

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2017.28.009
文章编号: 1005-8982 (2017) 28-0045-06

新进展研究·论著

抗阻运动对糖尿病前期伴轻度高血压人群 血压的影响*

麻晓君¹, 戴霞¹, 罗祖纯¹, 韦春², 陆丽荣³, 赵文飘¹

(1. 广西医科大学第一附属医院, 广西南宁 530021; 2. 广西医科大学护理学院, 广西南宁 530021; 3. 广西中医药大学第一附属医院, 广西南宁 530023)

摘要: **目的** 研究不同运动方式对社区糖尿病前期(IGR)人群血压的控制效果。**方法** 于2015年6~8月在桂林的3个社区卫生服务中心长期管理的社区居民中筛选出符合标准的IGR合并轻度高血压人群83人, 随机分为3组, 经过1年的干预和随访, 最终收集到67人的完整数据: 抗阻运动组22人、有氧运动组23人、对照组22人。干预期间, 对照组保持原有的生活方式, 抗阻和有氧运动组分别进行相应的运动干预, 约50 min/次, 以集体形式隔天训练。对干预后3、6、12个月抽血查空腹血糖、空腹胰岛素和糖化血红蛋白(HbA1c), 测血压, 计算胰岛素抵抗指数(HOMA-IR)。**结果** ①不同时间点之间的HbA1c、HOMA-IR、收缩压(SBP)、舒张压(DBP)比较, 差异有统计学意义($F=22.415、9.289、32.689$ 和 6.713 , 均 $P=0.000$); 3组间的HbA1c、HOMA-IR、SBP、DBP比较, 差异有统计学意义($F=16.525、4.241、26.436$ 和 4.653 , $P=0.000、0.044、0.000$ 和 0.013), 干预后抗阻运动组和有氧运动组的HbA1c、HOMA-IR、SBP、DBP低于对照组; 3组的HbA1c、HOMA-IR、SBP、DBP变化趋势差异有统计学意义($F=19.134、4.782、22.520$ 和 6.792 , 均 $P=0.000$), 干预期间, 对照组各指标总体呈上升趋势, 两运动组各指标总体呈下降趋势, 虽然两运动组不同时段各指标比较差异无统计学意义($P>0.05$), 但抗阻运动组的HbA1c、HOMA-IR的下降幅度大于有氧运动组, 且SBP、DBP下降幅度小于有氧运动组。②干预3个月时, 有氧和抗阻运动组的HbA1c、HOMA-IR、DBP均低于干预前, 有氧运动组SBP低于干预前; 干预6个月时, 有氧和抗阻运动组的HbA1c、SBP、DBP均低于干预前, 抗阻运动组HOMA-IR低于干预前; 干预12个月时, 有氧和抗阻运动组的HbA1c、HOMA-IR、SBP、DBP均低于干预前, 对照组HbA1c、SBP高于干预前, 均差异有统计学意义($P<0.05$)。**结论** 抗阻和有氧运动均能安全有效地改善社区IGR合并轻度高血压人群的HbA1c、血压、HOMA-IR, 值得推广。

关键词: 抗阻运动; 糖尿病前期; 高血压

中图分类号: R587.1

文献标识码: A

Effect of resistance exercise on blood pressure of people with mild hypertension in prediabetes*

Xiao-jun Ma¹, Xia Dai¹, Zu-chun Luo¹, Chun Wei², Li-rong Lu³, Wen-piao Zhao¹

(1. The First Affiliated Hospital, 2. Nursing College, Guangxi Medical University, Nanning, Guangxi 530021, China; 3. The First Affiliated Hospital of Guangxi University of Chinese Medicine, Nanning, Guangxi 530023, China)

Abstract: Objective To study the effect of different exercise methods on blood pressure (BP) control in community people with prediabetes. **Methods** In the period from June to August 2015, the people who suffered from prediabetes with mild hypertension ($n=83$) were selected from the community residents who had been managed by three community health service centers in Guilin. The volunteers were randomly divided into 3 groups.

收稿日期: 2016-11-21

* 基金项目: 广西医疗卫生技术研究与开发课题项目(No: S201413_03); 广西研究生教育创新计划项目(No: YCSZ2015111)。

[通信作者] 戴霞, E-mail: 2655947220@qq.com; Tel: 13977166323

After a year of intervention and follow-up, 67 people were eventually collected with 22 in the resistance exercise group, 23 in the aerobic exercise group and 22 in the control group. During the intervention period, the control group maintained the original way of life; the resistance and aerobic exercise groups were given the corresponding exercise intervention, about 50 min each time, once every other day. In 3, 6 and 12 months after intervention, fasting blood glucose, fasting insulin, glycosylated hemoglobin (HbA1c), BP and insulin resistance index (HOMA-IR) were measured. **Results** HbA1c, HOMA-IR, SBP and DBP at different time points were significantly different ($F = 22.415, 9.289, 32.689$ and 6.713 respectively; $P = 0.000$). HbA1c, HOMA-IR, SBP and DBP were significantly different among the three groups ($F = 16.525, 4.241, 26.436$ and 4.653 ; $P = 0.000, 0.044, 0.000$ and 0.013). After intervention, HbA1c, HOMA-IR, SBP and DBP of the resistance exercise group and the aerobic exercise group were lower than those of the control group; the change trends of HbA1c, HOMA-IR, SBP and DBP were significantly different ($F = 19.134, 4.782, 22.520$ and 6.792 ; $P = 0.000$). During the intervention period, although the differences were not statistically significant between the two exercise groups when the index values of different time periods were compared ($P > 0.05$), the decline ranges of HbA1c and HOMA-IR in the resistance exercise group were greater than those in the aerobic exercise group, SBP and DBP of the aerobic exercise group decreased more obviously than those of the resistance exercise group. After 3 months, HbA1c, HOMA-IR and DBP of the aerobic group and the resistance group were lower than those before intervention; SBP of the aerobic group was lower than that before intervention. After intervention for 6 months, HbA1c, SBP and DBP of the aerobic group and the resistance group were lower than those before intervention; HOMA-IR of the resistance group was lower than that before intervention. After 12-month intervention, HbA1c, HOMA-IR, SBP and DBP of the aerobic group and the resistance group were lower than those before intervention, HbA1c and SBP of the control group increased, there were significant differences ($P < 0.05$). **Conclusions** Both resistance and aerobic exercises could improve the glycosylated hemoglobin, blood pressure and insulin resistance of the community residents with both prediabetes and mild hypertension. The two kinds of sports should be popularized and applied.

Keywords: resistance exercise; prediabetes; hypertension

高血压常与糖代谢异常同时存在, 相关研究显示, 我国高血压患者已超过 2 亿^[1], 其中大约有 50% 伴有糖耐量异常或高胰岛素血症^[2-3], 而糖尿病患者中, 约有 80% 患有高血压。糖尿病前期 (impaired glucose regulation, IGR) 是糖尿病的必经阶段, 此阶段已存在的糖脂代谢紊乱、胰岛素抵抗与动脉粥样硬化的发生进展密切相关, 而 IGR 合并高血压将增加心血管事件发生风险^[4], 因此, 如何对其进行非药物干预已成为各界关注热点。以往中等强度的有氧运动被认为是控制高血压和糖尿病最有效的运动方式, 但近年来研究发现^[5-7], 抗阻运动可以减轻体重、改善胰岛素抵抗, 从而预防 IGR 进展为糖尿病。那么, 抗阻运动是否也适用于 IGR 合并高血压的人群, 其安全性、有效性是否能与有氧运动媲美, 有待进一步研究。本研究对社区 IGR 合并轻度高血压人群进行为期 1 年的有氧和抗阻训练, 取得良好的效果, 现报道如下。

1 资料与方法

于 2015 年 6 ~ 8 月在桂林的 3 个社区卫生服务中心长期管理的社区居民中筛选出糖尿病高危人群或既往诊断 IGR 人群, 再次进行口服葡萄糖耐量试验

(OGTT) 实验。

1.1 纳入和排除标准

纳入标准: ①持续或非同日 3 次测量上肢血压, 收缩压 (systolic blood pressure, SBP) 为 140 ~ 159 mmHg 和 (或) 舒张压 (diastolic blood pressure, DBP) 为 90 ~ 99 mmHg; ②采用 1999 年 WHO 糖尿病诊断标准诊断 IGR: 即空腹血糖 (fasting plasma glucose, FPG) 在 6.1 ~ 7.0 mmol/L 之间且口服 75 g 葡萄糖粉后 2 h 血糖 (2-hour postprandial glucose, 2hPG) < 7.8 mmol/L 为空腹血糖受损 (impaired fasting glucose, IFG), FPG < 7.0 mmol/L 且 2 hPG 在 7.8 ~ 11.1 mmol/L 之间为糖耐量减低 (impaired glucose tolerance, IGT), IFG 和 IGT 统称为 IGR; ③ 40 岁 ≤ 年龄 ≤ 70 岁; ④有静坐少动的生活习惯 (参加中等强度体育活动的活动时间 < 150 min/周或能量消耗 < 4.184 kJ/周); ⑤自愿参加本研究, 签署知情同意书。以上要求必须同时符合。

排除标准: ①孕期及哺乳期女性; ②有运动禁忌证或有精神、认知及活动障碍者; ③有继发性高血压、肝肾功能异常、心脏疾病等严重的急慢性疾病者; ④每次训练时间和强度、训练总次数不达到要求的 70% 以上或不能按要求配合完成运动评估及干预者。排除

符合以上任一项者。

1.2 分组

采用随机数字表法将符合纳入标准的研究对象 83 例分为 3 组, 经过 1 年的干预研究, 部分研究对象因运动不达标、搬迁、未能按时完成检查等因素视为脱落, 最终完成研究并收集到完整数据者共 67 人。其中抗阻运动组 22 人 (脱落 6 人, 脱落率为 21.43%), 有氧运动组 23 人 (脱落 5 人, 脱落率为 17.86%), 对照组 22 人 (脱落 5 人, 脱落率为 18.51%)。

1.3 研究方法

1.3.1 基线资料收集 收集所有研究对象的姓名、性别、年龄、高血压病程、是否服用降压药物等。

1.3.2 制定运动处方 ①一名指定的运动医师采用《身体状况安全问卷调查表 (Physical activity readiness questionnaire, PAR-Q)》为研究对象进行运动负荷实验前的安全评估, 合格者在运动医生的指导下采用功率车进行递增负荷测试 (graded exercise testing, GXT), 通过代谢当量、储备摄氧量 (VO_{2R}) 和心肺储备功能等指标评估研究对象接受运动干预的安全性, 符合条件者进入研究; ②结合以上测试结果并参考《美国运动医学学会运动测试与运动处方指南》^[8] 和由戴霞等^[9] 研发的 IV、V 级糖尿病量化运动处方, 与研究对象一起制定个性化的运动方案; ③干预过程指导研究对象进行适应性训练, 循序渐进的适应运动强度, 干预实施前用 2 周的时间教授技术动作要领和注意事项, 依据个体情况适当调整运动计划; ④每次运动要求穿着运动服, 运动前避免进食过饱, 进食后至少休息 1 h 方可开始运动, 训练日当晚 (7 ~ 8 Pm/8 ~ 9 Pm, 2 个时段任选其一) 在医护人员指导下进行集体训练, 各运动组研究对象择期参加, 训练前由指定护士监测血压, 如有不适立即停止运动并依据情况进行处理。

1.3.3 饮食教育 干预前 1 周, 对所有研究对象进行饮食教育, 共 3 次课, 30 min/次, 主要内容为减少膳食脂肪和食盐摄入 (每人食盐摄入量逐步降至 <6 g/d), 营养均衡、控制总热量、限烟酒等, 但不进行行为干预。

1.4 实施干预

1.4.1 有氧运动组 指导研究对象进行的有氧运动强度为中等强度, 等同于 40% ~ 59% 的储备摄氧量, 靶摄氧量 = 期望强度 % \times ($VO_{2max/peak}^b - VO_{2rest}$) + VO_{2rest} , 运动过程中测 10 秒脉率, 运动时上限心率 (次/min) =

170- 年龄。运动前、后的热身和放松活动分别为 5 min, 每次进行约 40 min 的有氧健身操、韵律操等训练, 期间休息 1 ~ 3 次 (1 ~ 2 min/次), 运动隔天进行。

1.4.2 抗阻运动组 指导研究对象进行的抗阻运动强度为中等强度, 即以个人 60% ~ 70% 1RM^[8] 的抗阻重量完成指定动作, 使用美国 Go Fit 牌弹力绳进行上臂、腰背、腹部、臀部、腿部肌群等全身主要肌群的训练, 同一肌群训练 2 ~ 3 组, 每组固定动作重复 10 ~ 15 次, 组间稍作休息 (1 ~ 2 min/次), 训练 40 min, 避免 Valsalva 动作 (深吸后屏气, 再用力做呼气动作), 运动前、后的热身和拉伸活动分别为 5 min, 运动隔天进行。

1.4.3 对照组 研究对象保持原有的生活习惯。

1.5 检测指标

在干预前、干预后 3、6、12 个月, 所有研究对象清晨禁食达 8 h 以上, 空腹采血检测 FPG、空腹胰岛素 (fasting insulin, FINS), 糖化血红蛋白 (glycosylated hemoglobin, HbA1c)、测量血压 (按说明书要求执行血压计操作); 计算相关指标: 稳态模型胰岛素抵抗指数 (homeostasis model of assessment for insulin resistance index, HOMA-IR) = FPG (mmol/L) \times FINS (μ L) / 22.5。

1.6 统计学方法

采用 SPSS16.0 统计软件处理数据。符合正态分布的计量资料, 用均数 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 计数资料采用 χ^2 检验, 同一时间点, 多组间的比较采用方差分析, 在方差分析有意义的基础上, 采用 LSD-*t* 检验进行两两比较, 组间不同时间各指标的比较采用重复测量设计的方差分析, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。组内干预前后不同时间点比较采用配对 *t* 检验, 为降低犯 I 类错误的概率, 按 Bonferroni 校正式 $\alpha' = \alpha / CK2$ 对检验水准作调整, 即 $\alpha' = 0.0125$, $P < 0.01$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 基线资料比较

3 组 IGR 合并轻度高血压人群在年龄、性别、病程及是否用降压药物的比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 具有可比性。见表 1。

2.2 3 组 IGR 合并轻度高血压人群干预前后各指标比较

①不同时间点之间的 HbA1c、HOMA-IR、SBP、

DBP 比较, 差异有统计学意义 ($F=22.415$ 、 9.289 、 32.689 和 6.713 , 均 $P=0.000$); 3 组间的 HbA1c、HOMA-IR、SBP、DBP 比较, 差异有统计学意义 ($F=16.525$ 、 4.241 、 26.436 和 4.653 , $P=0.000$ 、 0.044 、 0.000 和 0.013), 干预后抗阻运动组和有氧运动组的 HbA1c、HOMA-IR、SBP、DBP 低于对照组; 3 组的 HbA1c、HOMA-IR、SBP、DBP 变化趋势差异有统计学意义 ($F=19.134$ 、 4.782 、 22.520 和 6.792 , 均 $P=0.000$), 干预期间, 对照组各指标总体呈上升趋势, 两运动组各指标总体呈下降趋势, 虽然两运动组不同时段各指标比较差异

无统计学意义 ($P>0.05$), 但抗阻运动组的 HbA1c、HOMA-IR 的下降幅度大于有氧运动组, 且 SBP、DBP 下降幅度小于有氧运动组。②干预 3 个月时, 有氧和抗阻运动组的 HbA1c、HOMA-IR、DBP 均低于干预前, 有氧运动组 SBP 低于干预前; 干预 6 个月时, 有氧和抗阻运动组的 HbA1c、SBP、DBP 均低于干预前, 抗阻运动组 HOMA-IR 低于干预前; 干预 12 个月时, 有氧和抗阻运动组的 HbA1c、HOMA-IR、SBP、DBP 均低于干预前, 对照组 HbA1c、SBP 高于干预前, 均差异有统计学意义 ($P<0.05$)。见表 2 及附图。

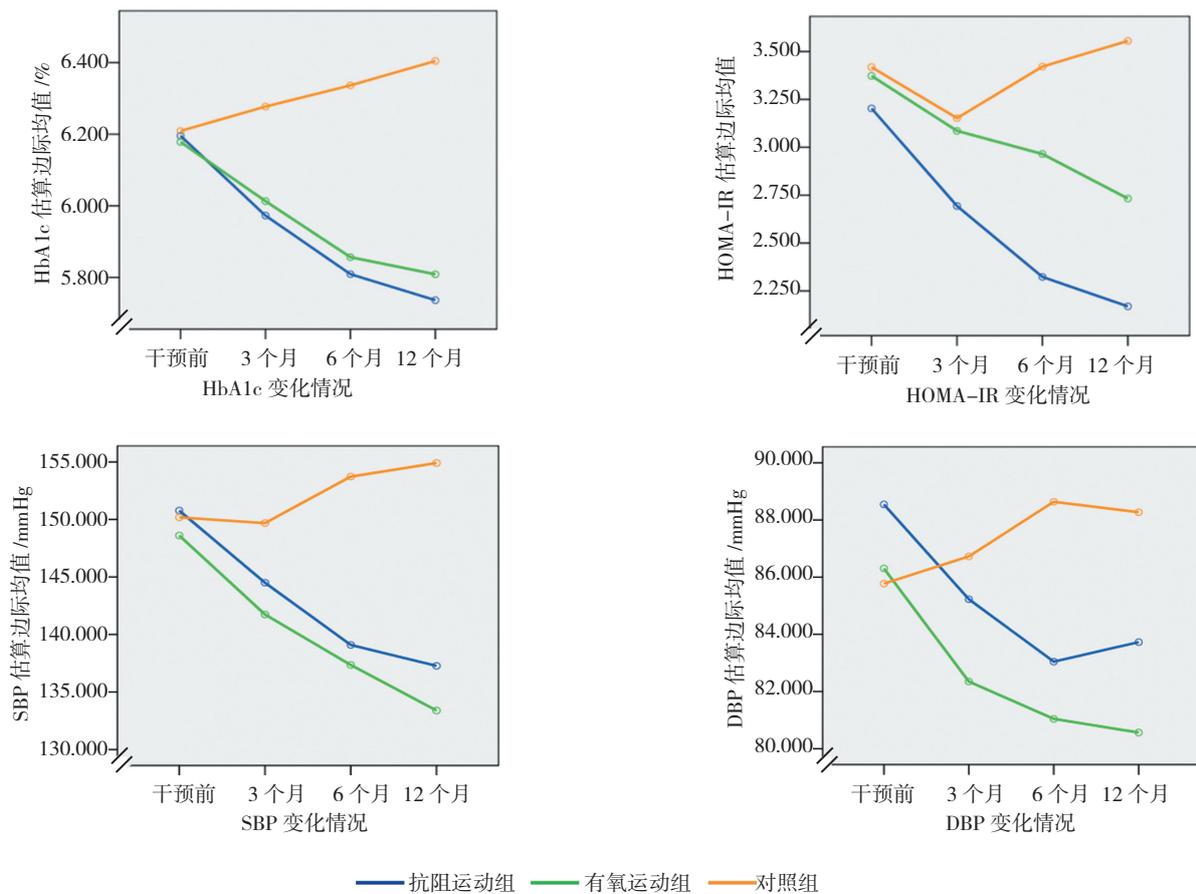
表 1 3 组 IGR 合并轻度高血压人群的基线资料

分组	年龄 / (岁, $\bar{x} \pm s$)	男 / 女 / 例	病程 例 (%)		降压药物 例 (%)	
			≤ 5 年	> 5 年	有	无
抗阻运动组 ($n=22$)	57.955 ± 3.684	5/17	15 (68.18)	7 (31.82)	8 (36.36)	14 (63.64)
有氧运动组 ($n=23$)	60.348 ± 4.376	4/19	18 (78.26)	5 (21.74)	6 (26.09)	17 (73.91)
对照组 ($n=22$)	59.727 ± 4.474	8/14	12 (54.55)	10 (45.45)	11 (50.00)	11 (50.00)
χ^2/F 值	1.956	2.259	2.883		2.762	
P 值	0.150	0.323	0.237		0.251	

表 2 3 组 IGR 合并轻度高血压人群干预前后各指标比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	干预前	干预 3 个月	干预 6 个月	干预 12 个月
HbA1c/%				
对照组 ($n=22$)	6.209 ± 0.216	6.277 ± 0.409	6.336 ± 0.371	$6.405 \pm 0.363^{1)}$
有氧运动组 ($n=23$)	6.178 ± 0.221	$6.013 \pm 0.275^{1)2)}$	$5.857 \pm 0.245^{1)2)}$	$5.809 \pm 0.235^{1)2)}$
抗阻运动组 ($n=22$)	6.195 ± 0.201	$5.973 \pm 0.255^{1)2)}$	$5.809 \pm 0.247^{1)2)}$	$5.736 \pm 0.257^{1)2)}$
HOMA-IR				
对照组 ($n=22$)	3.419 ± 1.320	3.152 ± 1.193	3.421 ± 1.519	3.555 ± 1.540
有氧运动组 ($n=23$)	3.373 ± 1.406	$3.086 \pm 1.280^{1)}$	2.965 ± 1.400	$2.732 \pm 1.379^{1)2)}$
抗阻运动组 ($n=22$)	3.203 ± 1.237	$2.693 \pm 1.270^{1)}$	$2.323 \pm 0.989^{1)2)}$	$2.169 \pm 1.052^{1)2)}$
SBP/mmHg				
对照组 ($n=22$)	150.182 ± 6.005	149.682 ± 9.810	153.727 ± 11.120	$154.909 \pm 8.701^{1)}$
有氧运动组 ($n=23$)	148.609 ± 5.383	$141.739 \pm 5.594^{1)2)}$	$137.348 \pm 4.960^{1)2)}$	$133.391 \pm 6.415^{1)2)}$
抗阻运动组 ($n=22$)	150.773 ± 5.494	$144.500 \pm 6.479^{2)}$	$139.091 \pm 6.817^{1)2)}$	$137.273 \pm 6.423^{1)2)}$
DBP/mmHg				
对照组 ($n=22$)	85.773 ± 6.047	86.727 ± 5.487	88.636 ± 5.695	88.273 ± 5.897
有氧运动组 ($n=23$)	86.304 ± 5.165	$82.348 \pm 7.750^{1)}$	$81.043 \pm 5.390^{1)2)}$	$80.565 \pm 4.679^{1)2)}$
抗阻运动组 ($n=22$)	88.545 ± 6.773	$85.227 \pm 7.270^{1)}$	$83.045 \pm 7.619^{1)2)}$	$83.727 \pm 7.045^{1)2)}$

注: 1) 与干预前比较, $P<0.01$; 2) 与对照组比较, $P<0.05$



附图 3 组糖尿病前期合并轻度高血压人群干预前后各指标变化情况

3 讨论

IGR 出现糖代谢紊乱, 长期慢性高血糖的刺激促使血管非酶糖基化终末产物增加, 同时引起一系列的血管蛋白质及脂质氧化和应激作用, 使血管内皮功能紊乱, 进而导致血管粥样化改变和纤维硬化的发生和发展, 出现高血压, 高血压和高血糖协同作用加速了动脉粥样硬化的进程^[10], 及早控制血糖是预防疾病进展的关键。本研结果显示, 对照组的 HbA1c 随着时间的延长逐渐上升, 而两运动干预组的 HbA1c 则在干预后 3 个月即出现明显下降。这与 BWEIR 等^[11]的研究结果相似, 说明抗阻和有氧运动均可以有效地降低 IGR 合并轻度高血压人群的 HbA1c。其中抗阻运动组 HbA1c 下降幅度略大于有氧运动, 可能是因为有氧运动中肌肉对血糖的摄取是通过增加胰岛素活性达到的, 这需要较长的时间^[12], 而抗阻运动可以在较短的时间内更快的增加肌肉量、增大肌纤维体积, 从而增加肌肉对血糖的摄取量, 加之运动后肌肉对葡萄糖的摄取利用会持续数小时, 使血糖控制更稳定持久。

胰岛素抵抗被认为是糖尿病与高血压共同的病

理生理基础^[13-14], 而 IGR 即存在胰岛素抵抗, 为抑制血糖升高, 胰岛 β 细胞在较长一段时间内处于高分泌状态, 高胰岛素导致交感神经活性和肾钠重吸收增加, 脂代谢紊乱, 血管活性物质比例失调, 血管平滑肌增生及血管重塑等一系列代谢功能异常的出现, 这些因素都可使血压升高。因此, 对 IGR 合并高血压人群而言, 改善胰岛素抵抗至关重要。本研究结果显示, 有氧和抗阻运动均能够达到改善该人群胰岛素抵抗效果, 两者比较差异并无统计学意义, 但抗阻运动改善胰岛素抵抗幅度大于有氧运动, 这可能是因为抗阻运动能更有效地动员骨骼肌内的葡萄糖转运蛋白。骨骼肌摄取葡萄糖主要是通过分布于骨骼肌细胞内的葡萄糖转运蛋白 4 (glucose transporter type 4, GLUT4) 完成的, 有氧运动主要是通过诱导激活肌细胞内的 MAPK 信号通路, 使 GLUT4 与细胞膜靠近, 从而加速葡萄糖的跨膜转运, 达到降糖的目的。而抗阻运动可使骨骼肌在破坏和重塑的过程中增大, 其内部的毛细血管增多, 血供丰富, 增强了蛋白激酶 B 的表达, 并使细胞膜内 GLUT4 的含量增多, 使骨骼肌摄取葡萄

糖的能力增强,同时,抗阻运动直接刺激骨骼肌收缩,致使肌肉内部缺氧,进一步动员了 GLUT4, GLUT4 充分发挥载体作用,将更多的葡萄糖转运至骨骼肌中,从而降低血糖,改善了外周组织的胰岛素抵抗^[15]。

本研究显示,有氧运动降低血压的幅度大于抗阻运动,但 2 种运动方式比较差异无统计学意义,说明抗阻运动也能达到与有氧运动相似的降压效果。大量研究已证实,有氧运动可以降低高血压患者循环中的内皮微颗粒水平,促进一氧化氮生成和利用,有益于调节血管内皮功能^[16]。同时,能降低心交感神经兴奋性,增强心迷走神经功能,使受损的交感-迷走神经之间的动态平衡得以修复,中枢神经系统对高血压的反应和调控能力增强^[17],使血压下降。有氧运动对降低血压表现出的优越性,使其被国内外指南推荐使用。抗阻运动之所以仅作为一种辅助的运动方式,主要因其受到场地、器械、技巧的限制,若掌握不当会引发一过性血压剧烈增高和运动损伤,其安全性存在争议。在本研究中,运动康复师对研究对象的身体状况和运动能力进行了充分的评估,选用便于携带、训练动作简单的弹力绳进行训练,并且循序渐进的增加抗阻运动强度,运动过程中量力而为,适当休息,关注研究对象训练前后的反应,保证了运动的安全性,在研究期间并没有发生不良事件。相关研究也发现,抗阻运动可能通过调节心脏自主神经功能、改善血管神经张力和内皮功能、改变氧化应激和心脏血流动力学等方式达到降低血压的效果^[18]。运动中配合短时休息,使冠状动脉在灌注增加的同时并不明显增加心肌耗氧量,避免了潜在心肌缺血的发生^[19],也降低了心血管事件发生风险。

综上所述,针对 IGR 合并轻度高血压人群,抗阻运动在降低的糖化血红蛋白和改善胰岛素抵抗表现出优势,而有氧运动在控制血压上效果更佳,2 种运动方式均能安全有效控制血压、血糖和改善胰岛素抵抗,抗阻运动的合理应用不失为控制 IGR 合并轻度高血压的新思路,值得在社区中推广使用。

参 考 文 献:

- [1] 中国高血压防治指南修订委员会. 中国高血压防治指南 2010[J]. 中华心血管病杂志, 2011, 39(7): 579-616.
- [2] ZHOU M S, SCHULMAN I H. Prevention of diabetes in hypertensive patients: results and implications from the VALUE trial[J]. Vasc Health Risk Manag, 2009, 5(1): 361-368.
- [3] LASTRA G, DHUPER S, JOHNSON M S, et al. Salt, aldosterone, and insulin resistance: impact on the cardiovascular system[J]. Nat Rev Cardiol, 2010, 7(10): 577-584.
- [4] 李卫平, 蚁楷宏, 林冬, 等. 老年高血压 IGR 患者心血管危险因素分析 [J]. 中华老年心脑血管病杂志, 2014, 16(5): 468-470.
- [5] RONALD J. S, ANGELA S. A, GARY S. G. Effects of aerobic training, resistance training, or both on percentage body fat and cardiometabolic risk markers in obese adolescents[J]. JAMA Pediatrics, 2014, 168(11): 1006-1014.
- [6] VAN DIJK JW, MANDERS R J, TUMMERS K, et al. Both resistance - and endurance-type exercise reduce the prevalence of hyperglycaemia in individuals with impaired glucose tolerance and in insulin-treated and non-insulin-treated type 2 diabetic patients[J]. Diabetologia, 2012, 55: 1273-1282.
- [7] American College of Sports Medicine. Guidelines for Exercise Testing and Prescription[M]. Seventh Edition. USA: Lippincott Williams & Wilkins.
- [8] 王正珍, 王艳, 罗曦娟, 等译. ACSM 运动测试与运动处方指南 [M]. 第 9 版. 北京: 北京体育大学出版社, 2015.
- [9] 戴霞, 陈青云, 薛月桂, 等. 糖尿病运动处方的开发及量化测评 [J]. 广西医科大学学报, 2008, 25(2): 224-226.
- [10] MILANA A, TOSELLO F, FABBRI A, et al. Arterial stiffness: from physiology to clinical implication[J]. High Blood Presscardiovasc Prev, 2011, 18(1): 1-12.
- [11] BWEIR S, AL-JARRAH M, ALMALTY A M, et al. Resistance exercise training lowers HbA1c than aerobic training in adults with type 2 diabetes[J]. Diabetol Metab Syndr, 2009, 1: 27.
- [12] CUFF D J, MENEILLY G S, MARTIN A, et al. Effective exercise modality to reduce insulin resistance in women with type 2 diabetes[J]. Diabetes Care, 2003, 26(11): 2977-2982.?
- [13] DE FILIPPO G, RENDINA D, STRAZZULLO P. Childhood obesity, other early cardiovascular risk factors, and premature death[J]. N Engl J Med, 2010, 362: 1841-1842.
- [14] RUGGENENTI P, CATTANEO D, LORIGA G, et al. Ameliorating hypertension and insulin resistance in subjects at increased cardiovascular risk: effects of acetyl-L-carnitine therapy[J]. Hypertension, 2009, 54(3): 567-574.
- [15] 嵇加佳, 李凡, 楼青青, 等. 运动对 IGR 患者作用效果的研究进展 [J]. 中华内分泌代谢杂志, 2014, 30(2): 163-166.
- [16] PAL S, RADAVELLI-BAGATINI S, HO S. Potential benefits of exercise on blood pressure and vascular function[J]. J Am Soc Hypertens, 2013, 7(6): 494-506.
- [17] 孙漾丽, 白起君. 有氧运动对老年顽固性高血压患者心血管自主神经功能的影响 [J]. 中国老年学杂志, 2015, 35: 4600-4602.
- [18] MILLAR P J, MCGOWAN C L, CORNELISSEN V A, et al. Evidence for the role of isometric exercise training in reducing blood pressure: potential mechanisms and future directions[J]. Sports Med, 2014, 44(3): 345-356.
- [19] 王磊, 高真真, 潘化平, 等. 不同形式的抗阻训练对轻度高血压患者血压的短时及阶段性效应观察 [J]. 中国康复医学, 2015, 30(4): 339-343.

(张蕾 编辑)