

12 周神经肌肉电刺激训练改善肥胖 中年女性代谢风险的研究*

黄力平¹ 王勇军^{1,2} 田 强¹ 章礼勤¹ 于诗情¹ 曹龙军¹

摘要 目的:观察 12 周经皮神经肌肉电刺激训练结合减肥教育对腹部肥胖中年女性血液代谢指标的影响,为探索降低腹部肥胖者代谢风险方法提供实验依据。**方法:**选取腹部肥胖中年女性受试者 30 例,随机分为实验组和对照组,每组各 15 例。实验组受试者每天进行 30min 腹直肌神经肌肉电刺激训练(30Hz、300 μ s,通断比为 1:3),刺激强度为 10—20mA,持续 12 周。对所有受试者每周进行减肥康复教育 1 次。**结果:**①与对照组相比,训练后实验组体重、BMI、腰围和臀围显著降低($P<0.05$);腹内脂肪厚度显著减少($P<0.05$),腹直肌肉厚度显著性增加($P<0.05$)。②实验前后比较,实验组血清 TG、INS、LEP 水平和 IRI 都有显著性降低($P<0.01, P<0.001$)。③与对照组相比,训练后实验组血清 CHO、LDL、TG、GLU 水平下降显著($P<0.05$),HDL 变化不明显($P>0.05$);血清 INS、LEP 水平及 IRI 显著降低($P<0.05$)。**结论:**12 周经皮神经肌肉电刺激训练结合减肥教育显著改善腹部肥胖中年女性的机体代谢,正性调节血糖、血脂,减轻胰岛素抵抗和瘦素抵抗,效果优于单纯减肥教育。

关键词 神经肌肉电刺激; 单纯腹部肥胖; 胰岛素; 瘦素

中图分类号:R454.1,R49 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2008)-06-0487-04

Twelve weeks training with neuromuscular electrical stimulation on abdominal region for improving the metabolic risks in middle-aged women with simple abdominal obesity/HUANG Liping, WANG Yongjun, TIAN Qiang, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2008, 23(6):487—490

Abstract Objective:To investigate the metabolic profile improvements after 12 weeks neuromuscular electrical stimulation training on abdomens of women with simple abdominal obesity.**Method:**Thirty women with simple abdominal obesity, 50 $\pm$ 5.88 (40—60) years old, volunteered to participate in the experiment after health screening and medical examination. The participants were randomly divided into training group(15 subjects) and control group (15 subjects). The training group was given neuromuscular electrical stimulating training on rectus-abdominis muscles around umbilicus for 12 weeks, which protocol was 30min a day with frequency 30Hz, wave width 300 μ s, on and off ratio 1:3, intensity 10—20mA. Both groups took part in rehabilitation education for body weight control once a week. **Result:** ①Training group showed a lower BW, BMI, WC and HC than those in control group($P<0.05$) after the program. Training group had thinner visceral fat thickness ($P<0.05$) and greater rectus-abdominis muscle thickness ($P<0.05$) measured by ultrasonography than those in control group after 12 weeks intervention. The subcutaneous fat thickness didn't significantly change after intervention in both groups ($P>0.05$). ② The serum TG, insulin, leptin and IRI in training group reduced significantly reduced when 12 weeks intervention finished ($P<0.01, P<0.001$). Those blood lipids profile didn't change significantly in control group after 12 weeks intervention($P>0.05$). ③The serum CHO, LDL, TG, and GLU levels reduced significantly in training group than those in control group($P<0.05$). The serum insulin, leptin levels, insulin resistance index decreased significantly in training group compared with those in control group ($P<0.05$). **Conclusion:**The serum glucose, lipids, insulin resistance and leptin resistance decreased significantly after 12 weeks electrical stimulation program the women suffered from abdominal obesity, while the rehabilitation education only for weight control didn't result in significant change. The underlying mechanism was probably due to reduction of visceral fat.

Author's address Dept. of Health & Exercises Science, Tianjin University of Sport, Tianjin, 300381

Key words neuromuscular electrical stimulation; simple abdominal obesity; insulin; leptin

腹部肥胖指脂肪组织主要集中在人体腹腔脏器周围(肠系膜、大网膜)。大量流行病学调查表明,腹部肥胖与代谢综合征密切相关,并且是冠心病的主要危险因素,因此,是肥胖防治的重点^[1]。腰围是确定腹部肥胖最简便、有效的指标,WHO 判断腹部肥胖

* 基金项目:天津市自然科学基金支持(05YFJMJC05400)

1 天津体育学院运动人体科学系,天津,300381

2 山东省泰安市泰安中心医院康复科

作者简介:黄力平,女,博士,教授

收稿日期:2008-01-08

的标准是女性腰围超过 88cm, 男性大于 100cm 的肥胖者, 此时相关疾病的危险性就会显著性增加^[2]。研究显示, 腹内脂肪量增加者比腹部皮下脂肪多者患代谢综合征和冠心病的危险性更大^[3-4]。因此, 控制和减少腹部肥胖对降低肥胖者的健康风险具有更重要的意义。前期研究发现^[5], 经皮神经肌肉电刺激可以减少腹内脂肪, 本研究拟以单纯性腹部肥胖的中年女性为研究对象, 进行为期 12 周的经皮神经肌肉电刺激训练和定期减肥教育指导, 进一步观察长期神经肌肉电刺激训练结合减肥康复教育, 能否改善中年女性的机体代谢, 降低健康风险, 从而为进一步探索新的减肥方法提供依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象

通过自愿报名, 募集受试者, 签订知情同意协议书, 经临床医师做常规体格检查和填写调查问卷后, 排除病理性肥胖、重大疾病、服用影响糖脂代谢药物、6 个月内进行各种减肥治疗和有低频电治疗禁忌证者。根据《中国成人超重和肥胖症预防控制指南(试用)》^[6]以 BMI ≥ 28 为肥胖, 男性腰围 ≥ 85 cm 或女性腰围 ≥ 80 cm 视为腹部肥胖标准, 共选取单纯性女性腹部肥胖 46 例, 经筛选去除不符合实验要求者 16 例。参加实验的人数共为 30 例, 通过抽签随机分为实验组和对照组各 15 例, 实验结束后, 坚持完成实验的人数实验组为 13 例, 2 例由于时间关系中途退出实验。对照组为 14 例, 1 例未告知原因失去联系而退出实验。一般情况见表 1。

表 1 受试者一般情况 ($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	年龄(岁)	体重(kg)	身高(m)	BMI(kg/m ²)	腰围(cm)
实验组	13	49.5 $\pm$ 5.75	78.7 $\pm$ 9.08	1.6 $\pm$ 0.08	29.9 $\pm$ 2.75	96.9 $\pm$ 8.10
对照组	14	50.0 $\pm$ 2.75	73.8 $\pm$ 10.58	1.6 $\pm$ 0.07	29.8 $\pm$ 3.66	94.5 $\pm$ 7.24

实验组和对照组年龄、体重、身高、BMI、腰围分别比较差异无显著性 ($P>0.05$)

1.2 研究方法

1.2.1 低频电刺激训练方案: 使用电子神经肌肉刺激仪(广州公司)对实验组受试者进行训练, 用酒精常规消毒皮肤后, 把 4 个硅胶导电电极片 (5cm $\times$ 5cm) 放置在脐周腹直肌上。位置: 脐上电极(阴极)置于脐水平线上 3cm、脐正中线旁 2.0cm, 两电极片水平相距 4cm。脐下电极(阳极)置于脐水平线下 5cm、脐正中线旁 2.0cm, 两电极片水平相距 4cm, 上下电极片相距 8cm。刺激参数: 对称双相方波, 频率 30Hz, 波宽 300 μ s, 通断比 1:3, 调节并逐渐增加电流强度至受试者能耐受并无不适为止(10—20mA)。每天下午 4—6 点进行, 持续 30min, 1 次/d, 连续 12

周。注意电极片放置位置的皮肤完整、洁净、干爽, 无破溃和感染等。嘱受试者不要佩戴金属物品和通讯工具, 电极片专人专用。

1.2.2 减肥教育方案: 对两组受试者进行每周 1 次的减肥康复教育和指导, 内容包括什么是肥胖、肥胖的原因、危害及解决方法, 怎样进行饮食控制, 如何选择适宜的运动方案, 减肥失败的原因, 如何坚持减肥治疗等。要求所有受试者写实验开始后的前 3 周和邻近结束的前 3 周每天的饮食和运动日记, 每周检查、指导, 以保证两组受试者在实验期间控制饮食和运动活动保持一致。

1.2.3 测量方法与指标: 实验前后所有受试者在清晨、空腹, 按标准方法进行身高、体重、腰围、臀围、腰臀比测定^[7]; 抽取血标本进行血清葡萄糖(GLU)、血清总胆固醇(CHO)、高密度脂蛋白(HDL)、低密度脂蛋白(LDL)、甘油三酯(TG)、胰岛素(INS)、瘦素(LEP)测定。12 周训练结束后, 采用单盲方法用 B 型超声诊断仪(美国 GEL7 彩色超声仪)测量两组受试者腹部皮下脂肪厚度、内脏脂肪厚度和腹直肌厚度^[8]。血糖、血脂测定采用酶法, 试剂盒购于中生北控生物科技有限公司, LDL、HDL 和 GLU 试剂盒来自上海荣盛生物技术有限公司。INS 和 LEP 采用放射免疫测定(北京华英生物技术研究所以)。应用稳态模式评估法(HOMA-IR)计算胰岛素抵抗指数。

$$IRI=(GLU\times INS)/22.5。$$

1.3 统计学分析

所有数据用 SPSS13.0 统计软件处理, 以平均值和标准差表示, 实验组和对照组各组组内前后差异用配对 t 检验, 实验组和对照组之间差异用独立样本 t 检验, 检验水准: $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 长期神经肌肉电刺激训练显著降低中年女性腹部肥胖程度

见文献 5 相关数据。实验前后比较, 实验组 BMI、腰围、臀围有显著性降低($P<0.001$), 体重有下降趋势但无显著性差异($P>0.05$), 腰臀比(WHR)无变化($P>0.05$); 对照组各项形态指标无显著性变化($P>0.05$)。实验组与对照组实验前后差值比较, 实验组受试者体重、BMI、腰围、臀围显著大于对照组($P<0.05$), WHR 仍没有变化($P>0.05$); 实验后, 实验组腹内脂肪厚度显著低于对照组($P<0.05$), 腹直肌厚度显著高于对照组($P<0.05$), 腹部皮下脂肪厚度没有显著差别($P>0.05$)。说明训练后, 身体形态学及腹内脂肪量都发生了有益健康的变化。

2.2 长期神经肌肉电刺激训练显著降低腹部肥胖中年女性血糖、血脂水平

实验前后比较, 实验组血清 TG 比实验前非常显著性降低 ($P<0.01$), 两组血清 CHO、LDL、HDL 和血 GLU 都无显著性差异 ($P>0.05$), 对照组血清 TG 也无显著变化 ($P>0.05$)。对两组实验前后差值比较显示, CHO、LDL、TG 和 GLU 值在实验组降低的幅度均较对照组显著加大 ($P<0.05$), 因此表明, 经皮电刺激训练可以有效降低血糖和血脂水平。但两组 HDL 变化无显著差异 ($P>0.05$), 见表 2。

表 2 实验组和对照组实验前后

血糖、血脂的变化						($\bar{x} \pm s$, mmol/L)
实验组		对照组		实验组	对照组	
实验前	实验后	实验前	实验后	差值	差值	
CHO	5.3±0.06	5.0±0.51	4.6±0.72	4.7±0.75	0.3±0.07	0.09±0.71 ^②
HDL	2.0±0.02	2.2±0.70	1.7±0.41	1.9±0.37	0.14±0.22	0.22±0.12
LDL	2.7±0.02	2.5±0.41	2.4±0.46	2.3±0.50	0.23±0.14	0.14±0.21 ^②
TG	2.8±0.09	1.7±0.70 ^①	2.7±1.57	2.4±1.40	1.05±0.99	0.28±0.87 ^②
GLU	5.7±0.05	5.6±0.57	5.3±0.56	5.3±0.57	0.11±0.29	0.03±0.61 ^②

组内实验前后比较^① $P<0.01$, 组间实验前后差值比较^② $P<0.05$

组内实验前后比较^① $P<0.01$, 组间实验前后差值比较^② $P<0.05$

2.3 长期神经肌肉电刺激训练减轻腹部肥胖中年女性胰岛素抵抗和瘦素抵抗

实验前后相比, 实验组血清 INS、LEP 水平显著性降低 ($P<0.001$); 胰岛素抵抗指数 (IRI) 显著下降 ($P<0.001$); 对照组血清胰岛素、瘦素水平和 IRI 无显著性差异 ($P>0.05$)。实验前后差值比较, 实验组 INS、LEP 和 IRI 较对照组显著增大 ($P<0.05$), 表明单纯减肥康复教育本身改善胰岛素抵抗功效不足, 经皮电刺激训练降低胰岛素抵抗和瘦素抵抗的作用十分明显 (表 3)。

表 3 实验组与对照组实验前后血清胰岛素、瘦素和胰岛素抵抗变化

检测项目	实验组	对照组	实验组差值	对照组差值
$(\bar{x} \pm s)$				
胰岛素 (IU/ml)				
前	17.02±1.062	13.2±4.37	6.98±2.95 ^②	0.2±2.8
后	9.07±2.379 ^①	12.9±4.14		
瘦素 (ng/ml)				
前	14.96±0.271	15.1±2.542	5.33±1.09 ^②	0.47±1.2
后	9.53±1.106 ^①	14.7±1.682		
胰岛素抵抗指数 (IRI)				
前	4.3±1.11	3.06±1.30	2.1±0.64 ^②	0.14±1.17
后	2.2±0.71 ^①	2.82±1.15		

①组内实验前后比较 $P<0.001$, ②组间实验前后差值比较 $P<0.05$

3 讨论

腹部 CT 扫描和 B 型超声检测等方法区分腹部皮下和腹内脂肪较好的方法, 对中年白人女性研究发现, 超声测量的腹内脂肪 6.90cm 相当于 CT 检测的 130cm², 是腹部脂肪量与健康危险程度临界点^[9]。李浙成^[10]研究指出, 代谢综合征发病率随着腹内脂肪量的增加而增加, 经超声测量的腹部肥胖诊断代谢综合征的最佳切点值男性是 43.5mm, 女性是

23.8mm, 尽管他是测量腹直肌腱鞘内面到腹主动脉前壁的距离与我们测定到腹主动脉后壁的距离不同。但我们的受试者腹内脂肪厚度平均达 60mm, 即使加上腹主动脉直径, 也足以显示代谢综合征的风险很大。

依据国际糖尿病联盟 (IDF, 2005) 定义: 腰围 $\geq 90\text{cm}$ (男) 或 $\geq 80\text{cm}$ (女)、空腹血糖 $\geq 5.6\text{mmol/L}$, TG $\geq 1.7\text{mmol/L}$, HDL-C $\leq 1.03\text{mmol/L}$ (男) 或 $\leq 1.29\text{mmol/L}$ (女), 血压 $\geq 130/85\text{mmHg}$ 为代谢综合征, 腹部肥胖者同时伴有高血压、空腹血糖高、高 TG 和低 HDL4 项指标中任意 2 项即诊断为代谢综合征^[11]。根据这个标准, 本研究实验组受试者是具有代谢综合征的特征人群 (腹部肥胖、高 TG、高血糖), 对照组也具有高腰围和高 TG 表征。对美国男性白人研究显示, 腰围大加上高 TG ($>2\text{mmol/L}$) 是导致动脉粥样硬化性代谢“三联症 (空腹高胰岛素血症、载脂蛋白 B 水平增高和小而密 LDL 颗粒的比例增高)”特征和冠心病的危险人群, 患病风险较其他人高 20 倍^[1]。本研究中两组受试者不仅具有大腰围和高 TG, 而且血清胰岛素水平显著超出正常值范围 2—3 倍, 胰岛素抵抗指数高于正常值 (>2.8), 具有较高的冠心病患病危险。

本研究显示, 经 12 周皮电刺激训练腹部加减肥教育指导显著降低了受试者腰围、腹内脂肪量, 增加了腹直肌的厚度, 与此同时, 机体的代谢发生深刻变化, TG 明显降低, 有害胆固醇显著下降, 胰岛素减少, 胰岛素抵抗显著改善。是一种有效的抑制腹部脂肪积累、改善代谢、降低冠心病风险的训练方法。

田德润^[12]最近进行了神经电刺激减肥的探索研究, 在完全不控制饮食和不做运动的情况下, 单纯经皮神经电刺激穴位 12 周治疗可以减少超重和肥胖症成人体重平均 2kg, 降低量达体重的 2.78%, 停止治疗 4 周后, 体重反弹, 再经 15 周电刺激治疗体重再次降低平均 2.8kg, 降低量达体重的 3.9%, 说明经皮神经电刺激本身确实有减肥作用。他们所用刺激参数为: 频率: 2Hz, 脉宽: 600 μs , 双向方波, 耐受量: 8—20mA, 30min/次, 3 次/周。黄宝珠^[13]利用低频调制中频电刺激治疗腹部肥胖成年人 225 例, 参数为: 频率 (2kHz: 0.33—150Hz), 方波、梯形波和指数波交变波形, 30min/次, 1 次/d, 20d/疗程, 疗程间间隔 3—7d。结果平均体重降低 3kg, 或腹围减少 5cm 以上者达 126 人。国外研究显示^[14—15], 直接电刺激空肠肌肉收缩可以加快肠排空并减少脂肪的吸收, 直接电刺激胃壁神经肌肉可增加饱腹感、降低食欲, 使促食欲素 (ghrelin) 发生适应性变化。由此可见, 目前并没有一个成熟的电刺激减肥训练方案可供参考, 但治疗肥

胖的效应和理论基础是存在的,它不仅直接刺激胃肠运动,同时对抑制食欲和胃肠吸收产生影响。因此,我们根据正常应激的骨骼肌适宜刺激是30—50Hz,脉宽150—300 μ s,持续30min以上可以产生疲劳感,设定了本研究的局部减肥电刺激方案,通过调节通断比控制肌肉活动与疲劳的关系,结果产生了较好的腹部减肥和改善代谢的效果。

局部经皮神经肌肉电刺激训练改善机体代谢的机制还不清楚,观察发现它没有明显减少腹壁脂肪量,而是增加了腹直肌的厚度并降低了腹内脂肪量。这与有氧训练的结果是一致的,研究发现,规律的中、低强度持续有氧运动干预使肥胖者体脂百分比和内脏脂肪含量明显减少,内脏脂肪减少量相当于皮下脂肪减少量的2倍^[16]。提示不完全是运动本身减低了腹部脂肪量,而可能有其他的机制参与。本文结果可能是通过增加腹直肌的收缩促进了内脏的活动,加速了内脏周围脂肪的分解,减低了肠对脂肪的吸收,进而降低内脏脂肪量,腹直肌的持续性收缩及继发的腹肌力量增强是降低腹内脂肪的原动力。腹部肥胖导致代谢障碍的机制虽未完全明了,但共识是,过多的非酯化脂肪酸(free fatty acids,FFA)引发了一系列代谢障碍^[17],导致肝、肌胰岛素抵抗,内源性TG合成增加,血糖、血脂增高,尤其是致动脉硬化性小而密LDL增加,冠心病风险增高^[18],胰岛素增加又促进脂肪细胞脂肪合成和分泌瘦素,使瘦素水平升高,瘦素抵抗形成。研究显示,运动训练减少血浆FFA,降低胰岛素抵抗和瘦素抵抗^[19]。本研究局部经皮神经肌肉电刺激训练也产生了类似作用,是否为FFA降低所致,还需进一步研究证实。但本研究没有显著提高HDL的含量,是不同于有氧运动训练的,如果配合规律的有氧训练可能效果更好。

长期低频神经肌肉电刺激训练结合减肥教育指导,能够显著改善腹部肥胖中年女性的机体代谢,正性调节血糖、血脂,减轻胰岛素抵抗和瘦素抵抗,效果明显优于单纯减肥教育,机制可能与减少内脏脂肪有关。

参考文献

- [1] Després JP, Lemieux I, Homme DP. Treatment of obesity: need to focus on high risk abdominally obese patients[J]. BMJ, 2001, 322(7288):716—720.
- [2] Aroue LJ. Classification of obesity and assessment of obesity-

- related health risks[J]. Obes Res, 2002, 10(Suppl 2):105—115.
- [3] Wajchenberg BL. Subcutaneous and visceral adipose tissue: their relation to the metabolic syndrome [J]. Endocr Rev, 2000, 21(6): 697—738.
- [4] Liu KH, Chan YL, Chan WB, et al. Mesenteric fat thickness is an independent determinant of metabolic syndrome and identifies subjects with increased carotid intima-media thickness [J]. Diabetes Care, 2006, 29:379—384.
- [5] 王勇军,黄力平,田强,等.长期神经肌肉电刺激训练干预中年女性腹部肥胖的随机对照研究 [J]. 中国康复医学杂志, 2008, 23(1):26—29.
- [6] 陈春明,孔灵芝,主编.中国成人超重和肥胖症预防控制指南(试行). 国际生命科学学会中国办事处中国肥胖问题工作组出版.
- [7] 国家体育总局群体司, 国家国民体质监测中心. 2000年国民体质研究报告. 人民体育出版社出版发行. 第1版. 北京: 2003. 5—87, 188—213.
- [8] Armellini F, Zamboni M, Rigo L, et al. Sonography detection of small intraabdominal fat variations [J]. Int J Obes, 1991, 15(12):847—852
- [9] Ribeiro-Filho FF, Faria AN, Azjen S, et al. Methods of estimation of visceral fat: advantages of ultrasonography[J]. Obes Res, 2003, 11(12): 1488—1494.
- [10] 李浙成,胡智星,童跃峰,等. 超声测量的内脏脂肪厚度和代谢综合征的关系[J]. 中华高血压杂志, 2006, 14(11):874—878.
- [11] 祝之明. 代谢综合征的病因探索与临床实践[M]. 北京: 人民军医出版社, 2005. 8.
- [12] 田德润,李晓东,石玉顺,等. 经皮神经电刺激治疗超重和肥胖症的初步研究 [J]. 北京大学学报(医学版), 2003, 35(3):277—279.
- [13] 黄宝珠. 电脑中频电疗腹部治疗肥胖症 225 例[J]. 中国临床康复, 2004, 8(24): 5073—5077.
- [14] Shikora SA. Implantable gastric stimulation for weight loss[J]. J Gastrointest Surg, 2004, 8(4): 408—412.
- [15] Sun Y, Chen J. Intestinal electric stimulation decreases fat absorption in rats:therapeutic potential for obesity [J]. Obes Res, 2004, 12: 1235—1238.
- [16] Lynch NA, Nicklas BJ, Berman DM, et al. Reductions in visceral fat during weight loss and walking are associated with improvement in VO2max[J]. J Appl Physiol, 2001, 90(1): 99—104.
- [17] Boden G, Lebed B, Schatz M, et al. Effects of acute changes of plasma free fatty acids on intramyocellular fat content and Insulin resistance in healthy subjects [J]. Diabetes, 2001, 50: 1612—1617.
- [18] Rubins HB, Robins SJ, Collins D, et al. Diabetes, plasma insulin and cardiovascular disease.Subgroup analysis from the Department of Veterans Affairs,high density lipoprotein intervention trial (VA-HIT) [J]. Arch Intern Med, 2002, 162: 2597—2604.
- [19] Shojae-Moradie F, Baynes KC, Pentecost C, et al. Exercise training reduces fatty acid availability and improves the insulin sensitivity of glucose metabolism[J]. Diabetologia, 2007, 50(2): 404—413.