游泳运动结束后,即开始进行为期 4 周的不同强度的游泳训练,整个运动过程在医护人员和游泳教练等专人监督下完

成。试验于我校游泳馆进行,运动开始前进行 5 min 的热身活动,运动方案采取 400 m 自由泳打腿练习和 300 m 自由泳,运动后进行整理活动采用放松自由泳 100 m。运动频率为每周 3 次,每次 60 min 左右(包括热身活动和整理活动)。测量最后 100 m 完成后即刻的 HRV,及恢复期(运动后 1~5 min 及 30 min 后)的 HRV,另再分别对所有完成者进行 24 hHRV 测量,并剔除不符合运动强度的数据。

1.2.3 仪器与指标 采用动态心电图机和三通道模拟 V5、V1、aVF 导联记录器(美国 GE 公司)进行 HRV 检测。分别进行频域分析获得低频功率(low frequency, LF),频段 0.04~0.15 Hz;高频功率(high frequency, HF),频段 0.15~0.40 Hz;低高频功率的比值(LF/HF)。通过时域分析获得全部正常 RR 间

期的标准差 (standard deviation of NN intervals, SDNN);相邻 RR 间期差值均方的平方根(root mean square of successive difference,RMSSD);相邻 RR 间期差大于 50 ms 的个数占总心跳次数百分比 (PNN50)。

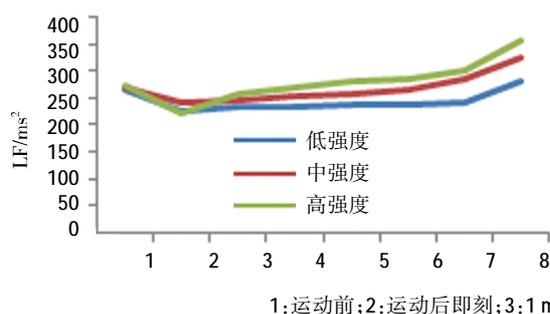
1.3 统计学方法

数据分析采用 SPSS 19.0 统计软件,计量资料以均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,非正态分布的计量资料以中位数(四分位距)[M(QL,QU)]表示,同一组中不同时间数据比较采用重复测量设计的方差分析,多组间数据比较采用单因素方差分析,组间两两比较采用LSD-*t*检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 各组恢复期 HRV 频域指标的变化

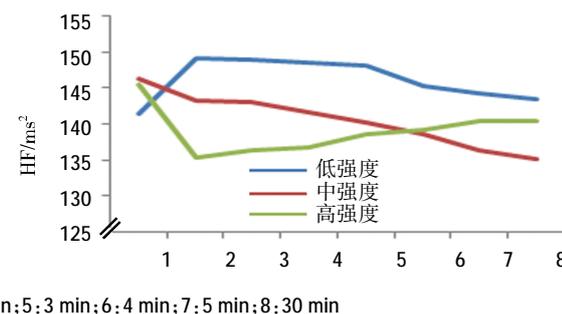
剔除不符合运动强度的数据和未完成 4 周试验



者后,最终完成者 120 例。运动后各组 LF 即刻降低,在恢复期 30 min 内缓慢上升,高强度组上升的最明显,比较差异有统计学意义($F=9.433, 6.818$ 及 $4.011, P=0.000, 0.019$ 及 0.040);运动后低强度组 HF 即刻上升,而中强度组和高强度组运动后 HF 即刻下降,在恢复期 3 min 内低强度组和中强度组 HF 缓慢下降,高强度组缓慢上升,但差异无统计学意义($F=0.588, 0.417$ 及 $0.913, P=0.805, 0.837$ 及 0.689)。见图 1。

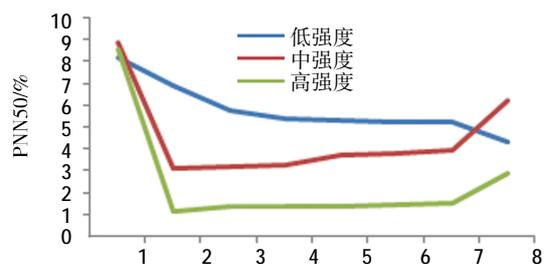
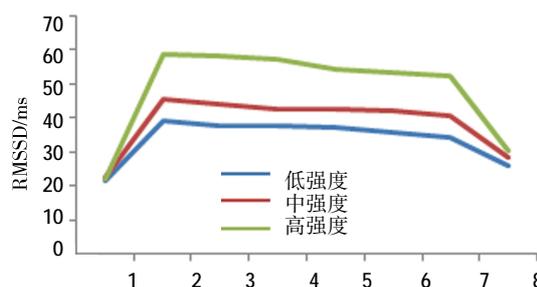
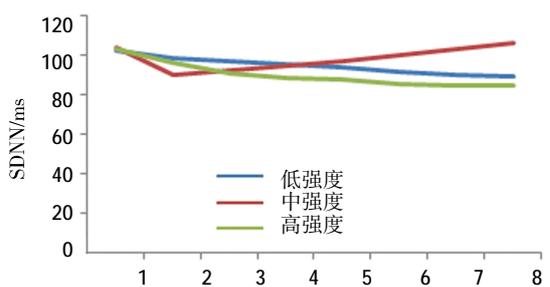
2.2 各组恢复期 HRV 时域指标的变化

观察各组 HRV 时域指标发现,运动后各组 SDNN 即刻下降,在恢复期 30 min 内缓慢上升,但比较差异无统计学意义($F=0.220, 0.180$ 及 $0.371, P=0.558, 0.312$ 及 0.623);运动后各组 RMSSD 即刻上升,以高强度组最为明显,在恢复期 30 min 内缓慢下降($F=11.276, 8.465$ 及 $6.818, 均 P=0.000$);运动



1: 运动前;2: 运动后即刻;3: 1 min;4: 2 min;5: 3 min;6: 4 min;7: 5 min;8: 30 min

图 1 各组恢复期 HRV 频域指标的变化



1: 运动前;2: 运动后即刻;3: 1 min;4: 2 min;5: 3 min;6: 4 min;7: 5 min;8: 30 min

图 2 各组恢复期 HRV 时域指标的变化

后各组 PNN50 即刻降低,以高强度组最为明显,在恢复期 30 min 内中强度组和高强度组缓慢上升,而低强度组持续降低,比较差异有统计学意义($F=6.371, 4.052$ 及 $3.174, P=0.007, 0.036$ 及 0.045)。见图 2。

2.3 各组 4 周运动前后 HRV 频域指标和时域指标的变化

各组运动前频域指标和时域指标比较,差异无统计学意义 ($t=0.803, 1.159, 1.930, 1.636, 1.820$ 及

1.770, $P=0.401, 0.250, 0.188, 0.230, 0.299$ 及 0.107); 中强度组和高强度组运动后 LF、HF、SDNN、RMSSD 及 PNN50 较运动前升高, LF/HF 较运动前降低, 且

与低强度组比较, 差异有统计学意义; 而低强度组运动前后各频域指标和时域指标比较, 差异无统计学意义 ($P>0.05$)。见表 2。

表 2 各组 4 周运动前后 HRV 频域和时域指标的变化比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	男/女/ 例	频域指标			时域指标		
		LF/ms ²	HF/ms ²	LF/HF	SDNN/ms	RMSSD/ms	PNN50/%
低强度							
运动前	20/20	266.20 ± 92.42	141.40 ± 52.19	1.88 ± 1.77	102.34 ± 34.15	21.39 ± 9.17	4.11(2.24, 10.00)
运动后		299.17 ± 100.34	155.62 ± 55.71	1.92 ± 1.80	109.25 ± 35.23	25.90 ± 10.44	5.27(3.15, 11.46)
中强度							
运动前	22/20	266.80 ± 94.51	146.31 ± 64.11	1.82 ± 1.47	104.26 ± 26.77	22.34 ± 9.11	5.13(3.87, 11.13)
运动后		334.30 ± 127.20 ¹⁾²⁾	179.20 ± 70.30 ¹⁾²⁾	1.86 ± 1.81 ¹⁾²⁾	126.53 ± 30.20 ¹⁾²⁾	29.10 ± 9.72 ¹⁾²⁾	8.37(4.62, 14.00) ¹⁾²⁾
高强度							
运动前	21/17	273.58 ± 95.19	145.44 ± 60.57	1.88 ± 1.57	103.55 ± 27.49	22.12 ± 8.79	4.75(2.72, 11.04)
运动后		419.23 ± 125.63 ¹⁾²⁾³⁾	334.85 ± 100.42 ¹⁾²⁾³⁾	1.25 ± 1.25 ¹⁾²⁾³⁾	164.23 ± 31.23 ¹⁾²⁾³⁾	34.52 ± 7.41 ¹⁾²⁾³⁾	11.12(5.63, 18.79) ¹⁾²⁾³⁾

注: 1)与同组内运动前比较, $P<0.05$; 2)不同组间, 与低强度组运动后比较, $P<0.05$; 3)与中强度组运动后比较, $P<0.05$

3 讨论

MS 是一组以肥胖、高血糖(糖尿病或糖调节受损)、血脂异常[高三酰甘油血症和(或)低高密度脂蛋白血症]以及高血压等聚集发病、严重影响机体健康的临床征候群, 是一组在代谢上相互关联的危险因素的组合, 该因素直接促进动脉粥样硬化性心血管疾病的发生, 也增加 2 型糖尿病的发生风险。研究发现^[6], MS 患者常并发自主神经功能损害, HRV 较正常人群降低。既往研究^[9]认为, 长期规律的有氧运动可以改善 MS 患者的糖、脂代谢指标, 是一种有效的治疗方法。游泳是夏季较为受大众欢迎的运动项目, 2013 年中国糖尿病指南推荐^[7]其为适合糖尿病和 MS 患者的运动项目之一, 但需要根据个人情况进行选择。因此, 探讨更适宜的游泳方式对大众科学健身具有重要的现实意义。

LF 反映交感神经和迷走神经的复合调节能力, 与压力感受器反射系统的活动有关; HF 反映迷走神经调节能力, 与呼吸性心率不齐有关。研究^[9]证明, 当交感神经占优势时, LF 成分增加, HF 成分减少, 而当迷走神经兴奋时, 可导致 LF 成分减少, HF 成分增加。本研究发现, 在频域指标中不同强度游泳运动后即刻 LF 降低, 在恢复期 30 min 内缓慢上升, 基本上恢复至运动前水平; 中强度组和高强度组运动后即刻 HF 下降, 低强度组上升, 而在恢复期 30 min 内低强度组和中强度组 HF 缓慢下降, 高强度组缓慢

上升, 无差异, 提示在运动后即刻, 迷走神经占优势, 使 LF 成分减少, 而 HF 的变化无差异, 分析可能是 HF 还受到呼吸节律等其他因素影响。另外, 本研究结果还提示一次性不同强度游泳运动后即刻 HRV 间存在差异, 与于振勇^[9]研究结果类似。

SDNN 主要反映交感及迷走神经张力大小, 用来评价自主神经系统受损与恢复的总体程度; RMSSD、PNN50 主要反映心率变异性的快变化, 即迷走神经的张力大小。在本研究中, 观察时域指标发现, 各组 SDNN 运动后即刻下降, 在恢复期 30 min 内缓慢上升, 但无差异; 各组 RMSSD 运动后即刻上升, 以高强度组最为明显, 在恢复期 30 min 内缓慢下降; 各组 PNN50 运动后即刻下降, 以高强度组最为明显, 在恢复期 30 min 内中强度组和高强度组缓慢上升, 而低强度组持续下降。运动后恢复期即刻的心功能变化迅速, 导致心功能即刻变化的机制为心脏前负荷、后负荷和心肌收缩力的快速变化。由于中枢控制的缺失和压力反射活动的增加, 导致运动停止后迷走神经活动的快速增加^[9]。

MELANSON 等^[10]对年龄为 36.6 岁的 11 例静坐少动男性进行 16 周的高强度 (80%HRR, 3 次/周, 30 min/次) 运动干预, 结果发现, 运动干预组第 12 周的 PNN50、RMSSD 高于运动干预前。本研究发现, 中强度组和高强度组运动后 LF、HF、SDNN、RMSSD 及 PNN50 较运动前升高, LF/HF 较运动前降低, 且与低强度组比较有差异, 而低强度组运动前后各频

域指标和时域指标比较无差异,说明 4 周中强度和高强度组自主神经对心脏调控能力提高,迷走神经功能改善,交感、副交感神经兴奋性增加,提示 4 周中强度和高强度的游泳运动可以改善 MS 成人患者的 HRV,而低强度的游泳运动对 HRV 无影响。李海等^[1]研究认为,12 周低强度的有氧运动后 SDNN、RMSSD 及 PNN50%均较运动前升高,提示低强度的有氧运动也有改善 HRV 的作用,与本研究有差异。分析原因可能是运动时长、纳入研究对象年龄阶段不同有关。有研究^[12]提示,运动干预不能大幅度改善 HRV 基础值本身就很高的个体,而且运动对迷走神经产生的有益影响也会被削减。另外,有氧运动也需要运动强度、运动量的累积才会对 HRV 的改善起到作用^[13]。

综上所述,4 周中强度和高强度的游泳运动可以改善 MS 成人患者的 HRV,而低强度的游泳运动对 HRV 影响不明显。MS 成人患者可根据个人情况选择适合的游泳强度。但本研究仍有一定的局限性:因样本量小,未对性别分类、年龄分层进行比较;未发现低强度游泳运动对 HRV 的改善作用等。因此,还需扩大样本量,延长观察时长行进一步研究。

参 考 文 献:

[1] 郭吟,陈佩杰,陈文鹤. 4 周有氧运动对肥胖儿童青少年身体形

态、血脂和胰岛素的影 [J]. 中国运动医学杂志, 2011, 30(5): 426-431.

[2] KARIM N, HASAN J A, ALISS, et al. Heart rate variability-a review[J]. J Basic Appl Sci, 2011, 7(1): 71-77.

[3] STANLY J, PEAKE J M, BUCHHEIT M. Cardiac parasympathetic reactivation following exercise: implications for training prescription[J]. Sports Med, 2013, 43(12): 1259-1277.

[4] 黄剑雅,曹建民,苏浩,等. 12 周运动干预对 40~49 岁男性安静时心率变异性的影响[J]. 中国运动医学杂志, 2016, 35(2): 147-151.

[5] 沈玄霖,刘遂心. 有氧运动对代谢综合征患者的疗效观察及其机制的研究[J]. 中国医师杂志, 2012, 14(9): 1175-1178.

[6] 张国庆,许樟荣,张秀芬,等. 代谢综合征患者心率变异性分析[J]. 心脏杂志, 2013, 25(4): 424-426.

[7] 中华医学会糖尿病学分会. 中国 2 型糖尿病防治指南(2013 年版)[J]. 中国糖尿病杂志, 2013, 22(8): S30-S31.

[8] 洪必莹,何森,陈晓平. 心率变异性研究进展[J]. 华西医学, 2013, 28(4): 614-618.

[9] 于振勇. 强度耐力运动对心率变异性的影响[J]. 河南师范大学学报(自然科学版), 2013, 41(1): 118-122.

[10] MELANSON E L, FREEDSON P S. The effect of endurance training on resting heart rate variability in sedentary adult males[J]. Eur J Appl Physiol, 2001, 85(5): 442-449.

[11] 李海,屈树新. 12 周低、中强度有氧运动对 60~75 岁老年人心率变异性的影响[J]. 中国老年学杂志, 2015, 35(8): 4281-4282.

[12] 秦文,姜涛. 两种有氧运动干预对中年人群心率变异性的影响[D]. 西安:西安体育学院, 2015.

[13] 林华,贺业恒,徐瑞. 心率变异性在大众健身领域的研究进展与展望[J]. 体育科学, 2016, 36(6): 55-60.