

抗阻训练对心血管疾病风险因素的影响

李俊^{1,2}, 冯丽洁²

(1. 福建师范大学体育学院, 福建 福州, 350108; 2. 南京信息工程大学体育部, 江苏 南京 210044)

摘要:对近年来抗阻训练在身体代谢等方面的研究成果进行了梳理和归纳, 探讨抗阻训练对心血管疾病风险因素的影响效果及其生理机制。抗阻训练不仅可以改善运动系统, 而且对控制体重、改善血脂、提高胰岛素敏感性、控制血糖和血压等方面均存在潜在的益处。因此, 抗阻训练可以作为预防和治疗心血管疾病的一种有效的锻炼方法。

关键词:抗阻训练; 心血管疾病; 风险因素

中图分类号: G804.5

文献标识码: A

文章编号: 1007-7413(2015)06-0041-06

Effects of Resistance Training on Cardiovascular Disease Risk Factors

LI Jun^{1,2}, FENG Li-jie²

(1. Institute of P. E, Fujian Normal University, Fuzhou 350108, China;

2. Department of P. E, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China)

Abstract: Achievements in research on resistance training in the aspect of metabolism of body were concluded. This paper discusses effects of resistance training on cardiovascular disease risk factors and its physiological mechanism. Resistance training can not only improve locomotor system, but also can bring a potential benefits to weight management, improvements in lipid profile and insulin sensitivity, glycolic control, and reducing blood pressure. Resistance training can be considered as an effective training method to prevent and remedy the cardiovascular disease.

Key words: resistance training; cardiovascular disease; risk factor

随着社会文明的不断进步, 以身体活动为主的生活方式正逐渐被静态少动的生活方式所代替, 身体活动量的减少带来了肥胖、高血压、糖尿病等健康问题。大量研究证明, 运动可以产生健康效益^[1]。长时间系统的有氧训练对提高心肺耐力, 预防心血管疾病等方面有着良好的作用。但近年来对抗阻训练的研究成果发现, 抗阻训练不仅可以减缓肌肉衰老, 改善运动系统功能, 而且对减少身体脂肪, 改善血脂, 降低胰岛素抵抗, 减少心血管疾病发病的危险因素等方面也同样具有良好的作用^[2]。有研究显示, 日常身体活动对骨骼肌的机械刺激无法弥补因年龄增长所产生骨骼肌质量和功能的减退效应。长期缺乏有规律的抗阻训练, 年龄到达50岁以后, 身体每年将逐步减少约0.46 kg的肌肉质量^[3], 年龄到80岁时, II型肌纤维数量将会减少50%^[4]。这种因年龄增长而引起的骨骼肌含量减少易使身体产生如肌肉力量下降, 基础代谢降低, 脂肪氧化能力下降, 腹部肥胖等潜在的变化^[5]。而这些变化同时也是身体发生机体代谢疾

病的风险因素。在排除心肺耐力因素之外, 肌肉质量可能与代谢综合症及全因死亡率成反比关系^[6,7]。尽管目前还缺乏足够的证据证明抗阻训练对有关心血管疾病风险因素的控制作用, 但人们越来越意识到抗阻训练对预防心血管等慢性疾病的潜在益处。

1 心血管疾病及风险因素

心血管疾病属于非传染性慢性疾病, 主要包括心脏病、脑血管疾病、外周动脉疾病以及糖尿病等。世界卫生组织(WHO)2012年估计全球大约有1 750万人死于心血管疾病, 约占全球死亡总人数的31%, 心血管疾病已经成为每年全球人类死亡最主要的原因。心血管疾病的形成受到多种因素的影响, 并且是一个长期的过程, 具有预后差, 致残致死率高等特点。心血管疾病的发生与生活方式息息相关, 吸烟、饮酒、不健康饮食和身体活动不足等社会行为均会成为诱发心血管疾病的危险因素, 而肥胖、血脂异常、高血糖、

高血压等因素是直接导致心血管疾病发生的疾病风险因素,是社会行为影响疾病发生的中间因素^[8],因此,做好一级预防工作,控制好疾病风险因素,对预防心血管疾病的发生具有十分重要的意义。

2 抗阻训练对心血管疾病的影响

抗阻训练在身体代谢等健康方面的研究相对较少。Braith 等对有氧耐力训练和抗阻训练对身体健康相关指标的影响效果进行了归纳和比较,见表 1。可以看出两种运动方式都可以有效地对身体产生良好的适应,但产生的效应大小却并不相同,这主要是由于两种运动方式对身体所产生的适应机制不同所导致^[9]。耐力训练主要是通过对心血管系统的直接刺激使身体产生适应性反应。抗阻训练对心血管的反应是动态有氧运动和静力性运动的混合性反应,主要通过提高肌肉质量间接地改变身体代谢^[10]。到目前为止,抗阻训练对身体代谢及心血管疾病风险因素的影响效果还需要大量的实验来进行验证。

表 1 有氧耐力训练和抗阻训练对身体健康指标的比较

变量	有氧耐力训练	抗阻训练
骨密质	↑	↑↑↑
脂肪比例	↓↓	↓
肌肉比例	0	↑↑
肌肉力量	0	↑↑↑
基础胰岛素水平	↓	↓
胰岛素敏感性	↑↑	↑↑
HDL - C	↑0	↑0
LDL - C	↓0	↓0
TG	↓↓	↓0
基础心率	↓↓	0
收缩压	↓↓	↓
舒张压	↓↓	↓
身体耐力	↑↑↑	↑↑
基础代谢	↑	↑↑

↑代表值增加; ↓代表值降低; 0 代表没有变化

2.1 抗阻训练对肥胖的影响

肥胖是诱导心血管疾病最重要的风险因素之一,减少脂肪能够有效地预防和改善与肥胖相关的心血管疾病风险因素^[2]。脂肪在身体的区域分布比脂肪总量对身体健康的影响更为重要。中心性肥胖尤其是内脏脂肪组织过多与高血脂、高血压、胰岛素抵抗、

心脏病等密切相关^[11]。内脏脂肪过多可促进游离脂肪酸分泌,降低胰岛素受体的敏感性,从而使血糖、血脂、胰岛素、脂蛋白浓度发生异常改变,容易引起动脉粥样硬化、糖尿病、缺血性心脏病等疾病,而肩部和四肢肥胖与心血管疾病的发生不存在相关性^[12]。有研究表明,除受遗传因素影响外,年龄、高脂膳食、静态生活方式等是导致内脏脂肪增加最主要的因素^[13]。因此,通过合理的运动控制体重,减少多余脂肪尤其是内脏脂肪对减少心血管等慢性疾病风险有着十分重要的意义。

大量研究表明有氧运动可以减少脂肪。但除了进行有氧耐力训练之外,抗阻训练也可以作为降低体重的一种有效的训练方法。抗阻训练可以改变身体成分,增加身体肌肉含量,提高基础代谢率,从而增加能量的消耗以达到减少脂肪的目的。研究表明,抗阻训练对降低内脏脂肪具有良好的效果。Javier 和他的同事们对老年男性进行 16 周的抗阻训练,结果发现皮下脂肪和内脏脂肪含量都有明显的下降^[14]。也有研究显示,抗阻训练对身体成分的改变存在性别差异,Hunter 等对不同性别组老年人进行 25 周的抗阻训练后,结果发现,两组瘦体重都增加,男子组瘦体重增加明显大于女子组,两组脂肪减少量相似,但女子组在内脏脂肪上的减少更为明显^[15]。但也有研究得出不同的结果,通过 6 个月的有氧和抗阻的组合训练,男性内脏脂肪减少量比女性更明显^[16]。这还需要通过更多的实验进行论证。

大量实验研究表明有氧耐力训练比抗阻训练更有利于脂肪的减少,但瘦体重的增加却不明显,而抗阻训练可以弥补有氧训练瘦体重增加不足。Park 等人通过有氧耐力和抗阻相结合的训练方法对身体成分干预效果进行研究,把 30 名中年肥胖女性分为对照组、有氧训练组、有氧抗阻混合训练组,进行 24 周的实验干预。结果显示,有氧组和混合组身体脂肪含量分别减少 9.2 % 和 10.3 %;瘦体重分别增加 0.9 kg 和 5.6 kg;皮下脂肪分别减少 23.1 cm³ 和 61.8 cm³;而内脏脂肪分别减少 82.6 cm³ 和 93 cm³。混合训练组在降低脂肪和增加瘦体重方面都有着非常明显的优势^[17]。从数据中可以发现内脏脂肪的减少比皮下脂肪的减少更加明显,其他相关的实验大部分也得出类似的结果。出现这种现象主要原因可能是由于儿茶酚胺类激素促进脂肪分解的作用在内脏脂肪远大于皮下脂肪,脂肪分解过程中的激素敏感性脂酶(HSL)的蛋白表达及活性高于皮下组织,促进甘

油三酯合成的脂蛋白脂酶(LPL)蛋白表达及活性低于皮下组织,因此可以认为内脏脂肪较皮下脂肪更易分解^[13,18]。大量的实验证明,有氧耐力和抗阻混合训练对降低体重比单一的训练效果更好,不仅对降低身体脂肪比例,而且对提高肌肉质量,改善身体成分均具有良好的作用。因此,我们可以认为有氧训练结合抗阻训练是一种高效可行的控制体重的方法。

2.2 抗阻训练对血脂代谢的影响

血脂代谢异常是引发冠心病和动脉粥样硬化的主要风险因素之一^[19]。通常用血清总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)来反映血脂代谢的水平。血脂代谢紊乱将会增加心血管疾病的发病风险。有研究显示,TC(>5.172mmol/L)的人患心血管疾病风险是TC(<4.66mmol/L)人的两倍^[20]。经过近十几年的研究,已经证实了高胆固醇与缺血性心脏病相关,数据显示,三分之一的缺血性心脏病人的胆固醇水平都较高^[21]。降低胆固醇水平可以降低心血管疾病风险,胆固醇水平每降低约0.6mmol/L,40岁中年人发生缺血性心脏病风险可降低54%,80岁可降低19%^[22]。

目前对运动是否能够明显有效地改善血脂水平还存在一些争议。Prabhakaran等对24名绝经前期女性进行14周的抗阻训练,训练强度为85%RM,每周三次,每次40-50min,结果TG降低了9%($P<0.05$),LDL-C降低了14%($P<0.05$),HDL-C增加了14.3%($P<0.05$)^[23]。Vatani等验证了不同运动强度的抗阻训练对血脂的影响,实验者为30名健康男性,在控制运动总量(组数×重复次数×重量)相等的条件下,把实验者分为中等运动强度组(45%~55%1-RM)和大强度组(80%-90%1-RM),每周三次,共6周时间,结果两组的LDL-C和TG水平都发生了明显的下降,其中,中等强度组LDL-C下降13.5mg/dl,大强度组LDL-C下降12.1mg/dl,在TG水平上,中等强度组下降12.2mg/dl,大强度组下降11.3mg/dl,HDL-C只在大强度组明显上升^[24],说明运动强度也会影响血脂代谢水平。运动对血脂影响的机制目前还不清楚,有人认为,运动可以提高卵磷脂胆固醇脂酰基转移酶(LCAT)和脂蛋白脂肪酶的活性,有利于HDL-C对胆固醇的逆向转运及清除^[25]。但还有许多不同的研究结果认为抗阻训练对血脂不能产生影响。Tambalis等对血脂的运动干预进行了meta分析,他选取了1994年—

2006年期间运动干预时间不低于12周共84项实验数据^[26],数据分析了有氧训练、抗阻训练和有氧抗阻混合训练对血脂的影响效果,笔者根据84项实验数据就运动对血脂产生显著性影响数据重新进行了归纳,见表2。表中数据反应的是在84项实验干预中,四项指标发生显著性变化的实验项数。

表 2 运动对血脂产生显著性变化的实验项数

运动方式 (实验项数)	TC (↓)	TG (↓)	LDL-C (↓)	HDL-C (↑)
有氧训练($n=53$)	8	12	12	23
抗阻训练($n=23$)	5	2	6	6
混合训练($n=8$)	3	3	1	3

↑代表值明显增加;↓代表值明显降低;

2.3 抗阻训练对胰岛素及血糖代谢的影响

胰岛素抵抗被认为是导致体内代谢异常及心血管系统疾病的“共同土壤”。胰岛素抵抗、血糖浓度升高,糖耐量减低是2型糖尿病的发病机理,也是心血管疾病的主要特征。肥胖是诱发胰岛素抵抗的一个重要因素,内脏脂肪组织释放过多游离脂肪酸入血后,导致脂肪酸在非脂肪细胞内再酯化生成细胞内脂肪酸中间体,形成脂肪的异位沉积,容易使胰岛素敏感性降低^[27]。因此,降低体重尤其是减少内脏多余脂肪对降低胰岛素抵抗,提高血糖调节能力起到非常重要的作用。

目前已有大量研究证明有氧耐力运动对提高胰岛素敏感性和提高糖耐量有着明显的效果。有氧运动可以提高胰岛素转运血糖活性,促进骨骼肌细胞葡萄糖转运体GLUT-4含量,使肌肉对葡萄糖的利用率大大提高,有效地改善肌肉糖代谢^[28]。抗阻训练对降低胰岛素抵抗、提高胰岛素敏感性、调节血糖代谢也有良好的效果。Holten等对10名糖尿病患者和7名健康男性进行6周中等强度的单腿抗阻训练,每周3次,每次30min。结果发现两组被试受训腿骨骼肌的GLUT-4、糖原合酶、胰岛素受体和糖原合酶活性都有明显的提高,而未受训腿没有发生变化,说明抗阻训练对改善胰岛素敏感性和血糖代谢发挥明显的作用^[29]。其机制可能与有氧训练相似,同时还由于骨骼肌是人体最大的代谢器官,而抗阻训练可以增加骨骼肌含量,加大骨骼肌对糖的吸收,改善骨骼肌对胰岛素的敏感性。有研究证明肌肉收缩和低氧均

可以动员 GLUT-4 由细胞内部转移到细胞膜表面,而抗阻训练的供能特点能使肌肉在收缩的同时还可以有效造成肌细胞内部低氧环境的产生,而且骨骼肌收缩可以不依赖于胰岛素的作用影响 GLUT-4 的转位,有助于肌肉对糖的吸收^[30]。美国运动医学协会(ASCM)和糖尿病协会(ADA)已经推荐把抗阻训练纳入到糖尿病治疗的运动方案中。

血糖控制对预防心血管疾病并发症的发生有着十分重要的意义。研究表明,有氧耐力训练和抗阻训练均可以降低糖基化血红蛋白(HbA_{1c})水平。HbA_{1c}是反应最近 2 个月的平均血糖浓度,可以作为血糖控制能力的重要指标,降低 HbA_{1c}水平对减少糖尿病及心血管疾病风险起着十分重要的作用。HbA_{1c}值每降低 1%,大血管疾病的发病几率将减少 15%~20%^[31],微血管并发症风险减少 37%^[32]。EPIC-Norfolk 研究认为,HbA_{1c}值每增加 1%,在排除其他心血管疾病风险因素的情况下,全因死亡率增加 28%^[33]。Sigal 等对 251 名(39—70 岁)糖尿病患者进行 22 周的运动干预,被试人员被分为对照组、有氧耐力训练组、抗阻训练组和有氧抗阻训练混合组共 4 组。结果发现,有氧耐力训练和抗阻训练对糖尿病患者的血糖控制都有明显的改善,特别是有氧结合抗阻训练的运动方式对血糖控制优于单一训练方法产生的效果。实验还发现,运动干预前被试 HbA_{1c}水平的高低对实验的效果有显著的影响,实验前 HbA_{1c}≥7.5% 被试的 HbA_{1c}值明显比 HbA_{1c}<7.5% 的被试下降的多,且后者只有混合训练组才有明显改善,单一训练组在统计意义上没有显著性变化^[34]。除此之外,其他相关实验也得出类似的结果。可以认为,抗阻训练和有氧耐力训练均可以明显改善血糖浓度,并且两种训练方法相结合的混合训练对降低血糖水平的效果更加明显,但受试者本身具有的 HbA_{1c}水平影响运动干预的效果,对 HbA_{1c}水平高的人干预效果更加明显。

2.4 抗阻训练对血压的影响

健康的生活方式是预防和治疗高血压的关键。一般认为有规律的有氧耐力训练可以降低高血压患者安静时的血压。其机制目前还不是很清楚,有学者认为可能与有氧运动改善了自主神经调节功能,降低氧化应激反应,提高阻力血管内皮功能有关^[35]。抗阻训练对血压影响的研究相对较少。Cornelissen 对 1996 年和 2003 年共 9 项试验结果进行了 meta 分析,结果发现抗阻训练可以对血压产生影响,其中收缩压

平均降低 3.3mmHg(95%CL -7.1~0.7),舒张压平均降低 3.5mmHg(95%CL -6.1~-0.9)^[36]。虽然血压的降幅并不大,但收缩压平均每下降 3 mmHg 可以使心脏病发病率降低 5%~9%,中风发病率降低 8%~14%,全因死亡率降低 4%^[37]。Kemlemen 对男性高血压患者进行十周的抗阻训练和有氧训练,结果发现,收缩压和舒张压均降低了 13mmHg^[38],说明抗阻和有氧耐力训练相结合的训练形式对血压影响的效果更为显著。抗阻训练降低血压的机制可能与提高阻力血管内皮功能有关。美国心脏病协会和运动医学协会把抗阻训练作为预防和治疗高血压有氧训练的一部分。但也有的研究认为,通过抗阻训练使收缩压下降,而舒张压在训练前后没有发生变化。

3 抗阻训练运动处方

抗阻训练处方的制定比有氧耐力训练更为复杂,涉及运动的负荷因素较多,包括运动强度、时间、频率、组数、重复次数、间歇时间等因素的控制均影响运动效果。抗阻训练的运动强度一般使用一定重量负荷的重复次数来表示,用 1-RM 表示最大负荷强度,即一次能够完成的最大负荷重量。负荷强度与重复次数成反比,可以通过调整负荷强度和重复次数对运动负荷进行调控。制定运动处方应根据不同目的,因人而异。美国运动医学协会(ACSM)和美国心脏协会(AHA)建议每周进行抗阻训练 2~3 次,2~4 组,60%~80%1-RM,每组 8~12 次。对于静坐少动健康人群刚开始锻炼时,运动强度应控制在 40%~50%1-RM,每组 10~15 次,随着身体肌肉对运动的不断适应,可以逐渐增加运动负荷,但应先增加重复次数,然后增加负荷重量。健康老年人群的抗阻训练强度控制在 20%~50%1-RM,每组 10~15 次。表 3 列举了 2013 年 ACSM 推荐的抗阻训练运动方案^[39]。对于老年人群抗阻训练要注意加强运动过程中的监控,防止运动损伤的发生,要注意动作和呼吸节奏的控制,尽量减少憋气动作而引起血压升高。

4 结束语

从梳理的文献资料来看,抗阻训练可以减少心血管疾病的风险因素。目前,美国运动医学协会、美国糖尿病协会和美国心脏协会都已经把抗阻训练作为预防心脏病、糖尿病等慢性疾病非药物治疗的一项重

要手段,现在越来越多的人逐渐意识到抗阻训练对体重控制、血脂改善、血糖控制、降低血压等心血管健康有着潜在益处。虽然目前还缺乏足够的研究数据能够准确评价抗阻训练的负荷量对风险控制的影响效果,但无可否认,抗阻训练不仅可以弥补有氧训练所产生的不足,而且可以作为促进身体健康的一种有效的锻炼方法。

表 3 ACSM 推荐抗阻训练的运动方案	
负荷因素	推荐量
频率	每周 2-3 次
强度	1 60 % ~ 70 % 1-RM,新手和有有一定基础练习者提高肌肉力量采用的强度
	2 ≥80 % 1-RM,有经验练习者提高肌肉力量采用的强度
	3 40 % ~ 50 % 1-RM,提高健康老年人群肌肉力量
	4 <50 % 1-RM,提高肌肉耐力
	5 20 % ~ 50 % 1-RM,改善肌肉功能
类型	1 大肌肉群和小肌肉群练习
	2 多关节运动和单关节运动
重复次数	1 8~12 次,提高成年人肌肉力量和功能
	2 10~15 次,提高中年和老年人肌肉力量
	3 15~20 次,提高肌肉耐力
组数	1 2~4 组,提高成人肌肉力量和功能
	2 1 组,老年人和新手较宜采用的组数
	3 ≤2 组,有益于提高肌肉耐力
间歇时间	1 两组练习之间歇时间 2~3 分钟
	2 同组群肌肉两次锻炼间歇时间应≥48 小时

参考文献

[1] GARBER C E,BLISSMER B,DESCHENES M R,et al. Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory, Musculoskeletal, and Neuromotor Fitness in Apparently Healthy Adults:Guidance for Prescribing Exercise [J]. Medicine and Science in Sports and Exercise,2011,43 (7):1334-1359.

[2] KLEIN S,BURKE L E,BRAY G A. Clinical implications of obesity with specific focus on cardiovascular disease;a statement for professionals from the American Heart Association Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism; endorsed by the American College of Cardiology Foundation

[J]. Circulation,2004,110(18):2952-2967.

[3] NELSON M E,FIATARONE M A,MORGANTI C M,et al. Effects of high-intensity strength training on multiple risk factors for osteoporotic fractures;a randomized controlled trial [J]. JAMA,1994,272(24):1909-1914.

[4] LARSSON L. Histochemical characteristics of human skeletal muscle during aging[J]. Acta Physiol Scand,1983,117(3):469-471.

[5] HUNTER G R,T KEKES-SZABO,S W SNYDER,et al. Fat distribution,physical activity, and cardiovascular risk factors [J]. Medicine and Science in Sports and Exercise,1997,29 (3):362-369.

[6] S J FITZGERALD,G S BLAIR. Muscular fitness and all-cause mortality:prospective observations [J]. Journal of Physical Activity and Health,2004,1:17-18.

[7] R JURCA,M J LAMONTE,C E BARLOW,et al. Association of muscular strength with incidence of metabolic syndrome in men[J]. Medicine and Science in Sports and Exercise,2005,37(11):1849-1855.

[8] 王建华,王子元,袁聚祥. 预防医学[M]. 北京:北京大学出版社,2009:386-389.

[9] RANDY W. BRAITH,KERRY J. Stewart. Resistance exercise Training:its role in the prevention of cardiovascular disease [J]. Circulation,2006,113(22):2642-2650.

[10] MARK A. WILLIAMS,WILLIAM L. HASKELL,PHILIP A. Ades. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease;2007 update :a scientific statement from the American Heart Association council on clinical cardiology and council on nutrition,physical activity, and metabolism[J]. Circulation,2007,116(5):572-584.

[11] HUNTER G R,KEKES-SZABO T,SNYDER S W,et al. Fat distribution,physical activity, and cardiovascular risk factors [J]. Medicine and Science in Sports Exercise,1997,29(3):362-369.

[12] PARK S K,PARK J H,KWON Y C,et al. The effect of combined aerobic and resistance training on abdominal fat in obese middle-aged women [J]. Physiol Anthropol,2003,22 (3):129-135.

[13] PANAROTTO D,POISSON J,DEVROEDE G,et al. Lipoprotein lipase steady state mRNA levels are lower in human omental versus subcutaneous abdominal adipose tissue [J]. Metabolism,2000,49(9):1224-1227.

[14] JAVIER,MIKEL,LUIS,et al. Twice-Weekly progressive resistance training decreases abdominal fat and improves insulin Sensitivity in older man with type2 diabetes[J]. Diabetes Care,2005,28(3):662-667.

- [15] HUNTER G R, BRYAN D R, WETZSTEIN C J, et al. Resistance training and intra-abdominal adipose tissue in older men and women[J]. *Medicine and Science in Sports Exercise*, 2002, 34(6): 1023-1028.
- [16] STEWART K J, BACHER A C, TURNER K L, et al. Effect of exercise on blood pressure in older persons: a randomized controlled trial[J]. *Arch Intern Med*, 2005, 165(7): 756-762.
- [17] SANG-KAB PARK, JAE-HYUN PARK, YOO-CHAN KWON, et al. The effect of combined aerobic and resistance exercise Training on abdominal fat in obese middle-aged women[J]. *J Physiol Anthropol*, 2003, 22(3): 129-135.
- [18] PUJOL E, RODRIGUEZ-CUENCA S, FRONTERA M, et al. Related effects on lipolytic capacity of rat white adipose tissue[J]. *Cell Mol Life Sci*, 2003, 60(9): 1982-1989.
- [19] FUSTER V, GOTTO A, LIBBY P, et al. Pathogenesis of coronary disease: the biological role of risk factors[J]. *J Am Coll Cardiol*, 1996, 27(5): 964-976.
- [20] ROGER V L, GO A S, LLOYD-JONES D M, et al. Executive summary: heart disease and stroke statistics—2012 update: a report from the American Heart Association[J]. *Circulation*, 2012, 125(1): 188-197.
- [21] RIEDL I, YOSHIOKA M, NISHIDA Y, et al. Regulation of skeletal muscle transcriptome in elderly men after 6 weeks of endurance training at lactate threshold intensity[J]. *Exp Gerontol*, 2010, 45(11): 896-903.
- [22] STEVEN MANN, CHRISTOPHER BEEDIE, ALFONSO JIMENEZ. Differential effects of aerobic exercise, resistance training and combined exercise modalities on cholesterol and the lipid profile: review, synthesis and recommendations[J]. *Sports Med*, 2014, 44(2): 211-221.
- [23] PRABHAKARAN B, DOWLING E, BRANCH J, et al. Effect of 14 weeks of resistance training on lipid profile and body fat percentage in premenopausal women[J]. *J Sports Med*, 1999, 33(3): 190-195.
- [24] VATANI S D, AHMADI S, AHMADI DEHRASHID K, et al. Changes in cardiovascular risk factors and inflammatory markers of young, healthy, men after six weeks of moderate or high intensity resistance training[J]. *J Sports Med Phys Fitness*, 2011, 51(4): 695-700.
- [25] CALABRESI L, FRANCESCHINI G. Cholesterol acyltransferase, high-density lipoproteins, and atheroprotection in humans[J]. *Trends Cardiovasc Med*, 2010, 20(2): 50-3.
- [26] KONSTANTINOS TAMBALIS, MSC, DEMOSTHENES B, et al. Responses of blood lipids to aerobic, resistance, and combined aerobic with resistance exercise training: a systematic review of current evidence[J]. *Angiology*, 2009, 60(5): 614-632.
- [27] 高鸿辉. 运动对骨骼肌脂肪代谢与胰岛素敏感性的影响[J]. *中国组织工程研究与临床康复*, 2009(13): 4475-4478.
- [28] 刘一平. 中年糖耐量减低人群运动干预的探索[M]. 北京: 人民体育出版社, 2008: 60-62.
- [29] HOLTEN M K, ZACHO M, JUEL C et al. Strength training increases insulin-mediated glucose uptake, GLUT4 content, and insulin signaling in skeletal muscle in patients with type 2 diabetes[J]. *Diabetes*, 2004, 53(2): 294-305.
- [30] 张献辉, 李娟, 催洪成, 等. 有氧训练、抗阻训练与 2 型糖尿病康复[J]. *中国康复医学杂志*, 2010(5): 479-483.
- [31] SELVIN E, MARINOPOULOS S, BERKENBLIT G, RAMIT, et al. Meta-analysis: glycosylated hemoglobin and cardiovascular disease in diabetes mellitus[J]. *Ann Intern Med*, 2004, 141(6): 421-431.
- [32] STRATTON I M, ADLER A I, NEI H A, et al. Association of glycaemia with macrovascular and microvascular complications of type2 diabetes: prospective observational study[J]. *BMJ*, 2000, 321(7258): 405-412.
- [33] KHAW K T, WAREHAM N, LUBEN R, et al. Glycated haemoglobin, diabetes, and mortality in men in Norfolk cohort of European prospective investigation of cancer and nutrition[J]. *BMJ*, 2001, 322(7277): 15-18.
- [34] RONALD J. SIGLA, GLEN P. KENNY, NORMAND G. Boule, et al. Effects of aerobic training, resistance training, or both on glycemic control in type2 diabetes[J]. *Annals Intern Med*, 2007, 147(6): 357-369.
- [35] MARK B, CASSANDRA L, MATTHEW A, et al. Effects of isometric handgrip training dose on resting blood pressure and resistance vessel endothelial function in normotensive women[J]. *Eur J Appl Physiol*, 2013, 113(8): 2091-2100.
- [36] CORNELISSEN V A, FAGARD R H. Effect of resistance training on resting blood pressure: a meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *J Hypertens*, 2005, 23(2): 251-259.
- [37] WHELTON S P, CHIN A, XIN X, et al. Effect of aerobic exercise on blood pressure: a meta-analysis of randomized, controlled trials[J]. *Ann Intern Med*, 2002, 136(7): 493-503.
- [38] KEMLEMEN M H, EFFRON M B. Exercise training combined with antihypertensive drug therapy[J]. *JAMA*, 1990, 263(20): 2766-2771.
- [39] American College of Sports Medicine. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription 9th ed[M]. Philadelphia (PA): Lippincott Williams & Wilkins; 2010: 184-185.