

单侧肢体电刺激训练对双侧肢体力量和表面肌电的影响*

于俊海¹ 周石² 黄力平^{3,4}

摘要

目的:运用表面肌电技术观察单侧肢体电刺激训练对双侧肢体力量和表面肌电(sEMG)的影响,为临床单侧肢体损伤、外科术后等引起的肌萎缩的康复治疗以及建立床边客观的训练效果评定方法提供依据。

方法:选择18—30岁未经专项体育训练的青年男性30例为实验对象,随机分为电刺激组,随意等长收缩组和对照组。采用重复等长收缩模式对右侧胫骨前肌进行6周的电刺激和随意力量训练。训练前后进行双侧肌肉力量和sEMG测试。

结果:电刺激组(右33.6%,左27.8%)和随意等长收缩组(右37.4%,左28.5%)训练侧和未训练侧的足背屈肌肉力量在训练后均有显著提高,与对照组(右1.3%,左0.8%)有显著性差异($P < 0.05$);随意等长收缩组(右100.4%,左59.4%)与电刺激组(右68.1%,左57.7%)双侧肌电平均振幅(AEMG)均有明显变化,并与对照组(右5.04%,左-4.07%)有显著性差异($P < 0.05$);肌肉不同等长用力和肌电振幅之间表现出非线性的关系,以指数 $y=43.762(9.584)$ 分布。

结论:6周单侧肢体电刺激训练和随意等长收缩训练不仅能够明显的提高训练侧的肢体力量,亦能提高对侧未受训练肢体的肌肉力量;训练导致的力量增长与使用表面肌电观察到的AEMG的变化有关;肌肉力量和肌电振幅之间表现出非线性的关系,可以利用肌电振幅与相对力量的关系($y=43.762(9.584)$),在力量测试中评估受试者的用力程度,为临床康复训练提供理论依据和测试评价手段。

关键词 肌肉电刺激;表面肌电图;随意等长收缩

中图分类号:R454.1 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2013)-03-0209-06

Bilateral effects of unilateral electromyostimulation training on strength and surface myoelectric signal/YU Junhai, ZHOU Shi, HUANG Liping//Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2013, 28(3): 209—214

Abstract

Objective: To investigate the bilateral effects of unilateral electromyostimulation(EMS) training on muscle strength and surface myoelectric signal by surface electro myogram(sEMG) technique.

Method: Thirty healthy male volunteers, aged 18—30 years, were randomly assigned into three groups (n=10 each): EMS group, voluntary isometric contraction (VIM) group, and control (CON) group. The patients of EMS and VIM groups were trained the right legs, 3 sessions per week for 6 weeks. All groups were tested for muscle strength and sEMG pre- and post-training period.

Result: Repeated measures ANOVA with Bonferroni adjustment revealed significant increase ($P < 0.05$) in dorsiflexion maximal voluntary contraction(MVC) of both legs in both EMS group(33.6% on the right leg, 27.8% on the left) and VIM group(37.4%, 28.5%), while CON group showed no significant increase (1.3%, 0.8%, respectively). The average amplitude of electromyogram(AEMG) improved significantly in both limbs of EMS group ($P < 0.05$; right 68.1%, left 57.7%) and in VIM group(100.4%, 59.4%), CON group(5.04%, -4.07%) ($P > 0.05$), respectively.

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2013.03.004

*基金项目:天津市科技发展计划项目(05YFGDSF02100)

1 陕西省体育科学研究所,西安,710065; 2 澳大利亚南十字星大学; 3 天津体育学院; 4 通讯作者
作者简介:于俊海,男,硕士,助理研究员; 收稿日期:2012-09-19

There was non-linear relationship between muscle strength and amplitude of surface myoelectric signal during isometric contraction, $y=43.762(9.584)^x$.

Conclusion:The results indicated that unilateral EMS and voluntary isometric training could significantly improve muscular strength not only in the exercised legs, but also in the contralateral limbs. The results also indicated that the increased AEMG was responsible for much of the improved strength. A non-linear relationship between muscle strength and sEMG amplitude, could probably use to assess subjects' exertion test for clinical rehabilitation.

Author's address Shaanxi Institute of Sport Science, Xi'an, Shanxi Province, 710065

Key word eletromyostimulation; surface electromyogram; voluntary isometric contraction

肌肉电刺激和随意等长收缩训练都是增长肌肉力量和促进康复的有效方法^[1-2]。而在临床上有许多患者如患肢骨折固定、患肢创伤皮肤严重损毁、缺血性脑卒中早期等,不能直接对患侧进行训练,而对健侧肢体进行肌肉电刺激或随意等长收缩训练,是否对患侧肢体发挥作用,缺乏临床实验证明。并且,如何有效地评定治疗效果也未有明确的报道。同时,在临床康复中,对于肌肉力量检测、肌力分级评价等方法的使用上还存在检测效度的主观性、结果难以精确定量等问题^[3]。而表面肌电图(surface electromyogram, sEMG)是神经肌肉系统在进行随意和非随意性活动时的生物电变化经表面电极引导、放大、显示和记录所获得的一维电压时间序列信号^[3-4]。在控制良好的条件下, sEMG 信号活动的变化在很大程度上能够定量反映肌肉活动的肌肉力量水平、多肌群协调性以及中枢控制特征等变化规律^[5],因而对于康复医学临床和基础研究等具有重要意义。

在临床康复中,由于偏瘫或其他伤病的患者,在入院早期意识和身体状况较差,肢体不能随意活动以及不宜采用最大用力,难以主动配合力量训练和测试,故可以利用 sEMG 在某些情况下测试患肢肌肉力量的潜力。同时,应用健侧电刺激治疗影响患侧肢体,以及建立床边客观的训练效果评定方法具有重要的临床意义。本研究通过运用 sEMG 技术观察单侧肢体电刺激和随意等长收缩训练对双侧肢体力量和 sEMG 的影响,为临床单侧肢体损伤,外科手术等引起的肌萎缩的康复治疗以及建立客观的功能测试评价手段提供理论依据。

1 实验对象及方法

1.1 研究对象

以 30 例青年男性大学生为研究对象,平均年龄

(20.96 ± 1.65)岁,未经专项体育训练,过去均没有专业体育训练史,身体健康,无神经系统疾病、骨骼肌肉伤病、心脏病史。实验对象对本实验的研究目的和基本要求均能充分理解,自愿参加实验研究并签署知情同意书。实验对象被随机分为 3 组:肌肉电刺激组(electromyostimulation, EMS 组),随意等长收缩组(voluntary isometric contraction, VIM 组),对照组(CON 组),每组 10 人。

1.2 实验方案

实验为期 6 周,训练组每周训练 3 次,每次 3—5 组,隔日进行,周日休息。对照组保持日常生活和正常学习安排,期间不参加剧烈体育活动。训练前后各组进行肌肉力量和 sEMG 的测试。

肌肉训练模式:训练肌肉为右侧胫骨前肌。训练采用重复等长收缩模式。

1.2.1 肌肉训练方法:EMS 组:在运动训练开始前,受试者先进行约 1min 的踝关节屈伸运动作为准备活动,取仰卧位,再将其足关节置于自制踝关节肌力测试装置上,固定于 105° (相对于解剖零位跖屈 15° ,解剖零位为腓骨长轴与足底成 90° 的状态),使其胫骨前肌收缩形式限定于等长性,非弹性绑带固定,另一腿自然放松,伸直放于一侧。然后先进行每次 3—5s 的最大足背屈运动,重复 3 次,每次间隔 1min 的休息时间,并给予口头鼓励。记录其中最大随意等长收缩力量(maximal voluntary contraction, MVC)。之后,将一对附有自粘式导电胶的表面刺激电极分别置于受试者右腿胫骨前肌肌腹上,阴极置于运动点处,阳极距离阴极下 2cm。训练时,采用英国产 DIGITIMER DS7AH 型电刺激仪,刺激的频率为 50Hz,脉宽为 200us,电流强度设置为可诱发相当于 60%—70% MVC 的力量(逐步递增)。每次收缩经由 Medlab 多道生物信号采集系统(中国南京美

易科技有限公司生产)触发给予电刺激使肌肉收缩持续5s,然后休息10s,每组8次,组间休息1min。训练中,第一周进行3组,共24次;第二周递增到4组,共32次;第三周递增到5组,共40次;以后第四、五、六周均保持5组,共进行40次EMS等长收缩,每次训练时间约为15—20min。

VIM组:在运动训练开始前,测定MVC的步骤与EMS组相同。训练中,第一周进行3组,共24次;第2周递增到4组,共32次;第三周递增到5组,共40次;以后第四、五、六周均保持5组,每组8次,共40次的随意等长收缩训练,强度定为60%—70% MVC(逐步递增),在每组收缩训练中要求受试者保持达到力量水平,并维持5s,休息10s,组间休息1min。每次训练时间约为15—20min。

以上各组受试者在训练后均进行1min的屈伸踝关节放松运动。

1.2.2 肌肉力量测试:采用美国NORM公司生产Cybex等速测力系统上进行等长肌肉力量的测试。力学指标在采集之前48h内,嘱受试者不能进行力竭性的运动,以避免疲劳的影响。

等长力值:取与力量练习时一致身体姿势固定值, Cybex在相对于解剖零位跖屈15°的位置,取踝关节背屈时最大等长力值,进行3次最大用力测试,每次保持3—5s,期间休息1min,取其最大一次力矩值为最大等长力值(MVC)。测量结果为力矩值(Nm),采样频率为100Hz,由于每一个受试者的身体形态,下肢长度不同,每个人测试的固定身体位置的参数数值设定前后保持一致。

1.2.3 sEMG的测试:采用美国NORAXON公司生产的TeleMyo2400T型表面肌电图遥测系统,分别测定实验前后两侧胫骨前肌不同程度等长用力时相应的肌电信号变化,测试指标为肌电平均振幅(average amplitude of EMG, AEMG)。用力程度分别设定为10%、20%、40%、60%、80%和100%最大值(max)。先进行最大用力测试,并同步采集最大用力时的肌电变化(100% max)。然后由最大等长力值推导出各力量水平,受试者在Cybex等速测力系统的电脑屏幕上可以同步看到不断变化的力量曲线并依靠视觉反馈来保持用力水平。分别采集上述力值时的肌电信号。测试时每一个水平的用力保持3—5s,每

变换一次用力程度,休息1min,按摩胫骨前肌,待疲劳消除后进行下一个力的肌电采集,依次完成各个用力水平等长力值的肌电信号采集。

测试部位:双侧胫骨前肌,踝关节抗阻背屈时胫骨外侧1cm肌肉隆起最高点。局部皮肤处理:刮除体毛清洁皮肤,专用细砂纸打磨角质层,然后用酒精棉球擦拭,保证测试部位皮肤电阻值小于5kΩ。电极贴放:以肌肉定位点为中心,沿肌肉纤维走行方向贴放,两电极间距2cm;无关电极位于右侧胫骨前肌外侧3cm处^[6]。为了保证实验前后贴电极片处位置一致,在训练前测试时取半透明纸在胫骨前肌贴电极片处用笔做描绘性标记,标记出电极片位置,在训练后测试时覆盖标记纸,贴覆电极片,确保前后电极位置一致。采集完毕使用蛇油膏敷于局部,防止感染。采样频率为3000Hz。原始表面肌电图信号利用软件自带的信号处理(signal processing menu)中的全波整流(full-wave rectification)及平滑(smoothing)功能进行处理,利用软件自携标准表面肌电图报告(standard EMG report)分别进行AEMG数据的处理及导出。

3组受试者均在6周训练期前、后做以上测试,并保证测试在一天当中的同一个时间段内进行,以控制生物节律可能造成的影响。

1.3 统计学分析

使用SPSS 17.0统计学软件进行数据处理分析,采用多因素方差分析的多重检验方法检验实验训练前后、左右两侧腿之间、三组之间各项指标,应用post-hoc及采用校正最小显著性分析比较平均值,显著性水平定为 $P < 0.05$ 。MVC与AEMG变化的相关采用Pearson相关分析。

Cybex测试系统测试的肌肉力量值为等长力值力矩(Nm),其力量增长以增长百分比来表示,计算方法为(实验后力值-实验前力值)/实验前力值×100%,对实验前后差值进行多因素方差分析的多重分析检验方法处理。对实验前后各组两侧胫骨前肌不同程度等长用力分别与相应肌电平均振幅进行相关回归分析。

2 结果

2.1 肌肉力量变化

经过6周的训练后,EMS组和VIM组的训练侧肢体在实验后测试MVC均有显著提高,与实验前比较差异具有显著性($P < 0.001$),而对照组实验前后差异无显著性($P > 0.05$);EMS组和VIM组的未训练侧肢体在实验后测试MVC均有显著提高,与实验前比较差异有显著性($P < 0.001$)见表1。EMS组和VIM组的训练侧肢体(33.6%, 37.4%)MVC的相对变化(%)与对照组(1.3%)比较差异有显著性($P < 0.05$),同时EMS组与VIM组的未训练侧肢体的(27.8%, 28.5%)MVC的相对变化(%)与对照组(0.8%)之间比较差异也具有显著性($P < 0.05$)。

2.2 实验前后AEMG的变化

EMS组和VIM组的训练侧肢体AEMG变化在实验前后差异具有显著性($P < 0.05$),EMS组和VIM组未训练侧肢体AEMG在实验前后差异也有显著性($P < 0.05$),见表1。EMS组和VIM组的训练侧肢体AEMG(68.1%, 100.4%)变化百分比在实验后测试均有显著变化,与对照组(5.04%)比较差异有显著性($P < 0.05$),EMS组与VIM组的未训练侧肢体的AEMG(57.7%, 59.4%)的变化与对照组(-4.07%)比较差异也具有显著性($P < 0.05$)。同时对MVC和AEMG做相关分析得出:Pearson Correlation相关系数为0.294($P < 0.05$),力量的增长与AEMG的变化密切相关。

肢体/分组	训练前	训练后
训练侧(右侧)		
EMS	30.5 ± 4.55	40.7 ± 6.98 ^①
VIM	26.9 ± 5.65	37.0 ± 8.69 ^①
CON	32.3 ± 5.45	32.4 ± 6.00
对侧未训练侧(左侧)		
EMS	34.0 ± 4.50	43.3 ± 5.85 ^①
VIM	27.9 ± 4.77	35.8 ± 7.70 ^①
CON	33.6 ± 4.20	33.6 ± 5.40

①与同组训练前比较差异有显著性 $P < 0.001$

2.3 各组胫骨前肌不同程度等长用力与相应的肌电平均振幅之间的关系

对实验前后各组两侧胫骨前肌不同程度等长用力分别与相应肌电AEMG的平均值进行相关分析。结果表明,无论实验前或实验后,各组都显示两者高度正相关,各组相关系数均大于0.9($P < 0.01$)。对各水平肌电AEMG与不同程度等长用力关系进行最适

曲线估计,各组以指数函数 $y=b_0(b_1)^x$ 分布拟合最好,表明在不同程度等长用力和相应胫骨前肌的肌电AEMG之间是一种递增的关系,见图1—6。对所有实验前和实验后的数据进行回归分析,得出总的回归方程,也符合指数函数: $y=b_0(b_1)^x$ 的分布,说明等长力量与肌电振幅之间的关系是相对稳定的。其指数函数表达式为: $y=43.762(9.584)^x$, $R^2=0.952$, $F=671.543$, $T=11.466$,见图7。

图7中连续曲线为SPSS软件所得的拟合曲线,断续曲线为对照曲线,可明显见到它们之间的递增关系,随着用力程度的加大,该曲线的斜率逐渐加大,其回归方程表达式为 $y=43.762 (9.584)^x$ 。

肢体/分组	训练前	训练后
训练侧(右侧)		
EMS	370.3 ± 205.5	519.3 ± 184.4 ^①
VIM	359.6 ± 110.3	689.2 ± 299.7 ^①
CON	516.7 ± 172.9	529.1 ± 214.7
对侧未训练侧(左侧)		
EMS	356.2 ± 130.4	540.4 ± 207.4 ^①
VIM	356.8 ± 158.6	526.9 ± 216.3 ^①
CON	451.6 ± 126.0	415.2 ± 151.8

①与同组训练前比较差异有显著性 $P < 0.05$

3 讨论

本研究发现,经过6周的单侧肢体肌肉电刺激和随意力量训练均可使训练侧肢体和未训练侧的对侧肢体的胫骨前肌肌肉力量得到提高,并且从各个受试者的MVC增长百分比来看,与对照组比较差异也存在显著性($P < 0.05$),力量增长的幅度与许多对其他肌群的研究报道类似^[7-9]。结果表明,电刺激训练产生的同侧肢体力量增长与随意收缩力量训练效果相似,并且对侧未训练侧肢体的力量增长也趋于一致,从而进一步证实单侧肢体的肌肉电刺激训练和随意等长收缩力量训练一样可产生交叉迁移的效果。而短期内MVC的增长,可能与肌肉收缩的神经支配得到加强有关^[10]。同时,以往许多电刺激方面的研究表明,电刺激的强度往往受到受试者的耐受程度和主观感觉的影响,使刺激强度受到限制^[11]。而在本实验中,训练组的训练强度、训练次数,以及休息时间基本保持一致,使训练效果更具可比性。

肌肉力量在没有肌肉体积变化的基础上获得增

图1 EMS组左侧不同用力水平与AEMG的指数关系

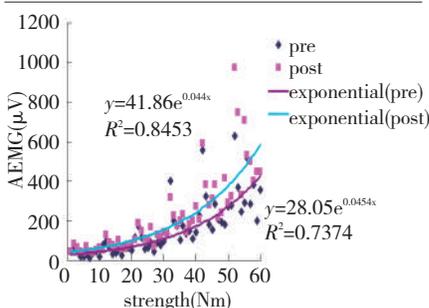


图2 EMS组右侧不同用力水平与AEMG的指数关系

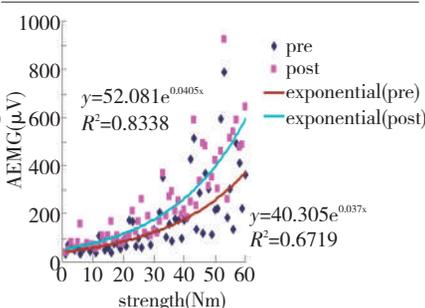


图3 VIM组左侧不同用力水平与AEMG的指数关系

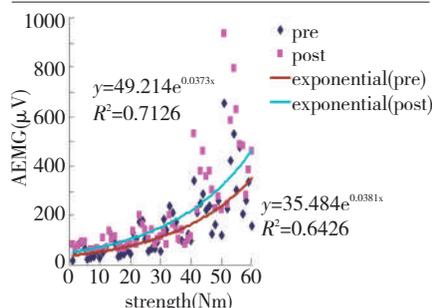


图4 VIM组右侧不同用力水平与AEMG的指数关系

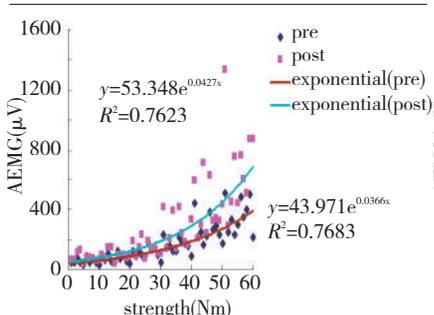


图5 CON组左侧不同用力水平与AEMG的指数关系

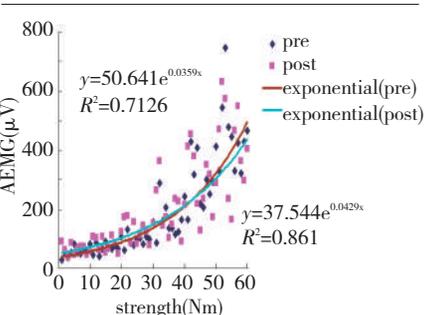


图6 CON组右侧不同用力水平与AEMG的指数关系

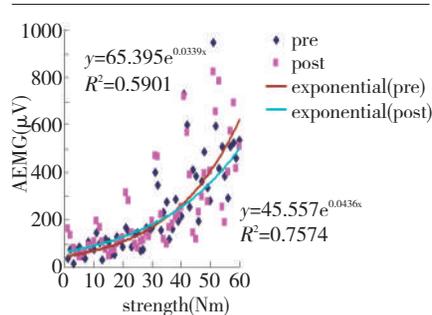
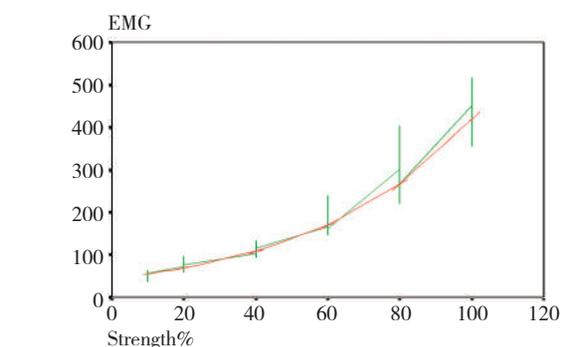


图7 SPSS软件拟合曲线



长时,应考虑神经因素占主要地位。因此,可以使用表面肌电图技术来研究对侧肢体在单侧训练时运动单位活动的改变,以及力量增长的肌电增长变化^[12],但是也有学者研究发现在对侧肌肉力量明显增加的同时却没有肌电图的改变^[13]。在本实验中,EMS组和VIM组的训练侧肢体AEMG在实验后测试均有明显增加,与对照组比较差异有显著性($P < 0.05$),同时EMS组与VIM组的未训练侧的对侧肢体的AEMG的增加与对照组之间比较差异也具有显著性($P < 0.05$),证实了电刺激训练与随意等长收缩训练不仅

可以提高同侧肌肉运动单位的同步性,而且亦可提高对侧肌肉运动单位的同步性。未训练侧的AEMG提高表明了肌肉放电一致性的提高,以及运动单位募集数量的增加和同步性的变化,说明肌电值随着肌肉力量的增加也表现出AEMG的增加。结果表明,电刺激训练和随意等长收缩训练导致的双侧肢体胫骨前肌肌肉力量增长与使用sEMG观察到的AEMG的变化密切相关。

本研究采用等长收缩形式下观察肌电的变化发现,训练组的肌电振幅在训练后均表现出明显的增加。可以认为,在相同力量水平下,sEMG的振幅增加,或在募集同样数目运动单位时,各运动单位产生的力量得到增加。同时,在用力水平增加时,这种增加趋势更加明显。分析原因是否在用力水平增加的同时,运动单位的协同作用和募集数量也得到提高,并且相应的放电频率也得到同步增长。在未训练侧肢体出现的肌电曲线变化也同样明显,与训练侧曲线变化相一致,表明未训练侧力量增长与神经动员的作用有关。这可能是训练侧肢体肌原纤维的 γ 神经元与未训练侧肌原纤维的 α 运动神经元通过 γ -

环路中的次级传入纤维发生突触联系引起未训练侧肌肉的活动加强,出现肌电变化有关^[14],从而提高未训练侧胫骨前肌的肌肉力量。虽然也有观点认为肌肉疲劳时,肌电振幅会因为募集纤维的数量增加而增长,但因为对侧肢体没有参加直接训练,分析可能与受试者主观努力程度不同而导致肌肉放电频率的增加有关^[15]。

本实验还发现,肌肉力量与肌电变化关系总体上呈非线性关系。本研究中对每组受试者左、右腿在实验前和实验后不同程度等长用力的原始力值及用力百分比与肌电 AEMG 进行相关回归分析,各组均显示为指数函数关系。实验前后,对两者的关系进行对比,没有发现有显著性差异,所以,对实验前后全部数据进行回归分析,其回归方程也表现为相同的回归特点,其关系依然符合指数函数关系,表现以指数函数: $y=b_0(b_1)^x$ 的分布最好,进一步证实了肌肉力量与肌电变化关系总体上呈非线性关系。对等长收缩时的肌电信号与受试者的用力百分比作整体分析,得出方程: $y=43.762 (9.584)^x$, y 表示肌电平均振幅, x 表示用力程度百分比,应用这个方程式可以估计受试者在等长收缩方式下的相对力量。

本研究从表面肌电与力量的关系,来分析力量的增长变化是否可以通过表面肌电反映出来,所以没有对不同力量水平分段进行讨论分析。在对各组数据的整理分析中,各组数据都表现了良好的回归一致性。等长收缩形式下的各组 AEMG 数值均以指数函数的分布最好。通过对胫骨前肌在等长收缩形式下不同程度用力的肌电分析,目的就是试图通过寻找胫骨前肌表面肌电与力量较稳定的关系,对下一步临床实验中不能进行最大收缩用力的受试者肌力进行预测,以评价治疗效果。

4 结论

本研究进一步证明单侧肢体电刺激训练和随意等长收缩训练不仅能够明显的提高训练侧的肢体力量,而且还能提高对侧未受训练肢体的肌肉力量,产生明显的交叉迁移效果;训练导致的力量增长与使用表面肌电观察到的 AEMG 的变化有关;肌肉力量和肌电振幅之间表现出非线性的关系;可以利用肌

电振幅与相对力量的关系 $y=43.762 (9.584)^x$, 在力量测试中估计受试者的用力程度。本研究的结果可以为临床康复训练中的单侧肢体损伤,外科术后等神经肌肉创伤和慢性疾病等所引起的肌萎缩的康复治疗提供理论依据和功能测试评价手段。

参考文献

- [1] Hortobágyi T, Lambert NJ, Hill JP. Greater cross education following training with muscle lengthening than shortening[J]. Med Sci Sports Exerc, 1997, 29(1):107—112.
- [2] Zhou S, Oakman A, Davie A. Effects of unilateral voluntary and electromyostimulation training on muscular strength on the contralateral limb[J]. Hong Kong J Sports Med Sports Sci, 2002, XIV: 1—11.
- [3] 王健,金德闻. 康复医学领域的表面肌电应用研究[J]. 中国康复医学杂志, 2006, 21(1): 6—7.
- [4] Farina D, Merletti R, Enoka RM. The extraction of neural strategies from the surface EMG[J]. J Appl Physiol, 2004, 96(4): 1486—1495.
- [5] Duchene J, Hogrel JY. A model of EMG generation[J]. IEEE Transactions on biomedical engineering, 2000, 47(2): 192—201.
- [6] Buchanan TS, Kim AW, Lloyd DG. Selective muscle activation following rapid varus/ valgus perturbations at the knee[J]. Med Sci Sports Exerc, 1996, 28(7): 870—876.
- [7] Hainaut K, Duchateau J. Neuromuscular electrical stimulation and voluntary exercise[J]. Sports Med, 1992, 14(2): 100—113.
- [8] Hortobágyi T. Cross education and the human central nervous system[J]. IEEE Eng Med Biol Mag, 2005, 24(1): 22—28.
- [9] Zhou S. Chronic neural adaptation to unilateral exercise: mechanisms of cross education[J]. Exerc Sport Sci Rev, 2000, 28(4): 177—184.
- [10] Cabric M, Appell HJ. Effect of electrical stimulation of high and low frequency on maximum isometric force and some morphological characteristics in men[J]. Int J Sports Med, 1987, 8(4): 256—260.
- [11] Delitto A, Snyder-Mackler L. Two theories of muscle strength augmentation using percutaneous electrical stimulation [J]. Phys Ther, 1990, 70(3): 158—164.
- [12] Moritani T, deVries HA. Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain[J]. Am J Phys Med, 1979, 58(3): 115—130.
- [13] Cannon RJ, Cafarelli E. Neuromuscular adaptation to training [J]. J Appl Physiol, 1987, 63(6): 2396—2402.
- [14] 黄志刚, 周里, 王煜, 等. 电刺激训练前后肌肉力量交叉迁移效果的实验观察[J]. 中国运动医学杂志, 2002, 21(2): 203—205.
- [15] Shima N, Ishida K, Katayama K, et al. Cross education of muscular strength during unilateral resistance training and detraining[J]. Eur J Appl Physiol, 2002, 86 (4): 287—294.