



4周中低强度有氧运动结合饮食控制对肥胖青少年身体形态、血脂和脂蛋白脂酶的影响

冯磊, 庄洁

摘要:目的: 观察肥胖青少年在4周有氧运动减肥前后其身体形态、血脂和脂蛋白酯酶(lipoprotein lipase, LPL)的变化。方法: 以15~17岁肥胖青少年32人(男女各16名)为研究对象, 根据心率控制运动强度, 进行4周中低强度有氧运动为主, 结合适当饮食控制的运动减肥训练, 并分别于入营第一天和出营前一天测定受试者身体形态、血脂和LPL等指标。结果: 4周有氧运动后, 肥胖青少年体重、BMI和体脂率显著下降; 血清甘油三酯、总胆固醇和低密度脂蛋白含量显著降低, 高密度脂蛋白水平无明显变化; 空腹血清LPL的活性明显提高。结论: 4周中低强度有氧运动结合适当饮食控制能够明显改善肥胖青少年身体形态、血脂代谢水平, 显著提高LPL酶活性, 一定程度上改善了肥胖患者的脂代谢状态, 对中小强度有氧运动有效促进脂肪分解具有重要作用。

关键词: 中低强度有氧运动; 肥胖青少年; 身体形态; 血脂; 脂蛋白酯酶

中图分类号: G804.4 文献标志码: A 文章编号: 1006-1207(2014)02-0048-05

Effects of 4-week Low Intensity Aerobic Exercise with Diet Control on the Body Shape, Blood Lipid and Lipoprotein Lipase (LPL) of the Obese Teenagers

FENG lei, ZHUANG Jie

(Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China)

Abstract: Purpose: To observe the body shape, blood lipid and LPL changes of obese teenagers before and after 4-week aerobic exercise for losing weight. Method: 32 obese teenagers (16 males and 16 females at the age of 15-17) were selected as the subjects. The exercise intensity was controlled according to heart rate. 4-week low intensity aerobic exercise with controlled diet was arranged. The indexes of body shape, blood lipid and LPL were measured on the first day and last day of the training camp. Result: After the 4-week aerobic exercise, the body weight, BMI and body fat rate of the subjects dropped significantly. The serum triglyceride, total cholesterol and low density lipoprotein content decreased obviously. The high density lipoprotein level had no significant change. Fasting serum lipoprotein lipase activity improved significantly. Conclusion: 4-week low intensity aerobic exercise with controlled diet can obviously change the body shape, blood lipid metabolism, significantly accelerate the activity of LPL and improve the lipid metabolic state to some extent. So low intensity aerobic exercise plays an important role in promoting adipose decomposition.

Key words: low intensity aerobic exercise; obese teenager; body shape; blood lipid; lipoprotein enzyme

随着高能量摄入、低体力活动和多静态活动等不良生活习惯的蔓延, 儿童青少年肥胖发生率呈现显著的增加趋势, 且目前已成为全球性公共卫生问题^[1]。中国2002年的一项调查研究发现, 国人的超重率与10年前相比增加了40%, 肥胖率增加了1倍。据上海市2010年国民体质监测公报显示, 与2005年相比, 上海市民的肥胖检出率继续呈上升趋势。有氧运动是预防和治疗青少年肥胖发生和发展的有效手段, 它能明显改善肥胖患者血脂异常等内分泌代谢紊乱状态^[2]。人体脂肪分解是一系列酶促反应过程, 血浆脂蛋白酯酶(lipoprotein lipase, LPL)是甘油三酯分解的限速酶之一, 其活性在一定程度上决定了骨骼肌用脂

肪酸供能的程度, 肥胖症患者LPL的活性相对较低, 肥胖症患者动用脂肪供能的能力较差^[3]。关于脂肪最大氧化率的运动强度, 近期研究指出50%~65%VO₂max的中低训练强度可确保脂肪氧化率达到最大氧化率的95%以上^[4]。经过中低强度有氧运动训练以后, 肥胖患者体重减轻, 体脂率下降, 脂代谢明显改善^[5]。然而, LPL的活性是否也随之有所提高, 以及运动减肥的机制是否与LPL活性的变化相关, 这些都有待研究。本文通过对肥胖青少年进行4周的中小强度有氧运动, 观察其运动前后身体形态、体脂率和LPL活性的变化, 并探讨LPL活性改变与身体形态、血脂代谢变化的关系, 为运动减肥的机制分析提供实验依据。

收稿日期: 2013-12-15

基金项目: 运动健身科技省部共建教育部重点实验室资助; 教育部新世纪人才计划资助。

第一作者简介: 冯磊, 男, 在读研究生。研究方向: 运动与健康促进。

作者单位: 上海体育学院 运动科学学院, 上海 200438



1 研究对象和方法

1.1 研究对象

参加 2012 年上海巅峰全封闭运动减肥训练营肥胖青少年 32 名, 入营前除了参加各自学校内规定的体育课程以外均无额外的体育锻炼, 年龄为 15~17 岁, BMI>30, 均为中

国汉族人。其中男性 16 名, 年龄 (16.6±0.5) 岁, 女性 16 名, 年龄 (15.7±0.7) 岁。受试者一般身体情况见表 1。入营时均接受专业医生体格检查和病史询问, 确定无遗传病史, 无吸烟史, 无心血管、肝脏、肾脏、肺等疾病史, 并未曾使用减肥药物。本研究过程经过上海体育学院伦理委员会批准, 获受试者本人及家长同意并签署知情同意书。

表 1 受试者运动减肥前一般资料 (X±Sd)

Table 1 Information of the Subjects before the Exercise for Losing Weight (X±Sd)

性别	人数	年龄 / 岁	身高 /cm	体重 /kg	BMI/ (kg·m ⁻²)	体脂率 /%
男	16	16.6±0.5	171.4±5.4	114.4±8.2	38.9±3.1	41.4±5.8
女	16	15.7±0.7	161.7±3.4	92.7±6.8	35.5±2.8	38.1±2.4

1.2 研究方法

1.2.1 身体形态学指标与测定方法

由同一测试人员分别在受试者入营次日和 4 周运动减肥后出营前日进行身体形态学指标测定, 包括身高、体重、体脂率。身高、体重、体脂率的测定采用日本 COMBI WELLNESS 公司的 Combi Fitness Station 人体成分分析仪。测定时, 要求受试者赤足立于分析仪踏板金属感应区域内, 身体直立, 双臂自然下垂, 正视前方, 稳定后由仪器自动测出结果。

1.2.2 血液生化指标与测定方法

受试者减肥前后静脉血液的采集选择在入营后第 1 d 和出营前 1 d 清晨、空腹的条件下进行。抽取受试者肘静脉血 6 ml, 测定空腹血糖 (fasting blood glucose, FBG)、总胆固醇 (total cholesterol, TC)、总胆固醇甘油三酯 (triglyceride, TG)、高密度脂蛋白 (high density lipoprotein, HDL)、低密度脂蛋白 (low density lipoprotein, LDL-C)、脂蛋白脂酶 (lipoprotein lipase, LPL) 活性。血样采集后室温静置 30 min, 3 000 r/min 离心 15 min 后分离血清送至上海艾迪康医学检验中心进行检测, 4 周后进行上述同指标的测试。

1.2.3 递增负荷运动心电图试验

递增负荷运动心电图试验是为了鉴定肥胖青少年所能承受的有效且安全的运动负荷范围, 以逐级增加负荷的运动作为心电图负荷试验的手段。受试者入营后第 1 d, 采用上海光电医用电子仪器有限公司 ECG-6951 型心电图机为每名受试者测定安静心电图。随后, 受试者进行平板跑台递增负荷运动试验, 并测定运动心电图。采用 MAX-II 运动心肺功能测试系统和软件、德国 h/p/cosmos pular4.0 跑台。跑台以 4 km/h、6 km/h 速度逐级递增, 每级负荷持续时间为 2 min, 中间休息 1 min, 描记每级负荷运动后的即刻心电图, 观察心脏对运动负荷的承受能力。若出现频发性心律失常、ST 段下移超过 0.05 mv 或者受试者不能承受运动负荷等情况时应立即停止试验; 若心电图无异常, 则在心率达到最大心率的 80% 或受试者难以继续坚持运动时停止运动负荷试验。运动结束后静坐 1 min, 描记心电图。安静心电图和递增负荷运动心电图可以评价受试者的运动能力, 为运动处方的设置、排除受试者心血管系统机能障碍提供依据, 确保运动减肥的有效和安全进行。

1.2.4 实验实施方法

采用有氧运动为主结合适当饮食控制的方法进行全封闭式减肥训练, 所有受试者统一食宿、统一运动、统一课余活动, 持续时间为 4 周。

1.2.4.1 运动项目的选择与确定

据李蕾等^[6]研究发现, 缺乏体力活动者的体脂百分比与有氧运动能力指标呈负相关, 即随着肥胖程度的增加, 运动能力逐渐受到限制。对于不同肥胖程度的受试者, 本研究选择不同运动强度、不同持续时间、不同运动项目的运动方式。同时会注意不同运动项目的结合, 以增加运动的趣味性, 进而提高受试者运动参与的积极性。本研究选择以强度小、持续时间较长的运动项目为主, 如游泳、有氧操、快走、乒乓球、羽毛球、体育游戏等。

1.2.4.2 运动强度的确定

参照王正珍等^[7]和李海燕等^[8]研究, 根据肥胖青少年的健康检查和运动负荷实验结果确定运动强度。而运动强度的监控则由心率储备 (心率储备 = 最高心率 - 安静心率) 的 20%~40% 所界定。然后再根据研究对象年龄和运动负荷试验结果确定不同受试者的中低运动强度范围。运动强度监控人员使用 polar 表对受试者实施全程的运动心率变化监测, 严格控制受试者在靶心率范围内运动, 确保整个运动过程的运动强度属于中低强度, 以最大效果动员体内脂肪的分解供能。按照“刺激—适应”生物学规律, 在受试者运动减肥适应一段时间后, 本研究会根据实际情况, 重新进行运动负荷实验, 再次设定适应的运动强度, 确保运动减肥的每一个阶段的运动负荷量都跟受试者实际的身体适应能力相匹配, 以达到最佳减脂效果。

1.2.4.3 运动持续时间

受试者每天早晨 6 点半起床, 进行 45 min 的晨练; 上午和下午分别进行 1.5~2 h 的运动训练, 根据循序渐进的原则, 时间由短至长。关于运动前的准备活动 (10~15 min) 以及运动结束后的整理活动 (5~10 min), 严格按照李海燕、郭吟等推荐程序^[8, 9]进行。同时在运动过程中安排适当的休息, 督促受试者少量多次饮水。此外, 运动过程中供应富含钠、钾、镁等离子的专门配制的运动饮料。运动减肥具体操作流程按照郭吟等^[10]建议的程序进行。



1.2.4.4 饮食控制

通过对受试者性别、年龄和体重等,进行基础代谢率的推算,并参考其正常体重时的基础代谢率,然后计算出受试者每天的能量需求,结合专业营养师制订的个性化运动减肥饮食方案,保证个体每日的热量和营养物质的供给。其中碳水化合物、蛋白质和脂肪三者的供能比例参考吴光驰^[11]的研究,三大营养物质碳水化合物、脂肪和蛋白质的供应比例分别约占总能量的55%~65%、10%~15%和20%~35%,并确保各种维生素、矿物质和微量元素的需求。一日三餐的热量比例是3:4:3。基础代谢率使用体表面积进行计算,公式采用我国赵松1984年提出的适合中国人体表面积计算的公式,即体表面积(m^2)= $0.00659 \times$ 身高(cm)+ $0.0126 \times$ 体重(kg)- 0.1603 。根据算得的体表面积,再按年龄、性别查常数表计算基础代谢率。人体基础代谢率见表2。

1.3 统计学分析

采用SPSS17.0软件包处理数据,4周训练前后的数据进行配对T检验。数据以均数±标准差($X \pm Sd$)表示。指标间的相关性采用线性相关分析, $P < 0.05$ 表示变化具有显著性统计学意义, $P < 0.01$ 表示变化具有非常显著性意义。

表3 4周训练前后体重、体脂和BMI的变化

Table III Changes of Body Weight, Body Fat and BMI before and after the 4-week Exercise

指标	4周训练前		4周训练后	
	男性	女性	男性	女性
体重/kg	114.4±8.2	92.7±6.8	97.2±7.8**	81.4±6.2**
BMI/($kg \cdot m^{-2}$)	38.9±3.1	35.5±2.8	33.08±2.9**	31.1±2.4**
体脂率/%	41.4±5.8	38.1±2.4	33.12±3.6**	32.0±2.8**

注:与4周训练前比较,*表示 $P < 0.05$,**表示 $P < 0.01$

2.2 4周训练前后空腹血脂、LPL活性的变化

如表4所示,经过4周训练后,受试者空腹TG、TC和LDL均有非常显著的下降($P < 0.01$)。HDL水平变化无统计学差异性。空腹血清LPL的活性明显提高,差别具有

表2 人体基础代谢率常数表(9~19岁)

Table II Constant Table of the Basal Metabolic Rate of Human Body (9-19 Years Old)

年龄/岁	男		女	
	KJ/ m^2	Kcal/ m^2	KJ/ m^2	Kcal/ m^2
9	189.9	45.2	179.1	42.8
11	179.9	43.0	175.7	42.0
13	177.0	42.3	168.6	40.3
15	174.9	41.8	158.8	37.9
17	170.7	40.8	151.9	36.3
19	164.0	39.2	148.5	35.5

2 结果

2.1 4周训练前后体重、体脂率、BMI的变化

受试者经过4周中低强度有氧运动锻炼后,无论男性还是女性,其体重、体脂率和BMI均较减肥前显著下降($P < 0.01$)。其中,男性肥胖者体重、BMI和体脂率下降幅度比女性较大,但无差异性($P > 0.05$) (见表3)。

显著的统计学意义($P < 0.01$)。其中,男性、女性肥胖者TG含量分别下降了39%和40% ($P > 0.05$),TC含量分别下降了19%和17% ($P > 0.05$),LDL含量分别下降了44%和30% ($p < 0.05$),男性、女性LPL活性分别较运动前增长了47%和17%,但男性与女性比较无统计学意义($P > 0.05$)。

表4 运动减肥前后血脂四项及LPL活性的变化

Table IV Changes of the Four Items of Blood Lipid and the Activity of LPL before and after the Exercise for Losing Weight

指标	4周训练前		4周训练后	
	男性	女性	男性	女性
TG/($mmol \cdot L^{-1}$)	1.93±0.34	1.56±0.21	1.18±0.11**	0.94±0.12**
TC/($mmol \cdot L^{-1}$)	5.65±0.31	4.86±0.18	4.55±0.19**	4.04±0.17**
HDL/($mmol \cdot L^{-1}$)	1.24±0.08	1.34±0.09	1.12±0.06	1.16±0.05
LDL/($mmol \cdot L^{-1}$)	3.87±0.15	3.15±0.14	2.17±0.16**	2.21±0.19**
LPL活性/($U \cdot L^{-1}$)	467.53±69.76	486.19±38.77	686.48±82.34*	568.25±78.28*

注:与4周训练前比较,*表示 $p < 0.05$,**表示 $p < 0.01$ 。指标正常范围参考值: TG: < 1.70 , TC: < 5.2 , HDL: > 0.91 , LDL: < 3.12 , LPL: 25~800U/L



3 讨论

3.1 4周有氧运动减肥对肥胖青少年身体形态的影响

体重、体脂率和 BMI 是评价肥胖程度与减肥效果最常用的指标^[10]。经过 4 周中低强度有氧运动减肥,肥胖青少年男性体重和 BMI 均下降了 15%,女性下降 12%,男性体脂率下降了 21%,女性体脂率下降了 16%,但经分析,这些指标水平的变化并不存在性别差异性。提示,有氧运动能有效促进肥胖青少年脂肪的动员和分解,增强骨骼肌对体内游离脂肪酸的摄取和利用,最终引起脂肪含量、BMI 和体重的降低。运动强度的设定,主要根据入营时的体格检查和运动负荷试验结果,既要考虑受试者对运动的安全承受能力,又要考虑运动中最大脂肪供能的比例。因此,目标心率控制在心率储备的 20%~40%^[9],相当于 50%~70% 最大摄氧量、50%~63% 最大心率,也就是中低运动强度。Delany^[12] 研究也指出,50%~70% 最大摄氧量的中等强度运动是脂肪氧化的最佳状态,大强度运动的脂肪酸氧化速率将会受到限制,供能物质将会由脂肪向糖类转变。但 Major 等^[13] 研究结果表明,大强度间歇运动减肥效果比中低强度要好,尽管在大强度运动过程中很少利用脂肪氧化提供能量,但基于大强度运动后,基础代谢率会升高,导致机体额外能量的消耗增加,约为中、低强度运动的 9 倍。同时,大强度运动会募集更多的快肌纤维参与骨骼肌收缩,启动机体以肌糖原供能为主的无氧代谢系统,导致大量乳酸的产生,严重阻碍脂肪的分解与利用。所以,目前我们的研究均采用 20%~40% 心率储备的中等强度持续运动法,已取得较为显著的减肥效果^[14]。中低强度有氧运动过程中脂肪酸的有氧氧化是运动中骨骼肌的主要能量供应方式,而且中小强度有氧运动由于提高了 LPL 的活性,使安静状态下机体的能量供应中脂肪供能的比例也会相应提高。

3.2 4周有氧运动减肥对肥胖青少年血脂的影响

血浆中的脂类统称为血脂,其含量仅占全身脂类总量的极小一部分,但外源性和内源性物质均需要经过血液运转于各组织之间。所以,血脂含量能够反映机体脂类代谢的情况。肥胖患者脂代谢异常,主要表现在 TG、TC、LDL 水平升高, HDL 含量下降,进而出现一系列内分泌紊乱等疾病,严重影响肥胖青少年的身心健康。本研究中,经过 4 周中小强度有氧运动减肥,男性、女性肥胖者 TG 含量分别下降了 39% 和 40%, TC 含量分别下降了 19% 和 17%, LDL 含量分别下降了 44% 和 30%, HDL 水平虽无明显变化,但也说明了有氧运动对肥胖患者血脂代谢的紊乱状态起到了一定的改善作用,这对预防肥胖的继续发展,以及对接下来减重、减脂,都具有促进作用。本研究结果与晋娜、郭吟等人研究一致,4 周有氧运动结合饮食控制可以有效改善肥胖青少年身体形态、脂代谢紊乱和胰岛素抵抗等,预防代谢综合症的发生发展^[10, 15, 16]。至于运动能够促进肥胖患者血脂改善的原因,研究指出适当强度和持续时间的运动锻炼,改善了血脂结构,促使脂质代谢恢复正常。同时,运动也会提高脂代谢相关酶活性或含量以及与脂代谢相关受体的表达,加速脂质的运转、分解和排泄^[17]。

3.3 4周有氧运动减肥对肥胖青少年血清 LPL 的影响

流行病学研究表明, TG 含量过高是导致动脉粥样硬化发生、发展的独立危险因素,也是引发肥胖患者冠心病发作的重要诱因。LPL 是降解 TG 的限速酶,主要由骨骼肌细胞和脂肪细胞合成和分泌,它对体内多余 TG 的清除至关重要^[18],但是运动对 LPL 活性的影响主要在骨骼肌细胞。早在 1995 年 Seip 等^[19] 就指出,运动诱导人类 LPL 基因表达主要存在于骨骼肌中,而非脂肪细胞。4 周中小强度运动结合适当饮食控制,明显提高了肥胖青少年空腹血清 LPL 活性,约为运动减肥前的 17%~47%,这对运动过程中脂肪直接参与供能十分必要,也提示运动过程中骨骼肌细胞利用了大量的脂肪作为能量来源参与收缩运动。关于运动增加 LPL 活性或数量的机制,可能是由于运动增强了人体交感神经的兴奋性,抑制胰岛素的分泌,进而提高 LPL 含量或活性^[20]。同时甲状腺激素和糖皮质激素对 LPL 的消除也至关重要,运动也可能通过对这些激素的调控来调节 LPL 活性^[18]。本研究结果提示,中低强度有氧运动显著提高 LPL 活性,这对加速肌细胞中脂肪酸的氧化具有明显的促进作用,为 4 周以后的继续控体重、减体脂奠定了理论基础。已有报道认为,肥胖青少年尤其是中、重度肥胖青少年已经存在比较严重的脂肪肝,肥胖青少年的脂肪肝形成与血液中高 TG 含量直接有关^[21],LPL 的活性升高,对机体利用血液 TG 所分解的游离脂肪酸(FFA)提供了有利条件,使血液的 TG 含量下降,从而对缓解脂肪肝的程度起到重要作用。

4 结论

4.1 4 周中低强度长时间有氧运动结合适当饮食控制可以有效降低肥胖青少年体脂率,改善身体形态,中度肥胖青少年 4 周减体重在 12%~15% 之间。

4.2 4 周中低强度长时间有氧运动结合适当饮食控制明显降低肥胖青少年血清甘油三酯、总胆固醇和低密度脂蛋白,改善血脂代谢紊乱,对降低代谢综合症的发病具有一定作用。

4.3 4 周中低强度长时间有氧运动结合适当饮食控制可以提高肥胖青少年空腹血清 LPL 的活性,提高有氧运动过程中脂肪供能能力,使安静状态下机体的能量供应中,脂肪供能的比例也会相应提高。此外,血清 LPL 的活性的提高,对加速肌细胞中脂肪酸的氧化具有明显的促进作用,为 4 周以后的继续控体重、减体脂奠定了理论基础。

参考文献:

- [1] 戎芬.出生体重与环境因素对儿童青少年超重肥胖影响的队列研究[D].上海:复旦大学,2012
- [2] 林云,陈文鹤.肥胖症与动脉粥样硬化的关系研究进展[J].上海体育学院学报,2011,35(5):52-56



- [3] 陈宇.体操成绩处理系统设计与实现[J].哈尔滨理工大学学报,2008,13(4):54-57.
- [4] 贵州省体育科学学会课题组.体操竞赛成绩处理系统-它的设计原则、系统结构和主要功能[J].贵州体育科技,1990,23(4):24-28.
- [5] 金考生.体操比赛成绩处理的微电脑化[J].浙江体育科学,1985,3:108-116.
- [6] 王菁,赵元庆.UML建模设计与分析标准教程:2013-2015版[M].北京:清华大学出版社,2013.
- [7] 刘敏莺,杨丽,文学义. Rational Rose 2003基础教程[M].冶金工业出版社,2005.
- [8] 王乐军,龚铭新,黄勇,等.运动生物力学多参数同步测试系统的研究与开发[J].中国体育科技,2009,45(4):125-126.
- [9] 刘秋立.体育竞赛计时计分(T&S)系统通讯应用[J].体育科技文献通报,2010,18(11):123-126.
- [10] 徐华,王长青,王殿升.体操裁判员评分监测系统研究[J].中国体育科技,
- [11] 王俊生,崔英波.第6届亚洲冬季运动会单板U型场地滑雪比赛计算机评分系统的研制与应用[J].哈尔滨体育学院学报,2007,25(4):10-14.
- [12] 吴吉,徐美华,颜晓斌,等.棒球比赛计分系统[J].电子技术,2005,4:19-21.
- [13] 蒋吉明,罗晓彬,查晶晶.基于AT89C51和数据库技术的多功能评分系统的设计与实现[J].南京师范大学学报(工程技术版),2005,5(4):49-52.

(责任编辑:何聪)

(上接第51页)

- [3] Duncan GE, Perri MG, Theriaque DW, et al. (2003). Exercise training, without weight loss, increase insulin sensitivity and postheparin plasma lipase activity in previously sedentary adults[J]. *Diabetes Care*, 26(3):557-62
- [4] 张勇,李之俊.训练者和无训练者脂肪氧化动力学与最大脂肪氧化强度研究[J].体育科学,2013,33(2):61-68
- [5] 许汪宇,沈勋章,陈文鹤.中低强度有氧运动结合饮食控制对肥胖青少年血脂和肝脏功能的影响[J].中国运动医学杂志,2011,(8):706-711
- [6] 李蕾,戚一峰,郭黎,等.运动减肥中运动强度确定依据的实验研究[J].上海体育学院学报,2006,30(4):50-53
- [7] 王正珍,田野.运动负荷试验和健身锻炼前的危险评价及防范措施[J].中国运动医学杂志,2005,24(3):374-376
- [8] 李海燕,陈佩杰,庄洁.11-16岁肥胖青少年体力活动耗氧量推算方法实验研究[J].中国运动医学杂志,2010,29(2):217-220
- [9] 郭吟,陈文鹤.肥胖症与运动减肥效果的影响因素[J].上海体育学院学报,2010,34(3):64-66
- [10] 郭吟,陈佩杰,陈文鹤.4周有氧运动对肥胖儿童青少年身体形态、血脂和血糖胰岛素的影响[J].中国运动医学杂志,2011,30(5):426-431
- [11] 吴光驰.少年儿童肥胖与膳食营养[J].中国食物与营养,1997,(1):29-32
- [12] Delany JP. (1998). The role of energy expenditure in the development of obesity[J].*Am J Clin Nutr*,68(4):950-955
- [13] Major GC, Piché ME, Bergeron J, et al.(2005). Energy expenditure from physical activity and the metabolic risk profile at menopause[J]. *Med Sci Sports Exerc*. 37(2):204-212
- [14] 陈文鹤.运动减肥对肥胖症患者健康的促进作用[J].体育科研,2013,34(1):33-38.
- [15] 晋娜,陈文鹤.有氧运动结合饮食控制对重度肥胖症患者身体形态、血脂和心率的影响[J].中国康复医学杂志,2012,27(11):1049-1052
- [16] 郭吟,肖焕禹,王业玲,等.运动干预对肥胖老年女性身体形态和血脂的影响[J].上海体育学院学报,2011,35(5):42-45
- [17] Durstine JL, Grandjean PW, Davis PG. (2001). Blood lipid and lipoprotein adaptations to exercise[J]. *Sport Medicine*,31(12):1033-1062
- [18] 田国平,陈五军,何平平,等.脂蛋白酯酶研究进展及对动脉粥样硬化的影响[J].生理科学进展,2012,43(5):345-350
- [19] Seip RL, Angelopoulos TJ, Semenkovich CF. (1995). Exercise induce human lipoprotein lipase gene expression in skeletal muscle but not adipose tissue[J].*AIP-Endo*,268(2):229-236
- [20] Aellen R, Hollmann W, Boutellier U. (1993). Effects of aerobic and anaerobic training on plasma lipoproteins[J]. *Int J Sports Med*, 14(7):396-400
- [21] 晋娜,陈文鹤.中小强度有氧运动对肥胖症患者脂肪肝的影响[J].上海体育学院学报,2012,(6):58-61

(责任编辑:何聪)