

·临床研究·

抗阻力训练对老年人心血管功能的影响及机制的初步研究

肖友定¹ 魏胜敏^{2,3}

摘要

目的:探讨抗阻力训练对老年人肌肉力量、炎症因子及血管内皮功能的影响,揭示抗阻力训练改善老年人心血管功能的机制。

方法:20例老年男性接受为期16周抗阻力训练,在训练前后采用超声诊断技术检测血流介导的血管舒张功能(flow-mediated dilation, FMD),并对其肌肉力量以及血清炎症因子(TNF- α 、hsCRP)的水平进行检测。

结果:经过16周的抗阻力训练后,老年人的Fat%、安静心率、血压、胰岛素抵抗,以及血清hsCRP均出现显著下降($P<0.05$),同时FMD和肌肉力量显著提高($P<0.05$);肌肉力量增加的程度($r=0.591, P=0.006$),hsCRP($r=0.468, P=0.037$)、Fat%($r=0.553, P=0.011$)、HOMA-IR($r=0.580, P=0.007$)降低的程度与FMD的增加均呈显著正相关,多元线性逐步回归分析发现肌肉力量增加和血清hsCRP降低是FMD增加的独立影响因素。

结论:抗阻力训练改善老年人血管内皮功能与肌肉力量的增加及炎症反应降低有关,这可能是抗阻力训练改善老年人心血管功能的机制之一。

关键词 抗阻力训练;老年人;心血管功能;肌肉力量;炎症因子

中图分类号:R493 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2022)-02-0202-08

The effects of resistance training on cardiovascular efficiency in older adults and related mechanisms: a pilot of study/XIAO Youding, WEI Shengmin//Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2022, 37(2): 202—209

Abstract

Objective: To assess the effects of resistance training on muscle strength, inflammatory factors and endothelial function before and after exercise in older men, and to investigate the possible mechanisms of resistance training-induced improvement of cardiovascular function.

Method: Twenty older men received a 16-week resistance training. The flow mediated dilation (FMD) was detected using ultrasound technique before and after exercise intervention. The muscle strength and serum inflammatory factors were also tested.

Result: The fat%, heart rate, blood pressure, HOMA-IR and serum hsCRP level showed a significant decline after 16-week resistance training, while FMD and muscle strength improved significantly ($P<0.05$). The positive correlations between the improved FMD and increased muscle strength, as well as the reduced levels hsCRP、Fat%、HOMA-IR were found. Multiple linear stepwise regression analysis revealed that the increase of muscle strength and decrease of serum hsCRP level were independent factors of the training-induced increase of FMD.

Conclusion: The resistance training-induced improvement of endothelial function is related to the increase of muscle strength and the decrease of inflammatory reaction, which may be one of the mechanisms of resistance training-induced improvement of cardiovascular function in the elderly.

Author's address Department of Physical Education, Shanghai Jian Qiao University, Shanghai, 201306

Key word strength training; older men; cardiovascular function; strength; inflammatory factors

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2022.02.010

1 上海建桥学院体育教学部,上海,201306; 2 石家庄学院体育学院运动人体科学实验中心; 3 通讯作者
第一作者简介:肖友定,男,讲师; 收稿日期:2020-08-25

我国已进入老龄化社会,当前中国65岁以上老年人口约有1.8亿,占总人口的13%,预计到2050年,中国老年人口将接近3.8亿,中国老龄化问题非常严峻,如何健康增龄引起社会极大关注^[1]。人到老年后各项生理功能下降,最明显的应该是肌肉逐渐萎缩,体脂肪量不断增加,骨骼肌是葡萄糖和甘油酸酯的主要代谢器官,是静息代谢率的重要决定因素。肌肉量的减少会使腹部肥胖、胰岛素敏感性降低、高血压和高血脂等一系列代谢性疾病的风险增加,是导致心血管疾病的重要独立危险因素^[2]。研究表明,血管内皮功能障碍在心血管病变的发生、发展过程中发挥着重要作用,几乎与所有心血管疾病都有关系^[3]。因此,改善老年人血管内皮功能对降低心血管疾病的发病率与死亡率具有重要意义。当前,增加身体活动水平已经成为老年慢性病防治策略的重要组成部分,近年随着人们认识的深入,抗阻力训练越来越受到关注,抗阻力训练不仅对骨骼肌机能的保持有显著效果,还可以使血清炎症因子的水平及代谢综合征的危险因素降低^[4-5]。但抗阻力训练改善老年心血管功能的相关机制尚未明确,是否与肌肉力量及慢性炎症的改善存在关系也未取得一致认识。因此,本研究拟通过比较老年人抗阻力训练前后其血管内皮功能、肌肉力量、炎症因子水平的变化及相互关系,探讨肌肉力量与炎症因子在运动改善老年血管内皮功能中的作用及机制,同时为健康增龄运动方式的选择提供参考。

1 对象与方法

1.1 研究对象

利用社区卫生服务站给社区退休老职工体检的机会,向老职工宣传抗阻力训练的好处及重要性,招募23例健康的老年男性为研究对象(65—75岁,平均 70.79 ± 4.91 岁),纳入标准包括无心血管疾病、无关节炎、糖尿病、肾脏疾病、近6个月没有进行过每周1次以上的规律运动,近6个月未服用过任何激素类药物。训练期间的膳食以满足老年人基本生理需要为主,个体1日总热量摄入根据“个体体重 $\times$ 极轻体力劳动单位体重热能供应量(20—25kCal/kg)”计算,早、中、晚餐热量比例约为30%、40%、30%^[6],严格统一作息制度。所有受试者均要求预先了解整个

实验流程和目的,整个实验过程中可随时自由退出实验,并填写知情同意书。符合纳入标准的受试者共计23例,中途有3例退出,最终20例老年人作为老年组。同时,通过简单随机抽样方法选取20例无规律锻炼习惯的健康青年男性(24—35岁)作为对照组,纳入标准为身高、体重与老年实验组无显著差异,身体健康。并采集他们的基础生理生化指标。

1.2 研究方法

1.2.1 运动方案:训练安排在周一、三、五下午4点开始,每次60min,准备活动10min,主要包括活动关节、拉伸练习、健步走;力量训练40min,周一训练胸部和上肢肌,包括卧推、仰卧飞鸟、臂弯举三个动作,周三训练下肢肌,包括负重深蹲、仰卧腿屈伸、负重弓步三个动作,周五训练背和腰腹肌,包括胸前下拉、坐式划船、仰卧起坐三个动作。每次训练每个动作练习3组,每组重复8—10次,组间休息2min,完成一个动作的练习后休息5min,然后开始下一个动作的训练;训练的前两周为运动适应,主要学习动作要领,运动强度要低,适应期训练强度为10%1RM,从第3周开始运动强度逐渐增加,3组的强度为30%1RM,50%1RM和70%1RM,(1RM, one repetition maximum,即只能举起一次的重量),考虑到受试者为老年人,1RM测试存在不安全因素,采用临床上常使用的低限阻力测试值(7—10RM)预测1RM,计算公式为“ $1RM = 1.554 \times (7-10RM \text{重量}) - 5.181$ ”^[7]。训练一段时间后力量增加,在第4、8、12周末重新测定新的1RM进行训练。训练由专门教练指导,全程医务监督;训练完成后进行10min放松练习。

1.2.2 身体基本情况测试:测试所有研究对象的身高、体重、计算身体质量指数(BMI)、心率、血压等;采用日本进口DF830身体成分测试仪(生物电阻抗)进行身体成分测试,主要检测体脂率(Fat%)和肌肉含量(%)。

1.2.3 血样和生化指标的测试:在上午9点采集空腹状态下的肘部静脉血5ml,4℃离心分离血清后置于-20℃冰箱保存待测。采用酶比色法测定:总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、高密度脂蛋白(HDL-C)、低密度脂蛋白(LDL-C);血糖(FBG)采用氧化酶法、胰岛素(FINS)采用ELISA测定,并计算胰岛素抵抗指数(homeostasis model assessment of insulin re-

sistance, HOMA-IR):

$$\text{HOMA-IR} = \text{FBG} \times \text{FINS} / 22.5$$

血清炎症因子 TNF- α 采用 ELISA 测定, 高敏感 C-反应蛋白(hsCRP)采用免疫增强透射比浊法测试。

1.2.4 肌肉力量测定: 肌肉力量以握力、卧推和深蹲的肌力之和代表。握力, 受试者两脚自然分开呈直立姿势, 两臂下垂, 一手持握力计全力握紧, 计下握力计指针的刻度, 用有力(利)的手握两次, 取最好成绩。卧推和深蹲最大肌肉力量测定(1RM), 考虑到受试者为老年人, 1RM 测试采用临床上常使用的低限阻力测试值(7—10RM)推测 1RM, 计算公式为“ $1\text{RM} = 1.554 \times (7-10\text{RM 重量}) - 5.181$ ”, 测试全程由专业人员保护帮助, 防止受伤。

1.2.5 血管内皮功能检测: 在抗阻力训练前、后采用高分辨率超声诊断技术测试受试者的内皮依赖性血流介导的血管舒张功能(flow mediated dilation, FMD)以代表血管内皮功能, 测试时, 受试者平卧, 选取右侧肱动脉, 首先纵向扫描安静状态下肱动脉舒张末期的血管基础内径(D_1), 然后采用血压计袖带缚在受试者上臂肱动脉处, 加压至 200mmHg, 并维持 2—3min 后迅速放气减压, 立即测定 1min 内肱动脉血管反应性充血后的血管内径(D_2), $\text{FMD} = (D_2 - D_1) / D_1 \times 100\%$ 。

1.3 统计学分析

使用 SPSS 19.0 对数据进行统计分析, 所有数据用均数 $\pm$ 标准差表示。首先对所有数据进行正态性检验, 对于符合正态性分布的数据, 使用独立样本的 t 检验比较老年组与青年组各指标间差异的显著性, 采用配对样本 t 检验比较老年组训练前、后各指标间差异的显著性, 对于不符合正态分布的数据使用非参数检验。使用 Pearson 相关分析老年组运动训练前、后血管舒张功能改变量(ΔFMD)和各指标改变量之间的相关性, 并利用多元线性逐步回归分析 ΔFMD 和各指标改变量之间的线性关系。

2 结果

2.1 抗阻力训练前后体成分和常规生理生化指标

见表 1, 老年组运动前与青年组相比, 身体各项指标从体成分(身高、体重、BMI、体脂率、肌肉量)到代谢综合征危险因素(腰围、心率、血压、血糖、血脂、

胰岛素敏感性)均出现衰退现象, 尤其体脂率显著增加($P < 0.05$), 肌肉量显著下降($P < 0.05$), 腰围显著增粗($P < 0.05$), 血糖、血胰岛素、甘油三酯(TG)、总胆固醇(TC)显著增高($P < 0.05$); 经过 16 周的抗阻力训练后体脂率、腰围显著降低($P < 0.05$), 肌肉量显著增加

表 1 受试者体成分及常规生理生化指标变化比较 ($\bar{x} \pm s$)

	青年组(CG)	老年组(EG)	
		16 周前	16 周后
身高(m)	1.71 $\pm$ 0.07	1.69 $\pm$ 0.05	1.69 $\pm$ 0.05
体重(kg)	72.64 $\pm$ 5.07	69.57 $\pm$ 4.49	70.28 $\pm$ 4.17
BMI	21.20 $\pm$ 1.85	24.75 $\pm$ 0.59 ^①	24.62 $\pm$ 0.76 ^①
体脂率 Fat(%)	19.6 $\pm$ 5.3 ^②	37.12 $\pm$ 4.51 ^①	27.67 $\pm$ 3.31 ^{①②}
肌肉量(%)	35.26 $\pm$ 3.34 ^②	27.42 $\pm$ 4.46 ^①	32.73 $\pm$ 3.22 ^{①②}
腰围(cm)	76.2 $\pm$ 10.6 ^②	87.4 $\pm$ 10.2 ^①	80.5 $\pm$ 10.7 ^{①②}
心率(次/min)	73.63 $\pm$ 6.12 ^②	78.85 $\pm$ 6.38 ^①	75.26 $\pm$ 4.61 ^②
收缩压(mmHg)	123 $\pm$ 12.35 ^②	140 $\pm$ 11.41 ^①	133 $\pm$ 10.12 ^{①②}
舒张压(mmHg)	74 $\pm$ 5.52 ^②	89 $\pm$ 4.38 ^①	84 $\pm$ 4.59 ^{①②}
FBG(mmol/L)	2.83 $\pm$ 0.43 ^②	4.65 $\pm$ 0.45 ^①	3.89 $\pm$ 0.25 ^{①②}
FINS(mIU/L)	6.21 $\pm$ 3.27 ^②	11.33 $\pm$ 2.15 ^①	7.01 $\pm$ 1.48 ^{①②}
HOMA-IR	1.12 $\pm$ 0.31 ^②	1.89 $\pm$ 0.62 ^①	1.39 $\pm$ 0.46 ^{①②}
TG(mmol/L)	0.89 $\pm$ 0.18 ^②	1.55 $\pm$ 0.52 ^①	1.06 $\pm$ 0.12 ^{①②}
TC(mmol/L)	3.46 $\pm$ 0.42 ^②	4.83 $\pm$ 0.56 ^①	4.20 $\pm$ 0.49 ^①
HDL-C(mmol/L)	1.46 $\pm$ 0.27	1.39 $\pm$ 0.26	1.52 $\pm$ 0.15
LDL-C(mmol/L)	2.21 $\pm$ 0.52	2.58 $\pm$ 0.32	2.14 $\pm$ 0.28

注: ①与青年对照组比较 $P < 0.05$; ②与老年运动组 16 周前比较 $P < 0.05$ 。

($P < 0.05$), 血糖、血胰岛素、HOMA-IR、TG、TC 出现显著性下降($P < 0.05$)。

2.2 抗阻力训练前后肌肉力量、炎症因子及 FMD

见表 2, 与青年组相比, 老年组训练前肌肉力量(握力、卧推、深蹲), 血管舒张功能(FMD)出现显著性降低($P < 0.05$), 而炎症水平显著升高($P < 0.05$); 经过 16 周的抗阻力训练后, 老年人肌肉力量(握力、卧推和深蹲)较 16 周前显著提高($P < 0.05$), 炎症因子(TNF- α 、hsCRP)水平均有下降, 其中 hsCRP 呈显著性下降($P < 0.05$); 老年组血流介导的血管舒张功能(FMD)训练后显著提高, 但是与青年对照相比仍有显著差异($P < 0.05$), 说明运动虽可在一定程度上改善血管的舒张功能, 但自然衰老是不可避免的。

2.3 抗阻力训练前后血管内皮功能、肌肉力量与炎症等变化的相关分析

见图 1—2。对老年组训练前、后各生理生化指标的变化进行 Pearson 相关分析, 结果显示肌肉力量增加的程度($r = 0.591$, $P = 0.006$), 以及 hsCRP($r = 0.468$, $P = 0.037$)、Fat%($r = 0.553$, $P = 0.011$)、HOMA-IR

($r=0.580$, $P=0.007$)降低的程度与FMD的增加均呈显著正相关,多元线性逐步回归分析发现肌肉力量增加和hsCRP下降的程度是FMD增加的独立影响因素,得到的回归方程是 $Y=0.046+1.295X_1+0.069X_2$ ($Y=\Delta\text{FMD}$, $X_1=\Delta\text{肌肉力量}$, $X_2=\Delta\text{hsCRP}$)。见表3。

表2 肌肉力量、炎症因子及FMD变化比较 ($\bar{x}\pm s$)

项目	青年组(CG)	老年组(EG)	
		16周前	16周后
握力(kg)	47.79 $\pm$ 4.92 ^②	35.96 $\pm$ 3.38 ^①	41.64 $\pm$ 2.88 ^{①②}
卧推(kg)	53.75 $\pm$ 5.19 ^②	44.25 $\pm$ 4.38 ^①	54.50 $\pm$ 6.47 ^{①②}
深蹲(kg)	58.00 $\pm$ 9.65 ^②	48.50 $\pm$ 5.16 ^①	55.00 $\pm$ 5.12 ^{①②}
肌肉力量(kg)	154.29 $\pm$ 21.07 ^②	128.21 $\pm$ 11.26 ^①	150.28 $\pm$ 11.04 ^{①②}
TNF- α (pg/ml)	1.03 $\pm$ 0.69 ^②	2.68 $\pm$ 1.09 ^①	2.44 $\pm$ 1.12 ^①
hsCRP(mg/L)	0.43 $\pm$ 0.13 ^②	0.89 $\pm$ 0.26 ^①	0.45 $\pm$ 0.20 ^②
FMD(%)	12.91 $\pm$ 1.58 ^②	9.16 $\pm$ 0.53 ^①	11.44 $\pm$ 0.65 ^{①②}

注:①与青年对照组比较 $P<0.05$;②与老年运动组16周前比较 $P<0.05$ 。

表3 FMD的增加程度 ΔFMD 为因变量时多元线性逐步回归分析结果

模型	非标准化系数		标准化系数	t 值	P 值
	Beta	标准误差	Beta		
常量	0.046	0.633		0.073	0.943
$\Delta\text{肌肉力量}$	1.295	0.031	0.412	2.295	0.020
ΔhsCRP	0.069	0.564	0.433	2.181	0.035
调整的 R^2			0.561		
F 值			9.127		
P 值			0.002		

3 讨论

由增龄引起的肌肉衰减与脂肪量的增加加剧了代谢综合征与炎症反应的程度,进而促进血管内皮功能下降,使得心血管病变的风险显著增加^[8-9]。有研究表明,人体从中年期便开始出现血管内皮功能障碍,逐渐积累,并表现出心血管功能的整体下降,而血管内皮功能障碍几乎与所有的心血管疾病存在关系^[10]。研究表明,血管内皮细胞为衬贴于血管腔的单层扁平上皮,具有复杂的生物酶系统,能够分泌一系列生物活性物质来实现对血管舒缩功能的调节,增龄所致的血管内皮功能障碍主要表现为内源性一氧化氮(NO)合成减少,致使内皮依赖性血管舒张功能下降,进而促进动脉粥样硬化及高血压等血管病变的发生^[11-12]。因此,改善老年人血管内皮功能障碍是降低心血管疾病发病风险的有效策略。有证据表明,肌肉力量的降低与慢性炎症的增加参与了增龄及血管内皮功能障碍的病理机制^[13-14],不难推断,通过提高肌肉力量与降低炎症反应可能有利

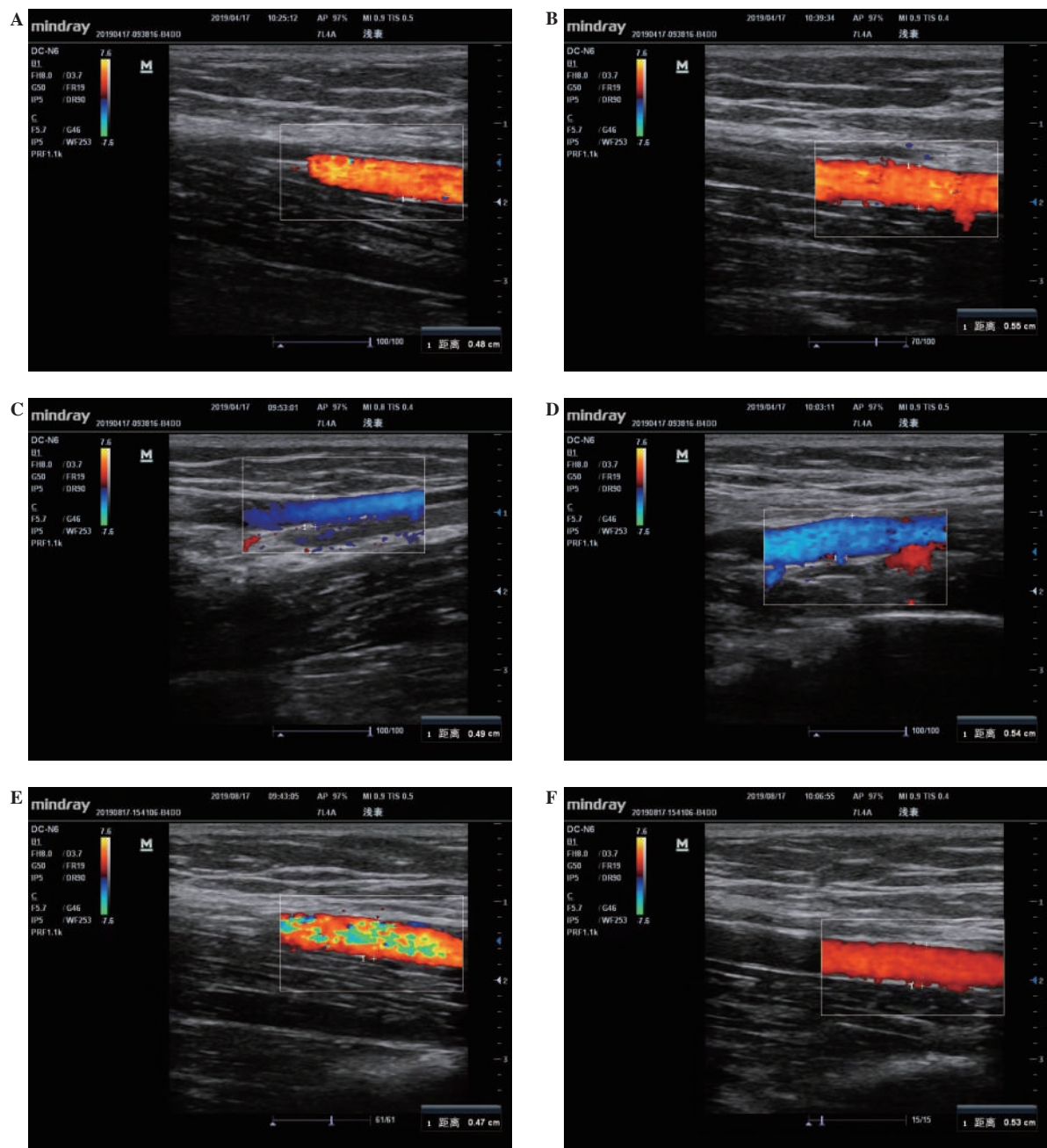
于改善老年人血管内皮功能障碍,进而有利于其心血管整体功能的提高。

目前,抗阻力训练提高肌肉力量与抗炎症的作用已经受到广泛关注,但是,运动改善老年血管内皮功能是否与肌肉力量的提高以及炎症反应的降低有关,目前尚未取得一致认识。本研究结果显示,经过16周的抗阻力训练,老年人肌肉量显著增加($P<0.05$),体脂率(Fat%)、腰围、安静心率、血压、胰岛素抵抗指数、总胆固醇、甘油三酯水平均显著性降低($P<0.05$),这进一步表明了抗阻力训练可以有效提高老年人的肌肉量,改善其体成分及糖脂代谢,提高心血管机能。这与目前国内外的研究结果是一致的^[15]。重要的是,本研究采用多普勒超清晰超声影像技术,观察了老年人肱动脉在反应性充血时血管内径的变化,并以此代表内皮依赖性血流介导的血管舒张功能,由于血管内皮细胞可释放内皮生物活性物质应对物理或化学的刺激,通过采用某种手段使动脉血流量增加引起血管壁剪切力的改变而刺激内皮细胞释放血管舒张因子时便会引起血管舒张。因此,FMD可以反映全身血管内皮依赖性血管舒张功能,其增高表明血管内皮功能障碍得到了有效缓解。本研究结果显示,抗阻力训练后老年人FMD得到显著提高,提示16周的抗阻训练可以有效改善老年人血管内皮功能障碍,进而降低血压与安静心率改善其心血管功能。

由于肌肉力量与炎症在血管内皮功能障碍中发挥了重要作用^[9,16-17],为测定受试者肌肉力量与炎症状态,本研究还对受试者的握力、卧推、深蹲及血清TNF- α 、hsCRP水平进行了测定。握力反映上肢肌肉力量,目前临床上评价肌肉力量差的阈值是男子握力 $<26\text{kg}$,女子 $<16\text{kg}$ ^[18],握力不仅是评价肌力水平的简易有效指标,而且是预测与增龄相关的失能和早逝的生物学指标。卧推能够反映胸部及上肢主要肌群的力量,深蹲能够反映下肢及躯干主要肌群的力量,因此,我们用握力+卧推+深蹲的肌力之和来代表整个机体的肌肉力量。

本研究显示,老年组肌肉力量显著低于青年组,这提示老年人机体存在一定程度的肌肉衰减现象,这与PaPa EV等^[19-20]的研究结果一致。肌肉力量的衰减会通过多种机制影响血管内皮功能,首先,骨骼

图1 组间对比的肱动脉超声检测图

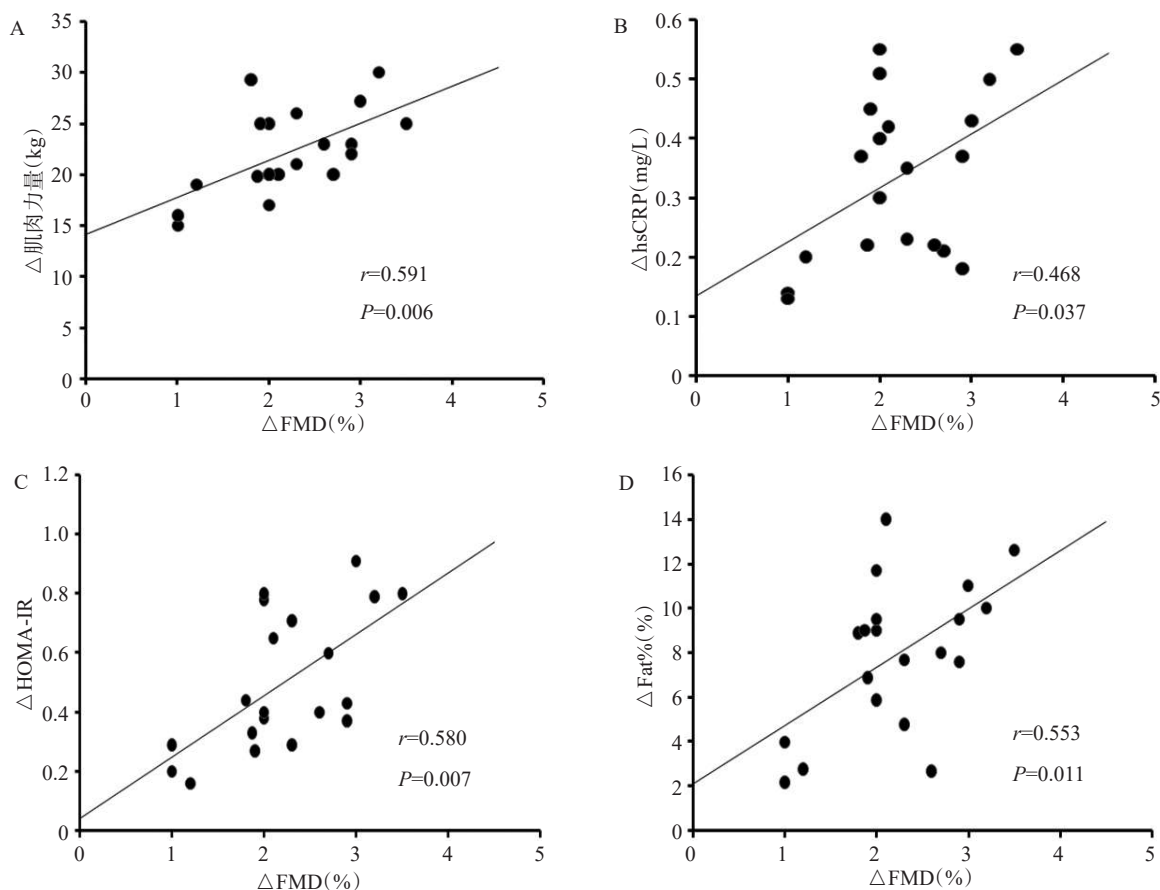


注:A:青年组安静状态;B:青年组反应性充血;C:老年组运动训练前安静状态;D:老年组运动训练前反应性充血;E:老年组运动训练后安静状态;F:老年组运动训练后反应性充血。

肌占人体重的40%左右,是重要的糖脂代谢器官,增龄性的肌肉流失会发生糖脂代谢障碍,使脂肪增多,引发胰岛素抵抗、炎症水平增高,导致血管内皮功能障碍^[21]。其次,骨骼肌能够分泌多种肌细胞因子(myokine),这些肌细胞因子在维持正常的代谢以及

抗炎症等方面发挥了重要作用,例如,近年研究较多的乙酰化酶(Sirtuin-1)就是骨骼肌分泌的一种能够调节血管内皮细胞衰老和血管功能的肌细胞因子,其与一氧化氮合成酶(endothelial nitric oxide synthase, eNOS)相互作用可抑制血管细胞衰老和

图2 老年人肌肉力量、hsCRP、HOMA-IR、Fat%与FMD的相关性分析



内皮功能障碍^[22]。另外骨骼肌分泌的鸢尾素(irisin),除具有调节糖脂代谢功能外,还有减少氧化应激与炎症、增加eNOS和NO的作用,鸢尾素有望成为代谢性疾病和心血管疾病治疗的靶点^[23-24]。由此看来,维持正常的肌肉量和力量非常重要。此外,本研究结果还发现,老年组血清TNF- α 和hsCRP水平较青年组也显著升高。

近年来的研究表明,脂肪组织也是重要的内分泌器官,可分泌多种炎症因子,除参与胰岛素敏感与能量平衡外,还参与血管功能及炎症反应的调节过程。TNF- α 和hsCRP是机体炎症反应的重要调节因子,其血液浓度可以反映体内炎症应激水平。TNF- α 主要由活化的单核巨噬细胞和T细胞产生,是体内重要的免疫调节因子^[25]。hsCRP是机体受到创伤或者炎症时由肝脏产生并释放入血的急性相蛋白,

是一种高度敏感的炎症标志,其水平的升高与心血管疾病密切相关^[26]。老年人血清TNF- α 和hsCRP水平显著增加提示其体内炎症应激有所加剧,这与既往研究结果一致,即老年人处于一种所谓的慢性轻度炎症状态。

研究结果显示,经过16周的抗阻力训练,老年人肌肉量、肌肉力量显著提高,hsCRP显著降低,这提示本研究所采取的抗阻力训练方案可以显著改善老年人的肌肉力量和炎症反应。本研究结果还显示,16周抗阻力训练对所诱导的老年人肌肉力量、hsCRP、以及体脂肪率、胰岛素抵抗(HOMA-IR)改善的程度与FMD增加的程度(ΔFMD)呈显著正相关。以 ΔFMD 为因变量,其他指标为自变量进一步作多元线性逐步回归分析,结果发现 Δ 肌肉力量和 Δ hsCRP作为变量进入了回归模型,是 ΔFMD 重要

影响因素,得到的回归方程是 $Y=0.046+1.295X_1+0.069X_2$ ($Y=\Delta$ FMD, $X_1=\Delta$ 肌肉力量, $X_2=\Delta$ hsCRP), 它们对 Δ FMD的解释率为56.1%(调整的 $R^2=0.561$, $F=9.127$, $P=0.002$), 调整 R^2 是对模型拟合效果的阐述(见表3)。这提示抗阻力训练改善老年人血管内皮功能可能与运动的增肌及抗炎症作用有关。近年来,越来越多的证据表明,抗阻力训练所具有的增肌与抗炎症作用是运动有效防治心血管疾病的重要机制^[27]。新近的研究证实,运动干预通过提高肌肉功能改善内皮功能障碍的同时对增龄性心力衰竭也有改善作用,Gevaert AB等^[28]主张用新的“整体系统”观,对心脏病的关注焦点“心肌细胞”转向“内皮细胞”,他们认为运动干预可以通过增加内皮细胞NO供应、抗炎、抗氧化应激,以及动员内皮祖细胞和血管生成细胞等机制使老年人的心血管功能从整体得到改善。

对于老年人而言,增龄通过复杂机制引起血管内皮功能障碍,启动早期动脉粥样硬化诱发心脑血管疾病发生,其中肌肉力量与炎症反应在血管内皮功能障碍过程中扮演了重要角色^[29-30]。因此,通过改善其血管内皮功能可以有效降低其罹患心脑血管病的风险。本研究结果提示,老年人在健康增龄过程中采取抗阻力训练可有利于改善其血管内皮功能。抗阻运动是美国心脏学会等机构所推崇的预防心血管疾病的重要方式,抗阻力训练还被称为保持健康的良药^[31],因此强烈推荐抗阻力训练作为健康增龄的运动方式。

4 研究局限性

本文研究了抗阻力训练对老年人肌肉力量、炎症因子及血管内皮功能的影响,对抗阻力训练改善老年人心血管功能的机制进行了探讨。但限于研究能力,仅纳入退休职工中的老年人,同时样本量较小,研究代表性存在局限性,因此,建议在日后的研究中应该纳入不同地区、不同职业的老年人群,扩大研究的样本量。

参考文献

- [1] 国家统计局.《中国人口和就业统计年鉴2019》[M].北京:中国统计出版社.2019.
- [2] Barbalho SM, Flato UAP, Tofano RJ, et al. Physical exer-

- cise and myokines: relationships with sarcopenia and cardiovascular complications[J]. Int J Mol Sci, 2020, 21(10):3607.
- [3] Santos-Parker JR, Strahler TR, Bassett CJ, et al. Curcumin supplementation improves vascular endothelial function in healthy middle-aged and older adults by increasing nitric oxide bioavailability and reducing oxidative stress[J]. Aging (Albany NY), 2017, 9(1):187—208.
- [4] Mcleod JC, Stokes T, Phillips SM. Resistance exercise training as a primary countermeasure to age-related chronic disease[J]. Front Physiol, 2019, 10:645.
- [5] Törpel A, Peter B, Schega L. Effect of resistance training under normobaric hypoxia on physical performance, hematological parameters, and body composition in young and older people[J]. Front Physiol, 2020, 11:335.
- [6] 李娟,唐东辉,陈巍.有氧运动结合抗阻力训练对男性肥胖青少年心血管功能的改善及可能机制[J].体育科学, 2013, 33(8): 37—42.
- [7] Niewiadomski W, Laskowska D, Gasiorowska A, et al. Determination and prediction of one repetition maximum (1RM): safety considerations[J]. J Hum Kinet, 2008, 19: 109—119.
- [8] Tomeleri CM, Souza MF, Burini RC, et al. Resistance training reduces metabolic syndrome and inflammatory markers in older women: a randomized controlled trial[J]. J Diabetes, 2018, 10(4):328—337.
- [9] Sardeli AV, Tomeleri CM, Cyrino ES, et al. Effect of resistance training on inflammatory markers of older adults: a meta-analysis[J]. Exp Gerontol, 2018, 111:188—196.
- [10] Donato AJ, Machin DR, Lesniewski LA. Mechanisms of dysfunction in the aging vasculature and role in age-related disease[J]. Circ Res, 2018, 123(7):825—848.
- [11] Ungvari Z, Tarantini S, Kiss T, et al. Endothelial dysfunction and angiogenesis impairment in the ageing vasculature[J]. Nat Rev Cardiol, 2018, 15(9):555—565.
- [12] Buford TW. Hypertension and aging[J]. Ageing Res Rev, 2016, 26:96—111.
- [13] Papadopoulou SK. Sarcopenia: a contemporary health problem among older adult populations[J]. Nutrients, 2020, 12(5): 1293.
- [14] Shimizu R, Hotta K, Yamamoto S, et al. Low-intensity resistance training with blood flow restriction improves vascular endothelial function and peripheral blood circulation in healthy elderly people[J]. Eur J Appl Physiol, 2016, 116(4):749—757.
- [15] Liberman K, Forti LN, Beyer I, et al. The effects of exercise on muscle strength, body composition, physical functioning and the inflammatory profile of older adults: a systematic review[J]. Curr Opin Clin Nutr Metab Care, 2017,

- 20(1):30—53.
- [16] Yamanashi H, Kulkarni B, Edwards T, et al. Association between atherosclerosis and handgrip strength in non-hypertensive populations in India and Japan[J]. *Geriatr Gerontol Int*, 2018, 18(7):1071—1078.
- [17] Rech A, Botton CE, Lopez P, et al. Effects of short-term resistance training on endothelial function and inflammation markers in elderly patients with type 2 diabetes: a randomized controlled trial[J]. *Exp Gerontol*, 2019, 118:19—25.
- [18] Rijk JM, Roos PR, Deckx L, et al. Prognostic value of handgrip strength in people aged 60 years and older: a systematic review and meta-analysis[J]. *Geriatr Gerontol Int*, 2016, 16:5—20.
- [19] Papa EV, Dong X, Hassan M. Skeletal muscle function deficits in the elderly: current perspectives on resistance training[J]. *J Nat Sci*, 2017, 3(1):e272.
- [20] McLean RR, Shardell MD, Alley DE, et al. Criteria for clinically relevant weakness and low lean mass and their longitudinal association with incident mobility impairment and mortality: the foundation for the national institutes of health (FNIH) sarcopenia project[J]. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2014, 69(5):576—583.
- [21] Consitt LA, Dudley C, Saxena G. Impact of endurance and resistance training on skeletal muscle glucose metabolism in older adults[J]. *Nutrients*, 2019, 11(11):2636.
- [22] Sosnowska B, Mazidi M, Penson P, et al. The sirtuin family members SIRT1, SIRT3 and SIRT6: their role in vascular biology and atherogenesis[J]. *Atherosclerosis*, 2017, 265:275—282.
- [23] Colaianni G, Cinti S, Colucci S, et al. Irisin and musculoskeletal health[J]. *Ann N Y Acad Sci*, 2017, 1402(1):5—9.
- [24] Deng X, Huang W, Peng J, et al. Irisin alleviates advanced glycation end products induced inflammation and endothelial dysfunction via inhibiting ROS-NLRP3 inflammasome signaling[J]. *Inflammation*, 2018, 41(1):260—275.
- [25] Akash MSH, Rehman K, Liaqat A. Tumor necrosis factor- α : role in development of insulin resistance and pathogenesis of type 2 diabetes mellitus [J]. *Cell Biochem*, 2018, 119(1):105—110.
- [26] Sun L, Liu X, Li W, et al. HDL-C to hsCRP ratio is associated with left ventricular diastolic function in absence of significant coronary atherosclerosis[J]. *Lipids Health Dis*, 2019, 18(1):219.
- [27] Fragala MS, Cadore EL, Dorgo S, et al. Resistance training for older adults: position statement from the national strength and conditioning association[J]. *J Strength Cond Res*, 2019, 33(8):2019—2052.
- [28] Gevaert AB, Boen JRA, Segers VF, et al. Heart failure with preserved ejection fraction: a review of cardiac and noncardiac pathophysiology [J]. *Front Physiol*, 2019, 10:638.
- [29] Yoo JI, Kim MJ, Na JB, et al. Relationship between endothelial function and skeletal muscle strength in community dwelling elderly women[J]. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2018, 9(6):1034—1041.
- [30] Lopes KG, Bottino DA, Farinatti P, et al. Strength training with blood flow restriction - a novel therapeutic approach for older adults with sarcopenia? a case report[J]. *Clin Interv Aging*, 2019, 14:1461—1469.
- [31] Westcott WL. Resistance training is medicine: effects of strength training on health[J]. *Curr Sports Med Rep*, 2012, 11(4):209—216.