

· 临床研究 ·

抗阻运动对糖尿病前期患者糖脂代谢的影响

汪亚群 楼青青 嵇加佳 张小波 李唯佳

【摘要】目的 探讨抗阻运动对糖尿病前期(PDM)患者糖脂代谢的影响。**方法** 选取 PDM 患者 60 例,按照随机数字表法将其分为抗阻组、有氧组、对照组,每组 20 例。抗阻组采用抗阻运动进行训练,每周 3 次,共 12 周;有氧组采用有氧运动处方进行训练,每周 3 次,共 12 周;对照组设置为空白对照组,不予以其它特殊干预。训练前、训练 3 个月后,抽血测定 3 组患者的空腹血糖、餐后 2 h 血糖、糖化血红蛋白(HbA1c)、血脂水平,并测定患者的体重指数(BMI)、腰围、血压。**结果** 训练前,3 组患者各有 1 例退出研究。训练前,3 组患者各指标之间比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。与组内训练前比较,抗阻组训练 3 个月后空腹血糖 $[(5.52 \pm 0.52) \text{ mmol/L}]$ 、HbA1c $[(5.92 \pm 0.36)\%]$ 及甘油三酯 $[(1.65 \pm 0.92) \text{ mmol/L}]$ 水平降低($P < 0.05$)。有氧组训练 3 个月后腰围 $[(79.11 \pm 9.75) \text{ cm}]$ 、舒张压 $[(75.68 \pm 7.70) \text{ mmHg}]$ 、空腹血糖 $[(5.67 \pm 0.62) \text{ mmol/L}]$ 及 HbA1c $[(5.98 \pm 0.49)\%]$ 水平降低($P < 0.05$)。与训练前比较,对照组训练 3 个月餐后 2 h 血糖 $[(9.96 \pm 4.87) \text{ mmol/L}]$ 、低密度脂蛋白水平 $[(2.98 \pm 0.79) \text{ mmol/L}]$ 显著增高,差异有统计学意义($P < 0.05$)。与抗阻组比较,有氧组、对照组训练 3 个月餐后 2 h 血糖明显较高($P < 0.05$)。与有氧组比较,对照组训练 3 个月餐后 2 h 血糖 $[(9.96 \pm 4.87) \text{ mmol/L}]$ 明显较高($P < 0.05$)。**结论** 抗阻运动和有氧运动均能有效降低 PDM 患者的空腹血糖水平及 HbA1c 含量,对患者 BMI 及低密度脂蛋白水平的影响均不明显,抗阻运动对降低餐后 2 h 血糖水平有显著优势。

【关键词】 抗阻运动; 糖尿病前期; 代谢

Effect of resistance training on glucolipid metabolism in a pre-diabetic population Wang Yanqun*, Lou Qingqing, Ji Jiajia, Zhang Xiaobo, Li Weijia. * Department of Rehabilitation Medicine, Zhejiang Tongde Hospital, Hangzhou 310012, China

Corresponding author: Lou Qingqing, Email: lqq188@yahoo.com

【Abstract】Objective To evaluate the effect of resistance training on glucolipid metabolism in a population with pre-diabetic metabolism (PDM). **Methods** Sixty persons with PDM were randomly divided into a resistance training group, an aerobic training group and a control group, each of 20 members. The exercise intervention groups exercised 3 times a week for 12 weeks in accordance with the exercise prescription, while the control group was without any regular aerobic exercise or resistance training. Before and after the 3 months of exercise training, fasting blood glucose (FBG), 2 hours postprandial blood glucose (PBG), HbA1c, and lipid profile were tested. Body mass index (BMI), waistline, and blood pressure were also measured. **Results** Before the intervention, there were no significant differences in any of the average values among the 3 groups. In the resistance group, the average FBS $(5.52 \pm 0.52 \text{ mmol/L})$, HbA1c $(5.92 \pm 0.36\%)$ and TG $(1.65 \pm 0.92 \text{ mmol/L})$ had all decreased significantly after the training. In the aerobic group the average waistline, dilated blood pressure, FBG and HbA1c had decreased significantly. In the control group the average 2hrs PBG and LDL-C had both increased significantly compared to 3 months earlier. Compared with the resistance group, the average 2hrs PBGs were significantly higher in both the aerobic and control groups after the training. Moreover, compared with the aerobic group, the value in the control group was also significantly higher. **Conclusion** Both resistance training and aerobic exercise can lower fasting blood glucose and HbA1c in PDM patients without obvious effect on BMI or low density lipoprotein level. Compared with aerobic exercises, resistance training had significant advantages in decreasing 2-hour postprandial blood glucose.

【Key words】 Resistance training; Diabetes; Metabolism

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2015.04.015

基金项目:国家自然科学基金(81370923);江苏省中医药局基金(LZ11059)

作者单位:310012 杭州,浙江省立同德医院康复医学中心(汪亚群、张小波、李唯佳);江苏省中西医结合医院健康教育科(楼青青);南京中医药大学(嵇加佳)

通信作者:楼青青,Email: lqq188@yahoo.com

有研究报道,适宜、合理的运动可改善糖尿病患者的血糖、糖化血红蛋白(hemoglobin A1c, HbA1c)、血脂代谢及血压水平^[1-2]。临床上普遍认为有氧运动是治疗糖尿病的最佳运动方式之一,随着对 2 型糖尿病研究的不断深入,学者们发现抗阻运动对糖尿病亦具有治疗作用,其可增加肌肉质量,降低脂肪含量,改善糖尿病患者的血糖、血脂、超敏 C 反应蛋白及脂联素等指标水平^[2-3]。糖尿病作为一种慢性终身性疾病,一旦发生,难以逆转。研究发现,糖尿病前期(prediabetes mellitus, PDM)是 2 型糖尿病发生的必经阶段,是处于正常糖代谢和糖尿病之间的糖代谢异常状态,包括空腹血糖受损(impaired fasting glucose, IFG)、糖耐量减低(impaired glucose tolerance, IGT)及 IFG 合并 IGT(IFG/IGT)3 种状态,对其加以干预可使糖尿病的患病率降低 58%^[4]。因此,糖尿病的治疗窗口应前移至 PDM 阶段。抗阻运动较有氧运动更能有效降低糖尿病患者的血糖水平^[5-6]。其原因可能是胰岛素信号未能有效激活葡萄糖转运体转移至肌细胞表面,而肌肉收缩和低氧状态则可动员葡萄糖转运体转移至肌细胞表面^[7]。抗阻运动的特点是在肌肉收缩的同时诱发肌细胞内部生成低氧环境,而有氧运动却不能促使细胞内部生成低氧环境,所以,抗阻训练对改善血糖控制可能更有效。

目前,有关抗阻运动对 PDM 患者各项血脂代谢指标的影响尚存在争议。Strasser 等^[8]研究发现,抗阻运动能降低 IGR 患者的 HbA1c 水平。但另外一项研究得出了阴性结果,认为抗阻运动对于 HbA1c 的影响不明显^[9]。因此,本研究采用抗阻运动和有氧运动治疗 PDM 患者,旨在探讨其对患者糖脂代谢的影响,为制订糖尿病健康教育处方提供理论依据。

资料与方法

一、研究对象

共选取 2013 年 01 月至 2014 年 2 月通过葡萄糖耐量试验确诊为糖尿病前期的患者。纳入标准:①符合糖尿病的诊断标准^[10];②年龄 45 ~ 60 岁;③体重指数(body mass index, BMI)为 24 ~ 30 kg/m²;④肌力为Ⅳ级及以上(中等负荷时有完全运动幅度)的患者;⑤符合 IGR 的诊断标准,空腹血糖≥6.1 mmol/L

<7.0 mmol/L,或/和口服葡萄糖耐量试验(oral glucose tolerance test, OGTT)2 h 血糖≥7.8 mmol/L 且 <11.1 mmol/L^[10];⑥愿意配合研究,均签署治疗知情同意书。排除标准:①各种急慢性感染、应激、肿瘤及其它免疫性疾病患者;②患有心、肝、肺等重要脏器疾病者;③因不良反应而被迫终止治疗;④训练总次数少于 70% 或每次训练低于所要求的时间和强度达 70% 以上。按照随机数字表法,将患者分为抗阻组、有氧组、对照组,每组 20 例。抗阻组平均年龄(61.53 ± 7.25)岁,男 10 例,女 10 例;有氧组平均年龄(58.73 ± 6.99)岁,男 9 例,女 11 例;对照组平均年龄(63.05 ± 6.73)岁,男 7 例,女 13 例。2 组患者性别、年龄等一般资料比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性。

二、治疗方法

1. 治疗注意事项:①在研究期间,所有患者均需保持健康的饮食方式;②对 PDM 患者进行入组前负荷试验,初步入选的患者在康复治疗师的指导下进行抗阻训练的体验运动,运动时间为 20 min,运动强度控制在最大心率的 50% 左右,测试最大力量,研究人员根据受试者运动中的心率变化和其填写的主观用力感觉等级表评估患者的运动安全性;③在医务人员监护下,每日练习 3 次,每次练习均安排在餐后 1 h;④运动处方实施初期,以适应性训练和学习技术动作为主,循序渐进,逐步适应运动强度,运动中为每例受试者进行 10 s 的脉搏监测,并根据主观感觉疲劳程度量表的填写情况,及时调整运动处方。

2. 运动方法:①抗阻运动——选取上下肢伸肌肌群(股四头肌和肩关节运动肌群)作为目标肌肉,同一肌群的 2 次训练之间必须间隔 1 d,半蹲和上举运动的抗阻重量为 70% ~ 80% 最大负荷重量,每周 3 次,连续训练 12 周,具体内容详见表 1;②有氧运动——以有氧健身操的基本技术动作为基础,设计简单、易学、易练、富于趣味性的有氧操动作,同时增加瑜伽、有氧舞蹈等形式,以集体训练的方式组织练习,每周 3 次,连续训练 12 周,详见表 2;③对照组设置为空白对照组,不予以特殊干预。

三、观察指标

训练前、训练 3 个月后,抽血测定 3 组患者的空腹

表 1 抗阻训练内容

动作名称	锻炼次数 [(次数) × 组数]	锻炼部位	动作及注意事项
站立下蹲	(18 ~ 22) × 5	腿部与臀部肌群	双脚分开与肩同宽并踩住弹力绳(广东产),绳截面为圆形,直径 10.0 mm,长 1.2 m,将绳绕过背部,双臂弯曲,双手在肩部握住绳子末端,身体缓慢下蹲,再缓慢还原
双臂上举	(18 ~ 22) × 5	三角肌与肱三头肌	双脚分开与肩同宽并踩住弹力绳,将绳绕过背部,双臂弯曲,双手在肩部握住绳子末端,向上缓慢举起,大臂贴近耳朵,举至双臂伸直,慢举慢放,上举吸气,下放吐气

表 2 有氧训练内容

有氧训练阶段	练习形式	练习时间 (min)	音乐节奏	主要练习目的
热身部分	以健美操步法及拉伸运动为主	5	10 s 内 15 拍	最大程度上动员身体的各部分器官,使之能较好地参与后续的训练中,并拉伸身体的各部分韧带,防止运动损伤
基本部分	以健美操步法及有氧舞蹈等形式为主	20	10 s 内 18 拍	增加练习的趣味性、娱乐性,增强心肺功能的锻炼
放松部分	以瑜伽、形体拉伸放松训练为主	5	舒缓的轻音乐	有效统一呼吸、动作与意识之间的关系,使交感神经与副交感神经达到平衡状态

血糖、餐后 2 h 血糖、HbA1c、血脂水平,并测定患者的 BMI、腰围、血压。为减少人为偏倚,测试由 1 位对本研究不知情的研究者进行,测量两次,求取平均值。

四、统计学分析

本研究所得计量资料以 ($\bar{x} \pm s$) 形式表示,采用 SPSS 13.0 版统计学软件包进行数据分析,组内比较采用配对 t 检验,组间比较采用方差分析,两两比较采用最小显著差异法 (least significant difference, LSD), $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

结 果

训练中,3 组患者各有 1 例退出研究。训练前,3 组患者 BMI、腰围、收缩压、舒张压、空腹血糖、餐后 2 h 血糖、HbA1c、总胆固醇、甘油三酯、高密度脂蛋白、低密度脂蛋白之间比较,差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。与组内训练前比较,抗阻组训练 3 个月后空腹血糖、HbA1c 及甘油三酯水平降低 ($P < 0.05$)。有氧组训练 3 个月后腰围、舒张压、空腹血糖及 HbA1c 水平降低 ($P < 0.05$)。与训练前比较,对照组训练 3 个月后

餐后 2 h 血糖、低密度脂蛋白水平显著增高,差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。与抗阻组比较,有氧组、对照组训练 3 个月餐后 2 h 血糖明显较高 ($P < 0.05$)。与有氧组比较,对照组训练 3 个月餐后 2 h 血糖明显较高 ($P < 0.05$),详见表 3。

讨 论

抗阻运动可有效调动人体肌肉,防止肌肉体积及力量减小,从而增加胰岛素受体数量及敏感性。2012 年,美国糖尿病学会针对 2 型糖尿病的运动指南指出,糖尿病患者每周至少应进行 150 min 的有氧运动,并鼓励患者在此基础上每周至少进行 2 次抗阻运动^[11]。抗阻运动能改善机体代谢状况,其机制目前认为主要与骨骼肌及人体小分子物质代谢密切相关。骨骼肌作为运动的组成部分之一,主要受人体内分泌系统及神经系统调控,促使肌肉葡萄糖转运蛋白 4 和胰岛素受体总量增加,从而提高葡萄糖的储存率、利用率及消耗率,改善胰岛素的敏感性。在进行有氧运动和抗阻运动时,人体内会消耗较多营养及能量,生成代谢物,而

表 3 3 组患者训练前、训练 3 个月后糖脂代谢指标比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	BMI(kg/m ²)	腰围(cm)	收缩压 (mmHg)	舒张压 (mmHg)	空腹血糖 (mmol/L)	
抗阻组							
训练前	19	25.11 ± 2.25	85.26 ± 8.80	127.32 ± 15.07	76.26 ± 10.52	5.97 ± 0.81	
训练 3 个月后	19	24.78 ± 2.38	83.68 ± 7.86	126.63 ± 16.05	75.84 ± 11.11	5.52 ± 0.52 ^a	
有氧组							
训练前	19	24.68 ± 3.07	79.94 ± 9.93	125.68 ± 12.32	78.32 ± 7.61	6.17 ± 1.16	
训练 3 个月后	19	24.26 ± 2.87	79.11 ± 9.75 ^a	125.21 ± 14.49	75.68 ± 7.70 ^a	5.67 ± 0.62 ^a	
对照组							
训练前	19	23.12 ± 3.62	79.94 ± 9.93	125.63 ± 17.20	70.84 ± 12.04	5.87 ± 0.56	
训练 3 个月后	19	23.10 ± 3.57	78.18 ± 9.34	124.21 ± 19.92	68.74 ± 14.41	5.97 ± 1.05	
组别	例数	餐后 2 h 血糖 (mmol/L)	HbA1c(%)	总胆固醇 (mmol/L)	甘油三酯 (mmol/L)	高密度脂蛋白 (mmol/L)	低密度脂蛋白 (mmol/L)
抗阻组							
训练前	19	8.34 ± 3.20	6.10 ± 0.58	4.69 ± 1.45	2.06 ± 1.18	1.26 ± 0.40	2.66 ± 1.17
训练 3 个月后	19	6.44 ± 2.31	5.92 ± 0.36 ^a	4.92 ± 1.03	1.65 ± 0.92 ^a	1.27 ± 0.33	2.93 ± 0.79
有氧组							
训练前	19	9.33 ± 3.78	6.14 ± 0.62	4.76 ± 1.03	1.57 ± 1.00	1.26 ± 0.34	2.75 ± 0.71
训练 3 个月后	19	8.34 ± 1.85 ^b	5.98 ± 0.49 ^a	4.60 ± 0.57	1.47 ± 0.70	1.36 ± 0.29	2.71 ± 0.60
对照组							
训练前	19	8.08 ± 1.63	6.03 ± 0.40	4.64 ± 0.75	1.42 ± 0.74	1.42 ± 0.38	2.57 ± 0.75
训练 3 个月后	19	9.96 ± 4.87 ^{abc}	6.03 ± 0.57	4.85 ± 1.37	1.66 ± 1.25	1.37 ± 0.53	2.98 ± 0.79 ^a

注:与组内训练前比较,^a $P < 0.05$;与抗阻组训练 3 个月后比较,^b $P < 0.05$;与有氧组训练 3 个月后比较,^c $P < 0.05$

这些体内代谢产物和营养物质的含量也会随着运动强度的变化而发生改变。有研究报道,正常人经过不同强度、不同时间的运动后,其三羧酸循环、脂肪酸氧化和脂类分解代谢程度也会随之发生改变^[12]。

本研究显示抗阻运动能明显降低空腹血糖和 HbA1c 水平,这与国外一些研究结果一致^[8]。Geirsdottir 等^[9]的研究结果则有所不同,其原因可能与研究形式、运动频率及训练地点不同有关。本研究通过进一步研究发现,在降低餐后 2 h 血糖方面,抗阻运动的疗效优于有氧运动,这可能与抗阻运动能改变肌肉质量有关。肌肉组织作为葡萄糖消耗的主要场所之一,对葡萄糖的利用将会随着肌肉体积和肌肉力量的改变而发生变化,容易诱发一系列代谢紊乱^[13]。肌肉组织作为胰岛素的主要靶组织之一,若肌肉体积和肌肉力量减小,胰岛素受体数量及敏感性将会明显降低,出现胰岛素抵抗、糖耐量受损、代谢紊乱等情况^[14-15]。若此时同时出现 β 细胞功能缺陷或胰岛素分泌不足,则将会进一步加重代谢紊乱。抗阻运动的主要目的是锻炼人体肌肉,有效防止肌肉体积、肌肉力量减小,运动时,人体肌纤维将可能出现一定程度的损伤,从而增加胰岛素受体数量及敏感性,改善胰岛素抵抗、调节糖脂代谢、改善血管内皮功能、提高生活质量^[16]。

本研究发现抗阻运动可有效降低 PDM 患者的甘油三酯水平。由于抗阻力运动可加速脂肪组织分解,促进游离脂肪酸利用,纠正脂代谢紊乱,所以对改善 PDM 患者的血脂代谢、降低心脑血管风险具有重要意义。抗阻运动有多种训练方式,近年来在欧美国家使用较多的是弹力带及弹力绳。本研究抗阻运动采用弹力绳,每周 3 次,每次练习时间安排在餐后 1 h。抗阻运动可促使肌肉收缩,造成低氧环境,与传统有氧运动比较,能大幅度改善胰岛素抵抗,降低血糖水平。

综上所述,抗阻运动和有氧运动均能有效降低 PDM 患者的空腹血糖水平、HbA1c 含量及甘油三酯水平,但对患者 BMI 及低密度脂蛋白水平的影响并不明显,抗阻运动对降低餐后 2 h 血糖水平有显著优势。本研究中,抗阻运动对患者 BMI、腰围、血压、空腹血糖、HbA1c 及血脂的影响均不明显,推测这可能与观察时间较短有关。本研究样本量较小,干预时间亦较短,对于抗阻运动是否能有效预防 PDM 患者 2 型糖尿病的发生、其疗效与有氧运动相比是否有优势等尚需进一步验证。

参 考 文 献

- [1] Umpierre D, Ribeiro PA, Kramer CK, et al. Physical activity advice only or structured exercise training and association with HbA1c levels in type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis[J]. JAMA, 2011, 305(17): 1790-1799.
- [2] Kwon HR, Han KA, Ku YH, et al. The effects of resistance training on muscle and body fat mass and muscle strength in type 2 diabetic women[J]. Korean Diabetes J, 2010, 34(2): 101-110.
- [3] Jorge ML, de Oliveira VN, Resende NM, et al. The effects of aerobic, resistance, and combined exercise on metabolic control, inflammatory markers, adipocytokines, and muscle insulin signaling in patients with type 2 diabetes mellitus[J]. Metabolism, 2011, 60(9): 1244-1252.
- [4] The Diabetes Prevention Program Research Group. The diabetes prevention program: baseline characteristics of the randomized cohort[J]. Diabetes Care, 2000, 23(11): 1619-1629.
- [5] Bweir S, Al-Jarrah M, Almalaty AM, et al. Resistance exercise training lowers HbA1c more than aerobic training in adults with type 2 diabetes[J]. Diabetol Metab Syndr, 2009, 27(1): 1-7.
- [6] Yardley JE, Kenny GP, Perkins BA, et al. Resistance versus aerobic exercise: acute effects on glycemia in type 1 diabetes. Diabetes Care, 2013, 36(3): 537-542.
- [7] 艾华, 张志栋, 陈志民. 缺氧和收缩状态下不同肌纤维类型骨骼肌葡萄糖转运速率与肌糖原含量的关系[J]. 中国运动医学杂志, 2008, 27(2): 165-169.
- [8] Strasser B, Sibert U, Schoberberger W, et al. Resistance training in the treatment of the metabolic syndrome: a systematic review and meta-analysis of the effect of resistance training on metabolic clustering in patients with abnormal glucose metabolism. Sports Med, 2010, 40(5): 397-415.
- [9] Geirsdottir OG, Arnarson A, Briem K, et al. Effect of 12-week resistance exercise program on body composition, muscle strength, physical function, and glucose metabolism in healthy, insulin-resistant, and diabetic elderly Icelanders[J]. J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 2012, 67(11): 1259-1265.
- [10] American Diabetes Association. Standards of medical care in diabetes-2012[J]. Diabetes Care, 35(1): 11-63.
- [11] Lewis GD, Farrell L, Wood MJ, et al. Metabolic signatures of exercise in human plasma[J]. Sci Transl Med, 2012, 2(23): 33-37.
- [12] Nomura T, Ikeda Y, Nakao S, et al. Muscle strength is a marker of insulin resistance in patients with type 2 diabetes: a pilot study[J]. Endocr J, 2007, 54(5): 791-796.
- [13] Chen HH, Chen YL, Huang CY, et al. Effects of one-year swimming training on blood pressure and insulin sensitivity in mild hypertensive young patients[J]. Chin J Physiol, 2010, 53(3): 185-189.
- [14] Sanchez OA, Copenhaver EA, Chance MA, et al. Postmaximal contraction blood volume responses are blunted in obese and type 2 diabetic subjects in a muscle-specific manner[J]. Am J Physiol Heart Circ Physiol, 2011, 301(2): 418-427.
- [15] 申翹璇, 楼青青, 张丹毓, 等. 抗阻力运动在 2 型糖尿病治疗中的研究进展[J]. 中华护理杂志, 2012, 47(4): 367-369.
- [16] Costa RR1, Lima Alberton C, Tagliari M, et al. Effects of resistance training on the lipid profile in obese women[J]. J Sports Med Phys Fitness, 2011, 51(1): 169-177.

(修回日期: 2015-01-25)

(本文编辑: 凌 琛)

[1] Umpierre D, Ribeiro PA, Kramer CK, et al. Physical activity advice