



五禽戏干预中年男性代谢综合征的效果及生物学机制探讨

The Effect and Biological Mechanism of Wuqinxi's Intervention on Middle-aged Men's Metabolic Syndrome

孙红梅

SUN Hong-mei

摘要:目的:探讨五禽戏干预中年男性 MS 的效果及生物学机制。方法:选取 30 名中年男性 MS 患者随机分为对照组和五禽戏组,对照组保持原有生活规律不变,五禽戏组进行中高架势五禽戏干预,40~50 min/天,1 次/天,5 天/周,共 6 个月,分别在实验开始前一天、2 个月、4 个月和 6 个月五禽戏练习结束测试两组受试者的体质、血脂、血糖、自由基和脂肪细胞因子指标。结果:6 个月五禽戏练习结束,五禽戏组受试者体质、血脂、血糖、脂肪细胞因子和自由基指标显著改善,且呈明显时间主效应。结论:中高架五禽戏练习属中等强度运动,可有效改善中年男性 MS,且具有明显时间主效应,即练习周期长短与 MS 各危险组分改善呈明显剂量反应关系;五禽戏可通过降低炎症反应、减轻氧化应激、降低血液 FFA 等机制改善中年男性 MS 胰岛素受体和受体后水平的生物学作用,降低其 IR。

关键词:五禽戏;男性;中年;代谢综合征;脂肪细胞因子;自由基;游离脂肪酸

Abstract: Objective: To discuss the effect and biological mechanism of Wuqinxi's intervention on middle-aged men's metabolic syndrome. Methods: 30 middle-aged male patients with metabolic syndrome were randomly divided into control group and Wuqinxi group. Control group's subjects kept the original way of life unchanged. Wuqinxi group's subjects practiced Wuqinxi which was moderate and high posture for 1 hour per day, 5 days per week, which lasted for 6 months. The indices of physical fitness, blood lipid, blood glucose, adipocytokines and free radical were tested respectively before practicing Wuqinxi and after practicing Wuqinxi for 2 months, 4 months and 6 months. Results: The indices of physical fitness, blood lipid, blood glucose, adipocytokines and free radical were significantly improved after practicing Wuqinxi for 6 months, which had a significant main time effect. Conclusions: Wuqinxi which was moderate and high posture was moderate intensity exercise and could effectively improve the middle-aged men's metabolic syndrome, which had a significant main time effect, namely, there was a significant dose-response relationship between the time of practicing Wuqinxi and the improvement of metabolic syndrome's dangerous components. The metabolic syndrome's insulin resistance of the middle-aged men could be alleviated by reducing inflammatory reaction and oxidative stress and lowering blood free fatty acid after practicing Wuqinxi.

Key words: Wuqinxi; male; middle-aged; metabolic syndrome; adipocytokines; free radical; free fatty acid

中图分类号:G852.904.5

文献标识码:A

代谢综合征(metabolic syndrome, MS)属生活方式疾病,是当前影响人类健康和生命的最主要非传染性疾病之一,其发病涉及到胰岛素抵抗(insulin resistance, IR)^[14,36]、炎症反应^[17,34]、氧化应激^[12,13,31,38]、脂代谢紊乱^[14,36]等,运动干预可有效改善 MS 患者各危险组分^[16,20,24,36]。目前,有关运动干预 MS 的研究主要集中在运动干预 MS 各危险组分有效性上,有关运动学因素如运动强度、运动时间、运动项目等干预 MS 的系统研究较少^[5],且研究对象多为儿童、大学生、中年女性和老年人群^[4],对生活、工作压力相对

更大的中年男性人群关注较少。基于此,本研究采用新编健身气功五禽戏对中年男性 MS 进行干预,综合分析五禽戏锻炼强度、锻炼时间对其的干预效果,并探讨五禽戏干预 MS

收稿日期:2014-11-06; 修订日期:2015-05-28

作者简介:孙红梅(1980-),女,山东临沂人,副教授,硕士,主要研究方向为运动与人体健康, Tel: (0633) 8779031, E-mail: 511633810@qq.com。

作者单位:山东体育学院,山东日照 276826

Shandong Institute of Physical Education, Rizhao 276826, China.

的生物学机制。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

根据 2005 年由国际糖尿病联盟 (IDF) 和美国心脏协会 (ACC)、美国国立卫生研究院 (NIH)、美国心肺血液研究所 (NHLBI) 联合发布的 MS 诊断标准,通过问卷发放,在山东日照市东港区选取 30 名 40~50 岁男性 MS 患者,随机分为对照组 (15 人) 和五禽戏组 (15 人),组间基本情况无显著性差异 ($P>0.05$)。经病史询问和体检受试者无运动心血管疾病、自身免疫性疾病、神经肌肉性疾病、严重精神性疾病、恶性肿瘤及其他严重器质性疾病 (如肝肾功能损坏等) 及感染性疾病,经运动风险评估后可进行中等强度运动。告知其实验内容和注意事项,自愿签署知情同意书。

通过 2005 年国民体质调查中的体力活动问卷记录受试者实验期间体力活动 (出行方式、职业性体力运动、工作时间和体育锻炼等) 情况。经分析受试者除五禽戏干预外,其他体力活动无明显改变。

1.2 研究方法

1.2.1 运动方案

以受试者保持原有生活方式、饮食习惯和必要药物干预为基准,避免不良精神刺激。对照组保持原有生活规律不变;五禽戏组正式实验前先进行 1 周五禽戏功法学习,动作掌握后开始实验。五禽戏练习要求身体重心平稳,下肢主要处于屈、蹲状态,负荷较大。初学者身体柔韧性和下肢肌肉力量较差,练习低架势动作难度较大,故本研究主要采用中高架动作的五禽戏练习。根据陈文鹤等^[1]、周雷等^[8]、杨慧馨等^[6]有关太极拳练习运动强度的确定方法以及健身气功五禽戏编创专家的意见,中高架势五禽戏练习时膝关节角度大致在 $130^{\circ}\sim 140^{\circ}$ 。受试者每天早上 07:00~08:00 在专业辅导员带领下跟随伴奏乐练习 3 遍,约 40~50 min,加上开始的热身和伸展练习 5~10 min,结束时的放松 5~10 min,合计约 1 h,每天 1 次,每周 5 天,共 6 个月。采用芬兰产 Polar Rs 800 型心率遥测仪监控中高架五禽戏练习时的运动心率。

1.2.2 血液样本采集

血液样本采集前 24 h 停止运动,禁烟酒,隔夜禁食 12 h 以上。各组受试者分别在实验开始前一天清晨 9 点、2 个月五禽戏练习结束后次日晨 9 点、4 个月五禽戏练习结束后次日晨 9 点和 6 个月五禽戏练习结束后次日晨 9 点,空腹抽取静脉血 5 ml,其中一部分加肝素抗凝保存,另一部分室温静置 30 min 后,3 000 rpm 离心 15 min,取血清。所有标本置于 -70°C 冰箱保存备测。

1.2.3 指标测试

体质指标测试:身高、体重、腰围 (WC)、臀围 (HC)、收

缩压 (SBP) 和舒张压 (DBP),由统一培训的测试人员分别在实验开始前一天上午 10 点以及 2 个月、4 个月和 6 个月五禽戏练习结束后次日上午 10 点测量,并计算体质指数 (BMI) 和腰臀比 (WHR)。测量方法参照《国民体质测定标准手册》。

血脂指标测试:总胆固醇 (TC)、甘油三酯 (TG)、游离脂肪酸 (FFA)、高密度脂蛋白胆固醇 (HDL-C) 和低密度脂蛋白胆固醇 (LDL-C) 采用酶联免疫吸附法 (ELISA)。

血糖指标测试:空腹血糖 (FBG) 和餐后 2 h 血糖 (2hBG) 采用葡萄糖氧化酶法;糖化血红蛋白 (HbA_{1c}) 和空腹胰岛素 (FINS) 采用 ELISA 法,FINS 浓度检测范围为 $8\sim 140\ \mu\text{IU/ml}$ 。IR 状态评价^[10]:稳态模型的胰岛素抵抗指数 (HOMA-IR) 评价胰岛素抵抗程度,计算公式为: $\text{HOMA-IR} = \text{FBG} \times \text{FINS} / 22.5$ 。

自由基指标测试:超氧化物歧化酶 (SOD) 采用黄嘌呤氧化酶法,谷胱甘肽过氧化物酶 (GSH-Px) 采用 TBA 反应法,丙二醛 (MDA) 采用硫代巴比妥酸法。

上述血脂、血糖和自由基指标测试的试剂盒均由南京建成生物工程研究所提供。

脂肪细胞因子指标测试:脂联素 (ADP)、瘦素 (LEP)、抵抗素 (RES) 和肿瘤坏死因子 α (TNF- α) 采用 ELISA 法。试剂盒均由上海西唐生物科技有限公司提供,ADP、LEP、RES 和 TNF- α 浓度检测范围依次为 $1\sim 200\ \mu\text{g/ml}$ 、 $0\sim 50\ \mu\text{g/l}$ 、 $0.5\sim 100\ \mu\text{g/l}$ 和 $0.5\sim 100\ \mu\text{g/l}$ 。

其中,体质指标测试由山东体育学院日照校区实验中心协助完成,血液相关指标测试由山东省日照市妇幼保健院检验科协助完成。

1.2.4 统计分析

数据处理用 SPSS 19.0 软件,各指标以 $\bar{X} \pm \text{SD}$ 表示,显著性水平取 $P<0.05$ 和 $P<0.01$ 。FINS、HOMA-IR、ADP、LEP、RES、TNF- α 经正态分布及方差齐性检验呈偏态分布,转换为自然对数后近似正态分布,故均采用自然对数形式参与分析。组内和组间比较均采用双因素方差分析。方差齐性时采用 Least-Significant Difference 法进行后效检验,方差不齐性时用 Tamhane's T₂ 法进行后效检验。相关分析采用 Pearson 相关法。

2 研究结果

组内不同时相比较,与五禽戏练习前比,2 个月五禽戏练习结束 LDL-C 和 FFA 显著降低 ($P<0.05$),HDL-C 显著升高 ($P<0.05$);4 个月五禽戏练习结束 BMI、SBP、TC、TG、LDL-C 和 FFA 显著降低 ($P<0.05$),HDL-C 显著升高 ($P<0.05$);6 个月五禽戏练习结束 BMI、TC、LDL-C 和 FFA 极显著降低 ($P<0.01$),WHR、SBP、DBP 和 TG 显著降低 ($P<0.05$),HDL-C 极显著升高 ($P<0.01$)。与五禽戏练习 2 个月比,4 个月五禽戏练习结束 HDL-C 显著升高

($P<0.05$), FFA 显著降低($P<0.05$); 6 个月五禽戏练习结束 BMI、WHR、SBP、DBP、TC、TG、LDL-C 和 FFA 显著降低($P<0.05$), HDL-C 显著升高($P<0.05$)。与五禽戏

练习 4 个月比, 6 个月五禽戏练习结束 HDL-C 显著升高($P<0.05$), FFA 显著降低($P<0.05$)。对照组各指标在不同时间均无显著变化(表 1)。

表 1 本研究受试者体质和血脂指标测试结果一览表

Table 1 The Results of the Subjects' Index of Physical Fitness and Blood Lipid

	练习前		2 个月		4 个月		6 个月	
	对照组	五禽戏组	对照组	五禽戏组	对照组	五禽戏组	对照组	五禽戏组
BMI	28.70±2.45	28.13±2.19	28.63±2.24	27.67±2.83	28.83±2.00	25.64±2.35*▲	28.00±2.65	24.09±1.87***▲▲
WHR	0.94±0.03	0.95±0.02	0.93±0.02	0.93±0.03	0.95±0.04	0.91±0.04	0.94±0.05	0.88±0.05*▲
SBP(mmHg)	146.78±10.27	146.00±10.36	145.80±11.00	143.73±10.98	145.93±10.87	140.15±10.70*▲	144.88±10.19	136.56±10.23***▲
DBP(mmHg)	94.27±6.11	93.87±5.76	92.64±5.90	92.69±6.01	93.75±6.87	90.15±6.76	94.75±5.87	87.55±6.63***▲
TC(mmol/L)	6.70±1.58	6.74±1.63	6.73±1.79	6.30±1.79	6.68±1.34	5.82±1.74*▲	6.73±1.09	5.23±1.00***▲▲
TG(mmol/L)	3.60±1.23	3.63±1.40	3.54±1.09	3.29±1.63	3.63±1.15	2.91±1.87*▲	3.58±1.51	2.63±1.24***▲
LDL-C(mmol/L)	3.92±0.53	3.89±0.47	3.89±0.60	3.32±0.68*▲	3.91±0.72	2.93±0.59*▲	3.93±0.64	2.67±0.34***▲▲
HDL-C(mmol/L)	0.86±0.27	0.88±0.26	0.84±0.30	0.99±0.41*▲	0.85±0.24	1.17±0.38***▲	0.87±0.60	1.32±0.47***▲▲
FFA(mmol/L)	0.74±0.11	0.75±0.09	0.75±0.09	0.66±0.10*▲	0.73±0.12	0.56±0.13***▲	0.72±0.13	0.45±0.13***▲▲

注: 组内不同时间相比, 与练习前比, * $P<0.05$, ** $P<0.01$; 与 2 个月练习结束比, ※ $P<0.05$, ※※ $P<0.01$; 与 4 个月练习结束比, △ $P<0.05$, △△ $P<0.01$ 。组间同时相比, 与对照组比, ▲ $P<0.05$, ▲▲ $P<0.01$ 。表 2、表 3 同。

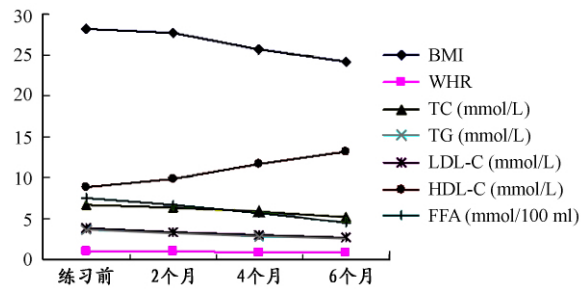


图 1 本研究五禽戏组受试者体质和血脂指标变化曲线图
Figure 1. The Change of Wuqinxi Group's Index of Physical Fitness and Blood Lipid

组间同时相比较, 与对照组比, 五禽戏练习前两组指标均无显著性差异; 2 个月五禽戏练习结束 LDL-C 和 FFA 显著降低($P<0.05$), HDL-C 显著升高($P<0.05$); 4 个月

五禽戏练习结束 BMI、SBP、TC、TG、LDL-C 和 FFA 显著降低($P<0.05$), HDL-C 显著升高($P<0.05$); 6 个月五禽戏练习结束 BMI、TC、LDL-C 和 FFA 极显著降低($P<0.01$), WHR、SBP、DBP 和 TG 显著降低($P<0.05$), HDL-C 极显著升高($P<0.01$; 表 1)。

组内不同时间相比较, 与五禽戏练习前比, 2 个月五禽戏练习结束各指标均无显著变化; 4 个月五禽戏练习结束 FBG、FINS 和 HOMA-IR 显著降低($P<0.05$); 6 个月五禽戏练习结束 FBG、2hFBG 和 HbA1c 显著降低($P<0.05$), FINS 和 HOMA-IR 极显著降低($P<0.01$)。与五禽戏练习 2 个月比, 4 个月五禽戏练习结束 FINS 和 HOMA-IR 显著降低($P<0.05$); 6 个月五禽戏练习结束 FBG 和 HbA1c 显著降低($P<0.05$), FINS 和 HOMA-IR 极显著降低($P<0.01$)。与五禽戏练习 4 个月比, 6 个月五禽戏练习结束 HOMA-IR 显著降低($P<0.05$; 表 2)。

表 2 本研究受试者血糖指标测试结果一览表

Table 2 The Results of the Subjects' Index of Blood Glucose

	练习前		2 个月		4 个月		6 个月	
	对照组	五禽戏组	对照组	五禽戏组	对照组	五禽戏组	对照组	五禽戏组
FBG(mmol/L)	5.90±1.78	5.87±1.69	5.87±1.64	5.49±1.58	5.93±1.43	4.80±1.27*▲	5.88±1.24	4.34±1.36***▲
2hFBG(mmol/L)	8.42±2.11	8.44±2.06	8.39±2.24	8.16±2.31	8.40±2.43	7.81±2.27	8.43±2.37	7.46±2.61*▲
HbA1c(%)	9.86±2.74	9.88±2.65	9.80±2.43	9.52±2.73	9.84±2.66	9.03±2.74	9.87±2.38	8.52±2.54***▲
FINS(μIU/ml)	14.78±3.17	14.65±3.25	14.56±3.26	13.79±3.09	14.83±3.41	11.01±3.26***▲	14.76±3.20	9.56±3.63***▲▲
HOMA-IR	3.85±1.18	3.82±1.20	3.80±1.21	3.36±1.19	3.91±1.19	2.76±1.20***▲	3.86±1.18	2.04±1.22***▲▲

组间同时相比较, 与对照组比, 五禽戏练习前和 2 个月五禽戏练习结束两组指标均无显著性差异; 4 个月五禽戏练习结束 FBG、FINS 和 HOMA-IR 显著降低($P<0.05$); 6 个月五禽戏练习结束 FBG、2hFBG 和 HbA1c 显著降低($P<0.05$), FINS 和 HOMA-IR 极显著降低($P<0.01$; 表 2)。

组内不同时间相比较, 与五禽戏练习前比, 2 个月五禽戏练习结束 ADP 显著升高($P<0.05$), LEP、RES 和 TNF- α 显著降低($P<0.05$); 4 个月五禽戏练习结束 SOD、GSH-Px 和

ADP 显著升高($P<0.05$), MDA、LEP、RES 和 TNF- α 显著降低($P<0.05$); 6 个月五禽戏练习结束 SOD、GSH-Px 和 ADP 极显著升高($P<0.01$), MDA、LEP、RES 和 TNF- α 极显著降低($P<0.01$)。与五禽戏练习 2 个月比, 4 个月五禽戏练习结束 SOD、GSH-Px 和 ADP 显著升高($P<0.05$), MDA、LEP 和 RES 显著降低($P<0.05$); 6 个月五禽戏练习结束 SOD 和 GSH-Px 极显著升高($P<0.01$), ADP 显著升高($P<0.05$), MDA、LEP 和 RES 极显著降低($P<0.01$),

TNF- α 显著降低($P<0.05$)。与五禽戏练习 4 个月比,6 个月五禽戏练习结束 GSH-Px 和 ADP 显著升高($P<0.05$),

MDA、LEP、RES 和 TNF- α 显著降低($P<0.05$;表 3)。

表 3 本研究受试者自由基和脂肪细胞因子指标测试结果一览表

Table 3 The Results of the Subjects' Index of Free Radical and Adipocytokines

	练习前		2 个月		4 个月		6 个月	
	对照组	五禽戏组	对照组	五禽戏组	对照组	五禽戏组	对照组	五禽戏组
SOD(U/ml)	99.47 $\pm$ 8.14	98.67 $\pm$ 8.33	98.63 $\pm$ 8.33	106.85 $\pm$ 8.74	97.89 $\pm$ 8.65	118.54 $\pm$ 8.19**▲	99.23 $\pm$ 8.19	127.72 $\pm$ 8.47***▲▲
GSH-Px(U/ml)	110.67 $\pm$ 10.23	109.33 $\pm$ 10.18	111.49 $\pm$ 10.36	116.46 $\pm$ 10.63	109.87 $\pm$ 9.94	127.60 $\pm$ 10.74***▲	111.26 $\pm$ 10.40	139.97 $\pm$ 11.00***▲▲
MDA(nmol/L)	6.47 $\pm$ 1.89	6.51 $\pm$ 1.74	6.54 $\pm$ 1.73	5.93 $\pm$ 1.47	6.32 $\pm$ 1.62	5.07 $\pm$ 1.63***▲	6.43 $\pm$ 1.80	4.24 $\pm$ 1.89***▲▲
ADP(μ g/ml)	5.64 $\pm$ 2.33	5.65 $\pm$ 2.48	5.70 $\pm$ 2.42	7.83 $\pm$ 2.67*▲	5.68 $\pm$ 2.56	8.94 $\pm$ 2.83***▲▲	5.62 $\pm$ 2.48	10.01 $\pm$ 2.73***▲▲
LEP(μ g/L)	15.43 $\pm$ 4.77	15.63 $\pm$ 4.89	15.65 $\pm$ 4.38	13.27 $\pm$ 4.63*▲	15.40 $\pm$ 4.89	10.82 $\pm$ 4.59***▲▲	15.45 $\pm$ 4.68	7.87 $\pm$ 4.35***▲▲
RES(μ g/L)	12.74 $\pm$ 5.63	12.78 $\pm$ 5.27	12.68 $\pm$ 5.42	10.61 $\pm$ 5.36*▲	12.70 $\pm$ 5.72	7.54 $\pm$ 5.81***▲▲	12.75 $\pm$ 5.83	5.27 $\pm$ 5.60***▲▲
TNF- α (μ g/L)	1.63 $\pm$ 0.42	1.64 $\pm$ 0.56	1.60 $\pm$ 0.46	1.30 $\pm$ 0.47*▲	1.62 $\pm$ 0.50	1.01 $\pm$ 0.52***▲▲	1.61 $\pm$ 0.49	0.79 $\pm$ 0.60***▲▲

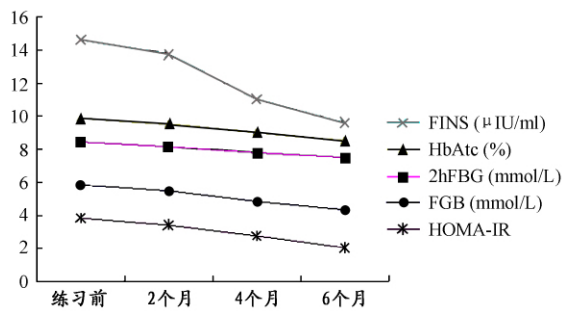


图 2 本研究五禽戏组受试者血糖指标变化曲线图

Figure 2. The Change of Wuqinxi Group's Index of Blood Glucose

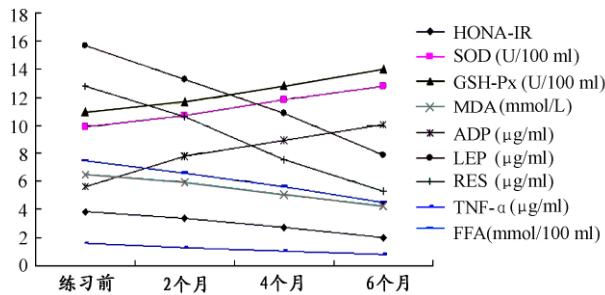


图 3 本研究五禽戏组受试者 HOMA-IR、脂肪细胞因子、自由基及 FFA 变化曲线图

Figure 3. The Change of Wuqinxi Group's Index of HOMA-IR, Adipocytokines, Free Radical and FFA

表 4 本研究五禽戏组受试者 HOMA-IR 与脂肪细胞因子、自由基和 FFA 变化相关性一览表

Table 4 The Correlation of HOMA-IR and Adipocytokines, Free Radical and FFA in Wuqinxi Group

		Δ ADP	Δ TNF- α	Δ LEP	Δ RES	Δ SOD	Δ GSH-Px	Δ MDA	Δ FFA
Δ HOMA-IR	<i>r</i>	0.872	-0.889	-0.721	-0.713	0.779	0.724	-0.801	-0.667
	<i>P</i>	<0.01	<0.01	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

注: Δ 利用 Transform 计算生成的新变量(Δ +原变量名),即指标 6 个月练习前、后差值(后测值减前测值)。

著改善。程芳洲等^[2]对 MS 患者进行 6 个月运动干预后发现,其临床症状明显减轻。

表 1、表 2 显示,中年男性 MS 6 个月五禽戏干预后,其体质、血脂和血糖指标显著改善,核心病变 IR 明显降低,提示,五禽戏干预可有效改善中年男性 MS 各危险组分,减轻临床症状。这与 Armin 等和 Raquel 等的研究结果基

本一致。Armin 等^[9]研究显示,在饮食控制的情况下,每周 3 次、每次 30 min 步行和 15 min 抗阻练习的运动干预可明显改善性腺机能减退的中年男性 MS 的各危险组分,降低 IR,提高胰岛素敏感性。Raquel 等^[26]根据 IDF、美国国家胆固醇教育计划(NCEP)成人治疗组第三次报告(ATP III)和以向心性肥胖、血糖耐受为切入点修订的适用于亚洲人

组间同时相比较,与对照组比,2 个月五禽戏练习结束 ADP 显著升高($P<0.05$),LEP、RES 和 TNF- α 显著降低($P<0.05$);4 个月五禽戏练习结束 SOD 和 GSH-Px 显著升高($P<0.05$),ADP 极显著升高($P<0.01$),MDA 显著降低($P<0.05$),LEP、RES 和 TNF- α 极显著降低($P<0.01$);6 个月五禽戏练习结束 SOD、GSH-Px 和 ADP 极显著升高($P<0.01$),MDA、LEP、RES 和 TNF- α 极显著降低($P<0.01$;表 3)。

3 分析讨论

3.1 五禽戏干预中年男性 MS 的效果分析

MS 病变核心是 IR,不良生活方式(如缺乏运动、不合理膳食及劳逸过度等)是导致 IR 的主要原因之一,治疗性生活方式是治疗 MS 的有效措施。Hahn 等^[18]研究发现,老年 MS 高危患者 2 h/周有氧运动可有效延缓 MS 发展。Miyatake 等^[23]研究提示,中等强度的体力活动可减少约 2/3 MS 发生。曾桂凤等^[7]对 MS 患者进行 4 个月日本康复医学推荐的“代谢综合征运动疗法”后,MS 相关指标显

群的 ATP III 中有关 MS 的判断标准,分析了来自 the Shanghai Men's Health Study(SMHS)的 3 988 名中国城市中年男性 MS 的相关研究数据发现,无论 MS 的判断标准如何,体力活动与 MS 发病率均呈负相关,体力活动缺乏是影响中年男性 MS 发病率的重要危险因素。参照美国运动医学学会按最大心率(HRmax)百分比划分的运动强度等级: $<50\%$ HRmax 强度为小强度运动, $50\% \sim 80\%$ HRmax 强度为中等强度运动, $>80\%$ HRmax 强度为大强度运动。Miyatake 等^[23]、Gelaye 等^[15]、Carroll 等^[11]、Laaksonen 等^[21]、Irwin 等^[19]和 Rector 等^[28]均证实,中等强度运动可降低 MS 危险性。本研究中采用的五禽戏是中高架势,整个实验周期内 Polar 表监测显示,五禽戏练习时受试者心率均在 $50\% \sim 70\%$ HRmax(HRmax=220-年龄)范围,属中等强度运动,提示,采用中高架五禽戏干预中年男性 MS 是可行和有效的。

结合图 1、图 2 各指标变化趋势及对表 1、表 2 结果进行重复测量方差分析发现,五禽戏干预中年男性 MS 具有时间主效应,练习周期长短对其各危险组分改善具有显著影响。2 个月五禽戏练习结束,除 LDL-C、HDL-C 和 FFA 有明显改善外,其他体质、血脂和血糖指标无显著变化;4 个月五禽戏练习结束,除 WHR、DBP、HbA1c 和 2hFBG 外,其他体质、血脂和血糖指标均明显改善;6 个月五禽戏练习结束,各体质、血脂和血糖指标改善更为明显。提示,不同五禽戏干预周期对中年男性 MS 的影响不同,五禽戏干预 MS 存在明显时间依赖性。这与国外研究证实的体力活动时间与 MS 各危险组分具有剂量反应关系相一致。Gelaye 等^[15]横断面调查发现, <150 min/周的休闲体力活动可使 MS 发病率降低 21%, >150 min/周可使 MS 发病率降低 42%。Miyatake 等^[23]研究发现,体力活动时间短于 180 min/周可降低 67% MS 发生,超过 180 min/周至少可降低 86% MS 发生。Carroll 等^[11]、Laaksonen 等^[21]和 Irwin 等^[19]研究显示,与静坐相比,中等强度运动时间超过 180 min/周能使 MS 发生率降低 40%~86%。Rennie 等^[29]研究发现,高强度运动时间短于 60 min/周可减少 34% MS 发生,60~90 min/周可减少 27% MS 发生,90~150 min/周可减少 50% MS 发生。Laaksonen 等^[21]研究显示,高强度运动时间超过 60 min/周与不足 10 min 者比,MS 减少 63%。

3.2 五禽戏干预中年男性 MS 的生物学机制分析

MS 与持续低度慢性炎症和氧化应激有密切关系^[12,13,17,31,34,38]。MS 的 IR 主要发生在胰岛素生物作用的受体和受体后水平,可出现在胰岛素信号传导的各个环节^[14]。脂肪细胞因子如 ADP、TNF- α 、LEP 和 RES 等分泌异常,是启动 IR 的关键诱因。ADP 与 IR 呈负相关,有胰岛素致敏和抗炎作用,TNF- α 、LEP 和 RES 与 IR 呈正相关,有致 IR 和促炎作用^[14,17,36]。

抗炎因子 ADP 可通过以下机制拮抗 IR^[22,33,37]:1)抑制 TNF- α 信号转导介导的炎症反应:IkB- α 是 TNF- α 介导的炎症信号通路抑制性 kappa B 蛋白激酶/核转录因子 kappa B(IKK/NF- κ B)的抑制分子,ADP 可激活环 cAMP-PKA 通路,抑制 IkB- α 降解,减弱 TNF- α 诱导的下游炎症分子活动,如白细胞介素-6(IL-6)、白细胞介素-8(IL-8)及 C 反应蛋白(CRP)激活;2)通过腺苷酸活化蛋白激酶(AMPK)信号通路和提高过氧化物酶体增殖物激活型受体(PPAR) α 活性等途径,阻断胰岛素受体底物(IRS)丝氨酸磷酸化,增强 IRS 酪氨酸的磷酸化水平^[37];3)ADP 与受体结合后通过受体偶联的接头蛋白 APPL1 可刺激胰岛 β 细胞分泌胰岛素。

促炎因子 TNF- α 、LEP 和 RES 可通过以下机制促进 IR^[27,32,35]:1)通过 IKK/NF- κ B、c-jun 氨基末端激酶(JNK)通路及细胞因子信号抑制物-3(SOCS-3)通路等诱导 IRS 丝氨酸磷酸化,减弱 IRS 对下游磷脂酰肌醇-3-激酶(PI3K)磷酸化的激活,干扰胰岛素信号经胰岛素受体/IRS/PI3K 通路传导;2)下调脂肪细胞中葡萄糖转运因子-4(GLUT-4)、PPAR、IRS 和 ADP 等的表达,加速其 mRNA 降解;3)增强氧化应激,使单核细胞氧自由基增加,致使 IKK/NF- κ B 增强,TNF- α 、IL-6 和 CRP 等炎症因子增多,增多的炎症因子又可增强 IKK/NF- κ B,形成低度炎症正反馈环;4)抑制脂蛋白脂酶(LPL)活性,降低其 mRNA 表达,抑制脂肪细胞对外源脂质摄取,降低 FFA 合成关键酶如乙酰辅酶 A 羧化酶、脂肪酸合成酶等的 mRNA 水平,增加血 FFA、TG 和 LDL;5)直接作用于胰岛 β 细胞生成环磷酸鸟苷,损伤其 DNA。

促炎因子 TNF- α 、LEP 和 RES 通过干扰胰岛素信号传导导致 IR,抗炎因子 ADP 通过抑制促炎因子产生拮抗其负面影响,促炎因子和抗炎因子失衡在 MS 的 IR 中起重要作用。

高血糖可通过多元醇通路、细胞内晚期糖化终末产物(AGEs)、蛋白激酶 C(PKC)激活、线粒体电子传递链过度生成超氧化物等途径^[13,31,38]产生大量氧自由基,导致氧化应激。长期氧化应激可诱导 IKK/NF- κ B、JNK 和丝裂原活化蛋白激酶(MAPK)之一 p38 MAPK 等应激敏感信号通路激活。其中,IKK/NF- κ B 可启动炎症反应,调节 TNF- α 等炎症因子及相关物的基因转录和蛋白质合成^[25];JNK 和 p38 MAPK 可诱导 IRS 丝氨酸磷酸化,减少其对 PI3K 招募,干扰胰岛素受体/IRS/PI3K 通路传导,减弱 GLUT-4 向细胞表面的募集。氧化应激还可抑制核蛋白与 GLUT-4 启动子的胰岛素反应元件间的结合,减弱 3T3-L1 脂肪细胞 GLUT-4 的表达^[12]。此外,高 FFA 也是 IR 的重要诱因之一,其机制主要有^[3,30]:1)脂肪细胞内 FFA 可激活 IKK/NF- κ B 和 JNK 等,增强炎症反应,干扰胰岛素受体/IRS/PI3K 信号通路;2)抑制葡萄糖酵解和氧化,影响胰岛 β 细

胞代谢酶及离子通道,进而改变前胰岛素原启动子转录、活化,促进胰岛 β 细胞凋亡。

表1、表2、表4及图3的结果显示,受试中年男性MS患者6个月五禽戏练习后HOMA-IR下降;脂肪细胞因子ADP增多,TNF- α 、LEP和RES减少;SOD和GSH-Px活性增强,MDA产生减少;FFA浓度降低;且 Δ HOMA-IR与 Δ ADP、 Δ SOD和 Δ GSH-Px显著正相关,与 Δ TNF- α 、 Δ LEP、 Δ RES、 Δ MDA和 Δ FFA显著负相关。提示,中年男性MS改善与脂肪细胞因子、氧化应激和FFA有密切关系。结合上述分析推测,五禽戏可通过改善炎症因子和抗炎因子间的平衡降低炎症反应;增强抗氧化能力减轻氧化应激;降低血液FFA等机制增强中年男性MS患者胰岛素受体和受体后水平的生物学作用,改善其IR。

4 结论

1. 中高架五禽戏练习属中等强度运动,可有效改善中年男性MS,促进其康复。
2. 五禽戏改善中年男性MS具有明显时间主效应,练习周期长短与各危险组分改善呈明显剂量反应关系。
3. 五禽戏可通过降低炎症反应、减轻氧化应激、降低血液FFA等机制改善中年男性MS胰岛素受体和受体后水平的生物学作用,降低其IR。

参考文献:

- [1] 陈文鹤,赵釜生.太极拳练习的能量消耗和肌微循环变化[J].上海体育学院学报,1984,8(2):4-7.
- [2] 程芳洲,刘翔宇.综合干预对代谢综合征患者的疗效及血清脂肪细胞因子水平的影响[J].中国循证心血管医学杂志,2012,4(1):29-32.
- [3] 霍娟,傅汉菁.血清游离脂肪酸与胰岛 β 细胞功能及胰岛素抵抗[J].华西医学,2010,25(7):1255-1258.
- [4] 刘冬梅,王卉,杨翔琼.运动与代谢综合征的研究进展[J].第四军医大学学报,2009,30(15):1432-1434.
- [5] 孟妮佳,陈德明.影响运动治疗代谢综合征运动学因素的研究进展[J].哈尔滨体育学院学报,2010,28(5):110-114.
- [6] 杨慧馨,虞定海,赵影.中老年人简化太极拳锻炼的气体代谢与能量消耗研究[J].中国运动医学杂志,2012,31(2):106-108.
- [7] 曾桂凤,田洪兰,刘涛.冬季有氧锻炼对代谢综合征患者生物学和生化指标的影响[J].中国现代医生,2008,46(15):23-25.
- [8] 周雷,王健,吴飞,等.太极拳3种高度架势的确定及控制[J].中国体育科技,2005,41(3):103-104,143.
- [9] ARMIN E H, FARID S, MATHIJS C B, *et al.* Fifty-two-week treatment with diet and exercise plus transdermal testosterone reverses the metabolic syndrome and improves glycemic control in men with newly diagnosed type 2 diabetes and subnormal plasma testosterone[J]. J Androl, 2009, 30(6): 726-733.
- [10] BASTARD J P, MAACHI M, LAGATHU C, *et al.* Recent advances in the relationship between obesity, inflammation, and

- insulin resistance[J]. Eur Cytokine Netw, 2006, 17(1): 4-12.
- [11] CARROLL S, COOKE C B, BUTTERLY R J, *et al.* Metabolic clustering, physical activity and fitness in nonsmoking, middle-aged men[J]. Med Sci Sports Exe, 2002, 32(12): 2079-2086.
- [12] DOMINIQUE B R. Glucose and reactive oxygen species[J]. Curr Opin Clin Nutr Metab Care, 2002, 5(5): 561-568.
- [13] DOMINIQUE D, BRUNO G, CHRISTIANE C, *et al.* Metformin prevents high-glucose-induced endothelial cell death through a mitochondrial permeability transition-dependent process[J]. Diabetes, 2005, 54(7): 2179-2187.
- [14] ECKLE R H, GRUNDY S M, ZIMMET P Z. The metabolism syndrome[J]. Lancet, 2005, 365(9468): 1415-1428.
- [15] GELAYE B, REVILLA L, LOPEZ T, *et al.* Prevalence of metabolic syndrome and its relationship with leisure time physical activity among peruvian adults[J]. Clin Invest, 2009, 39(10): 891-898.
- [16] GUINHOYA B C. Physical activity in preventing metabolic syndrome in children[J]. Med Sci, 2009, 25(10): 827-833.
- [17] HAFFNER S M. The metabolic syndrome: inflammation, diabetes mellitus, and cardiovascular disease[J]. Am J Cardiol, 2006, 97(2A): 3A-11A.
- [18] HAHN V, HALLE M, SCHMIDT-TRUCKSASS A, *et al.* Physical activity and the metabolic syndrome in elderly German men and women: results from the population-based KORA survey[J]. Diabetes Care, 2008, 32(3): 511-513.
- [19] IRWIN M L, AINSWORTH B E, MAYER-DAVIS E J, *et al.* Physical activity and the metabolic syndrome in a tri-ethnic sample of women[J]. Obesity Res, 2002, 10(10): 1030-1037.
- [20] KIM J, TANABE K, YOKOYAMA N, *et al.* Association between physical activity and metabolic syndrome in middle-aged Japanese: a cross-sectional study [J]. BMC Public Health, 2011, 11(8): 624.
- [21] LAAKSONEN D E, LAKKA H M, SALONEN J T, *et al.* Low levels of leisure-time physical activity and cardiorespiratory fitness predict development of the metabolic syndrome[J]. Diabetes Care, 2002, 25(9): 1612-1618.
- [22] MATSUURA F, OKU H, KOSEKI M, *et al.* Adiponectin accelerates reverse cholesterol transport by increasing high density lipoprotein assembly in the liver [J]. Biochem Biophys Res Commun, 2007, 358(4): 1091-1095.
- [23] MIYATAKE N, SAITO T, WADA J, *et al.* Linkage between oxygen uptake at ventilatory threshold and muscle strength in subjects with and without metabolic syndrome[J]. Acta Med Okayama, 2007, 61(5): 255-259.
- [24] MUSTO A, JACOBS K, NASH M, *et al.* The effects of an incremental approach to 10000 steps/day on metabolic syndrome components in sedentary overweight women[J]. J Phys Act Health, 2010, 7(6): 737-745.
- [25] PHILIPPE G, YANNICK L M, JEAN-FRANCOIS T. Positive and negative regulation of insulin signaling through IRS-1

- phosphorylation[J]. *Biochimie*, 2005, 87(1): 99-109.
- [26] RAQUEL V, XIANG Y B, YANG G, *et al.* Prevalence and determinants of metabolic syndrome according to three definitions in middle-aged Chinese men[J]. *Metabolic Syndrome Related Disorders*, 2009, 7(1): 37-45.
- [27] RECASENS M, LOPEZ-BERMEJO A, RICART W, *et al.* An inflammation score is better associated with basal than stimulated surrogate indexes of insulin resistance[J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2005, 90(1): 112-116.
- [28] RECTOR R S, WARNER S O, LIU Y, *et al.* Exercise and diet induced weight loss improves measures of oxidative stress and insulin sensitivity in adults with characteristics of the metabolic syndrome[J]. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 2007, 293(2): 500-506.
- [29] RENNIE K L, MCCARTHY N, YAZDGERDI S, *et al.* Association of the metabolic syndrome with both vigorous and moderate physical activity[J]. *Int J Epidemiol*, 2003, 32(4): 600-606.
- [30] SAVAGE D B, PETERSEN K F, SHULMAN G I. Disordered lipid metabolism and the pathogenesis of insulin resistance[J]. *Physiol Rev*, 2007, 87(2): 507-520.
- [31] SHIMA I, SHINDO T, SAITO T, *et al.* Effect of high glucose concentration on mitochondrial metabolism in neuronal cells[J]. *Yamanashi Med J*, 2004, 19(4): 107-116.
- [32] SHOELSON S E, LEE J, GOLDFINE A B. Inflammation and insulin resistance[J]. *J Clin Invest*, 2006, 116(7): 1793-1801.
- [33] SUGANAMI T, NISHIDA J, OGAWA Y. A paracrine loop between adipocytes and macrophages aggravates inflammatory changes: role of free fatty acids and tumor necrosis factor alpha[J]. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*, 2005, 25(10): 2062-2068.
- [34] TAKUYA I, MOTONOBU M, YOSHITO M, *et al.* Adiponectin levels associated with the development of hypertension: a prospective study[J]. *Hypertens Res*, 2008, 31(2): 229-233.
- [35] VALVERDE A M, BENITO M, LORENZO M. The brown adipose cell: a model for understanding the molecular mechanisms of insulin resistance[J]. *Acta Physiol Scand*, 2005, 183(1): 59-73.
- [36] VETTOR R, MILAN G, ROSSATO M, *et al.* Review article: adipocytokines and insulin resistance[J]. *Aliment Pharmacol Ther*, 2005, 22(Suppl 2): 3-10.
- [37] WANG C H, MAO X M, WANG L X, *et al.* Adiponectin sensitizes insulin signaling by reducing p70 S6 kinase-mediated serine phosphorylation of IRS-1[J]. *J Biol Chem*, 2007, 282(11): 7991-7996.
- [38] XIE L, ZHU X B, HU Y, *et al.* Mitochondrial DNA oxidative damage triggering mitochondrial dysfunction and apoptosis in high glucose-induced HRECs[J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2008, 49(9): 4203-4209.

(上接第 27 页)

6.2 建议

对于公式模型的校对,理论上讲,样本量越大,项目距离越接近,其准确度也会越高。因此,若想进一步完善公式模型,后期研究工作可以继续采集更多的成绩样本,以期获得预测效果更佳的模型。本研究所涉及的项目为跑类项目,并不包括接力、跨栏、障碍、竞走,但理论上讲,计算训练法理论适用于任何周期性项目,历史上也曾有过应用计算训练法指导游泳、速滑、自行车等项目的先例。如果能将本研究成果进行细化和拓展性研究,对其他所有周期性项目的发展具有重大意义。

参考文献:

- [1] 陈家和. 计算训练法在游泳训练中的应用[J]. *武汉体育学院学报*, 1988, (1): 40-43.
- [2] 刘波, 袁志华. 足球运动员耐力训练运用计算训练法的可行性分析[J]. *体育世界: 学术版*, 2008, (8): 66-67.
- [3] 王路德. “计算训练法”软件的研究[J]. *体育科学*, 1988, 8(3): 88-88.
- [4] 詹姆斯·加德纳·格里·珀迪. 计算训练法[M]. 金嘉纳, 沈纯德, 译. 北京: 人民体育出版社, 1983.
- [5] 张贵敏. 田径[M]. 北京: 人民体育出版社, 2007.
- [6] 周素英, 岳安元. 计算训练法在自行车短距离项目训练中的应用[J]. *山西体育科技*, 2001, 21(1): 6-7.
- [7] PURDY J G. Computer generated track and field scoring tables: III. Model evaluation and analysis[J]. *Med Sci Sports*, 1976, 9(4): 212-218.

