

·临床研究·

上肢抗阻圆周运动中相关肌群活动的肌电分析

董燕¹ 王彤^{1,2} 孟殿怀¹ 朱奕¹

摘要 目的:采用表面肌电测试阐明上肢抗阻圆周运动训练反馈仪在运动过程中对躯干与四肢肌群活动的影响。**方法:**11例年龄在20—27岁的健康青年男性在该仪器上进行上肢抗阻圆周运动,同时采用表面肌电仪记录了运动过程中左侧屈肘肌群、伸肘肌群、躯干屈肌,以及躯干伸肌的最大肌电值和肌电活动面积,分析其肌电活动面积和肌电峰值。**结果:**屈肘肌群在第二、三象限肌电活动面积和肌电峰值均比第一、四象限大;伸肘肌群在第一象限肌电活动面积比第二、三象限大,而肌电峰值第一、四象限比第二、三象限大;躯干屈肌第一象限肌电活动面积比第二象限大,但是肌电峰值情况差异无显著;躯干伸肌在第二象限肌电活动面积比第一、四象限大,第三象限肌电活动面积比第四象限大,而肌电峰值第二、三象限比第一、四象限大。**结论:**该仪器的上肢抗阻圆周运动可以激发躯干与肢体多组肌群收缩用力,适合全身多组肌群弹性抗阻肌力训练及协调控制能力的训练。

关键词 上肢抗阻圆周运动;表面肌电图;肌电活动;肌力

中图分类号:R318,R873 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-1242(2007)-08-0706-04

The effect of the upper limbs' encircling motion and feedback apparatus on the muscles of trunk and limbs during resistance exercise with surface electromyogram/DONG Yan,WANG Tong,MENG Dianhuai,et al// Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2007,22(8):706—709

Abstract Objective:To discuss the effect of the upper limbs' encircling motion and feedback (ULEMF) apparatus on the muscles of trunk and limbs during resistance exercise with surface electromyogram. **Method:** Eleven healthy young men aged from twenty to twenty-seven performed the motion. The surface myoelectricity signals of the left elbow flexor and extensor, left trunk flexor and extensor were recorded and analyzed. **Result:** Myoelectric area and myoelectric peak parameters of elbow flexor in second and third quadrant were greater than the first and the fourth. Myoelectric area of elbow extensor in first quadrant was greater than the second and the third, and myoelectric peak was greater in first and fourth than the second and third. Myoelectric area of trunk flexor in first quadrant was greater than the second while maximal exertion had no difference. Myoelectric area of trunk extensor in second quadrant was greater than the first and the fourth. The third quadrant was greater than the fourth. Myoelectric peak of trunk extensor in second and third quadrant was greater than the first and fourth. **Conclusion:** The resistance exercise of the apparatus can evoke the muscles of trunk and limbs to contract. It is a good apparatus of anti-resistance training and coordination control training.

Author's address Dept. of Rehabilitation Medicine, First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, 210029

Key words the upper limbs' encircling motion; surface electromyogram; muscle strength

上肢抗阻圆周运动训练反馈仪是一种运动康复技术设备,它借助辐射状排列、具有不同拉力的系列弹簧环施加阻力,帮助人体在上肢抗阻圆周运动过程中完成抗阻用力,通过双上肢抗阻训练达到提高上肢乃至全身肌肉的运动能力。它在脑卒中、脊髓损伤等患者中的临床应用已得到临床研究的支持^[1-2]。陈旗等^[3]采用等速肌力测试系统观察该仪器肌力训练的效果,研究发现该训练仪对健康青少年的肘、膝关节的屈伸肌群的峰力矩、耐力比均有明显提高。刘永丰^[4]、杨福俊等^[5]对正常人、偏瘫和截瘫等500多例受检者从运动力学方面对仪器进行了运动能量学分析,揭示了正常人与瘫痪患者的在完成仪器上肢圆周抗阻运动过程中肢体完成做功和功率的差别。提

示上肢抗阻圆周运动过程中肢体多组肌群参与运动。但该仪器进行的上肢运动模式与一般常见的上肢运动有何不同?受检者在仪器上完成上肢抗阻圆周运动过程中身体哪些肌群参与活动用力?这些肌群的活动顺序和规律有什么特点不甚清楚。因此,阐明上肢抗阻圆周运动过程中躯干与肢体肌群的活动变化和规律,对将该仪器用于不同类型患者的康复肌力训练有指导意义。我们采用体表肌电检测技术,

1 南京医科大学附属第一医院康复医学科,南京,210029

2 通讯作者:王彤(南京医科大学附属第一医院康复医学科,210029, wangtong60621@yahoo.com.cn)

作者简介:董燕,女,硕士研究生

收稿日期:2006-09-26

对一组健康人群进行了仪器上肢抗阻圆周运动的全程监视。观察受试者完成上肢抗阻圆周运动获得综合力向量图过程中肘关节、躯干屈伸肌群的活动情况,以此揭示肢体,以及躯干多组肌群的运动规律。

1 资料与方法

1.1 试验对象

11例健康医学生参与本研究,均为男性。平均年龄为 22.9 ± 2.7 岁,平均身高为 173.0 ± 4.7 cm,平均体重为 61.7 ± 5.8 kg。在过去的3个月中均无骨骼肌肉疾病史。

1.2 试验装置

上肢抗阻圆周运动反馈仪(upper limbs' encircling motion and feedback, ULEMF)(原称X.O.S综合运动训练反馈仪)^[1]、Noraxon MyoSystem1400八通道表面肌电仪[美]、3M2249电极。

1.3 试验过程

1.3.1 计算机系统输入受试者的一般资料,按照入选顺序将受试者进行编号,采集身高、体重等资料,并向其说明试验的经过以取得配合并签署知情同意书。受试者可以在圆周运动仪上先熟悉运动的过程,时间为3min。

1.3.2 运动开始之前在身体表面放置肌电记录电极。采用表面电极双极导联法,即每块肌肉都有两个电极记录,电极中心间距离大于2cm。屈肘肌群及伸肘肌群的记录电极分别置于肌腹最丰满处^[6],躯干屈肌放置于脐上两指旁开2—3cm,躯干伸肌放置于第二腰椎棘突旁开4cm^[7],以上两电极连线与肌群平行。

1.3.3 受试者全部使用14.5kg弹簧环。按标准位^[8]立于操作台中间,躯干垂直于地面,上臂自然下垂,双手分别握住或固定在测力杆两侧黑色握杆上,双足摆放在操作台板黑色“T”形字母两边。受试者用双手带动运动操作杆,按仪器电脑屏幕显示的目标向量环(图1)尽最大力量将操作杆下压离开中心点(O点,见图2),依次由下(A点)→后(B点)→上(C点)→前(D点)完成360°的上肢抗阻圆周运动。与此同时,操作杆左侧终端的鼠标笔将每次运动瞬间形成的运动轨迹标记在标记板上,计算机接受标记板上的信息并将其显示在反馈监视屏上,指导受试者按目标环完成圆周运动,最后获得综合力向量图(图1)要求其连续完成5次上肢抗阻圆周运动,记录中间3次运动获得的综合力向量图,以及完成5次上肢抗阻圆周运动(形成5个圆周力向量环)产生的肌电信号数据(图3)。

1.3.4 表面肌电信号的处理:肌电图取中间3次上肢抗阻圆周运动获得的肌电信号进行观察,将每次上肢抗阻圆周运动产生的从后向前的运动向量环等分为Q1—4四个象限(图2),分析上肢抗阻圆周运动经过每个象限时相关肌群的体表肌电信号峰值(代表肌群用力程度,peak单位: μV),以及产生肌电信号的肌电活动面积(代表肌群的在该象限内的肌电活动情况,area单位: μVmm),以此反映相关肌群在上肢抗阻圆周运动不同象限中的活动用力程度。

1.4 统计学分析

采用SPSS11.0软件,首先进行数据的方差齐性检验,如果方差齐采用LSD检验方法,方差不齐则采用Tamhane's T^2 检验方法。



图1 上肢抗阻圆周运动反馈综合力向量环

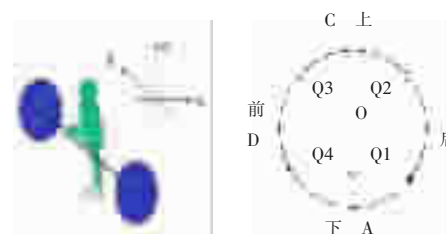


图2 上肢抗阻圆周运动顺序示意图

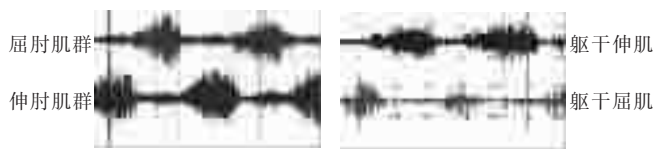


图3 1例受检者上肢抗阻圆周运动四组肌群的肌电信号(2个圆周运动周期)

2 结果

屈肘肌群: 各象限之间的肌电活动面积和峰值均有差异($P_{area}=0.000, P_{peak}=0.001$)。象限之间的肌电活动面积两两比较时Q1与Q2, Q1与Q3, Q3与Q4之间有差异,峰值两两比较时Q1与Q2, Q1与Q3, Q3与Q4之间有差异(见表1—2)。因此 $Q_{area}(2,3) > Q_{area}(1,4), Q_{peak}(2,3) > Q_{peak}(1,4)$ 。也就是说,屈肘肌群在Q2、Q3肌电活动面积和肌电峰值均比Q1、Q4大。

伸肘肌群: 各象限之间的肌电活动面积和峰值

均有差异($P_{\text{area}}=0.000, P_{\text{peak}}=0.000$)。象限之间的肌电活动面积两两比较时 Q1 与 Q2, Q1 与 Q3, Q2 与 Q4 之间有差异, 峰值两两比较时 Q1 与 Q2, Q1 与 Q3, Q2 与 Q4, Q3 与 Q4 之间有差异(见表 1—2)。因此 $Q_{\text{area}}(1) > Q_{\text{area}}(2,3)$, $Q_{\text{peak}}(1,4) > Q_{\text{peak}}(2,3)$ 。即伸肘肌群在 Q1 肌电活动面积比 Q2、Q3 大, 而肌电峰值 Q1、Q4 比 Q2、Q3 大。

躯干屈肌: 各象限之间的肌电活动面积和峰值均有差异($P_{\text{area}}=0.001, P_{\text{peak}}=0.006$)。象限之间的肌电活动面积两两比较时 Q1 与 Q2 之间有差异, 而峰值两两比较时均无显著差异(见表 1—2)。因此 $Q_{\text{area}}(1)$

$> Q_{\text{area}}(2)$ 。即躯干屈肌 Q1 肌电活动面积比 Q2 大, 但是肌电峰值情况无显著差异。

躯干伸肌: 各象限之间肌电活动面积和峰值均有差异($P_{\text{area}}=0.000, P_{\text{peak}}=0.000$)。象限之间的肌电活动面积两两比较时 Q1 与 Q2, Q2 与 Q4, Q3 与 Q4 之间有差异, 峰值两两比较时 Q1 与 Q2, Q1 与 Q3, Q2 与 Q4, Q3 与 Q4 之间有差异(见表 1—2)。因此, $Q_{\text{area}}(2) > Q_{\text{area}}(1,4)$, $Q_{\text{area}}(3) > Q_{\text{area}}(4)$, $Q_{\text{peak}}(2,3) > Q_{\text{peak}}(1,4)$ 。即躯干伸肌在 Q2 肌电活动面积比 Q1、Q4 大, Q3 肌电活动面积比 Q4 大, 而肌电峰值 Q2、Q3 比 Q1、Q4 大。

表 1 各肌群在四个象限内肌电活动面积及肌电峰值情况

 $(\bar{x} \pm s)$

	Q1	Q2	Q3	Q4
屈肘肌群				
肌电活动面积(μVmm)	76.6±24.0	199.1±86.4	323.2±197.7	113.9±47.9
峰值(μV)	207.7±81.6	628.4±327.1	856.9±548.7	418.0±240.0
伸肘肌群				
肌电活动面积(μVmm)	525.8±370.9	79.9±39.7	74.2±31.5	308.6±225.3
峰值(μV)	1360.7±707.2	385.3±206.2	184.2±66.9	1150.9±604.3
躯干屈肌				
肌电活动面积(μVmm)	68.7±42.4	25.9±15.2	26.8±15.8	39.4±20.9
峰值(μV)	232.9±131.9	125.0±53.7	116.5±47.0	151.6±56.4
躯干伸肌				
肌电活动面积(μVmm)	53.7±24.3	103.3±47.7	80.4±29.8	41.8±17.9
峰值(μV)	185.0±81.5	331.0±116.0	284.9±95.5	154.7±49.6

表 2 各肌群在四个象限内肌电活动面积情况及肌电峰值情况相互比较

 $(\bar{x} \pm s)$

	各象限之间比较 P 值	Q1-Q2	Q1-Q3	Q1-Q4	Q2-Q3	Q2-Q4	Q3-Q4
屈肘肌群							
肌电活动面积(μVmm)	0.000	-122.5±27.0 ^①	-246.6±60.0 ^①	-37.3±16.1	-124.0±65.0	85.2±29.8	209.3±61.3 ^①
峰值(μV)	0.001	420.7±146.5 ^①	-649.3±146.5 ^①	-210.5±146.5	-228.5±146.5	210.5±146.5	438.9±146.5 ^①
伸肘肌群							
肌电活动面积(μVmm)	0.000	445.9±112.5 ^①	451.5±112.2 ^①	217.2±130.8	5.6±15.3	-228.7±69.0 ^①	-234.3±68.6
峰值(μV)	0.000	975.4±222.1 ^①	1176.5±214.2 ^①	209.8±280.4	201.1±65.4	-765.6±192.5 ^①	966.7±183.3 ^①
躯干屈肌							
肌电活动面积(μVmm)	0.001	42.7±13.6 ^①	41.8±13.6	29.2±14.2	-0.9±6.6	-13.5±7.8	-12.6±7.9
峰值(μV)	0.006	108.0±42.9	116.5±42.2	81.3±43.2	8.5±21.5	-26.7±23.5	-35.2±22.1
躯干伸肌							
肌电活动面积(μVmm)	0.000	-49.6±13.6 ^①	-26.7±13.6	11.8±13.6	22.9±13.6	61.5±13.6 ^①	38.5±13.6 ^①
峰值(μV)	0.000	-146.0±38.0 ^①	-100.0±38.0 ^①	30.3±38.0	46.1±38.0	176.3±38.0 ^①	130.2±38.0 ^①

注: Q1-Q2 代表第一象限与第二象限相比, 余同。① $P < 0.05$

3 讨论

在本实验中, 受试者从圆心 O 处先将直杆下压至 A(图 2), 然后按照圆周轨迹依次向后上拉提至 B 点-向前上推提至 C 点-向前下推压至 D 点-向后下拉回到 A 点, 即依次经过 Q1、Q2、Q3、Q4, 后重复上一过程。运动过程中可观察到肘关节在 Q1、Q4 中为屈肘动作, 而在 Q2、Q3 中则为伸肘动作。从理论上来说, 屈肘肌群的肌电活动应该在 Q1、Q4 中较 Q2、Q3 大, 而伸肘肌群则相反。但是试验结果显示, 屈肘肌群在 Q2、Q3 肌电活动面积和肌电峰值均比 Q1、Q4 大。而伸肘肌群在 Q1 肌电活动面积比 Q2、Q3 大, 而肌电峰值在 Q1、Q2 比 Q3、Q4 大(见表 1—2)。以上实验结果需结合仪器特点进行分析。

人体具有储存能量和释放能量对外做功的本领。上肢抗阻圆周运动反馈仪利用杠杆两端连接圆形弹性阻力装置(类似举重杠两端连接的杠铃), 把受试者对其所做的功变成弹性势能以能量的形式储存起来, 再通过释放能量给受试者以激活机体肌肉的功能活动。当受试者双手将仪器操作杠杆从 O 点向下、后拉移时(O 至 A 点, 主要反映在从 A 向 B 的移动, 在第一象限), 主要需伸肘肌对抗来至弹簧圈的拉力, 受试者在完成 A 到 B 点的移动中, 虽然主缩肌是屈肘肌, 拮抗肌是伸肘肌, 但更需要伸肘肌一直保持离心性抗阻收缩控制运动的方向和速度, 防止杠杆回缩到 O 点, 而这时屈肘肌在完成向心性屈肘时借助了杠杆撑出(离开 O 点)时产生的弹性回

缩力(弹性势能的释放),保证运动的轨迹尽量接近目标向量环。因此,圆周运动在第一象限的移动中,以伸肘肌的向心性和离心性抗弹簧阻力收缩用力占主导,而屈肘肌借助弹簧回缩力用力较小。但当受试者双手将仪器操作杠杆从B点向上拉时(主要反映在从B向C的移动,在第二象限),就需要屈肘肌对抗来至弹簧圈的拉力,受试者在完成B到C点的移动中,需要屈肘肌一直保持离心性抗阻收缩控制运动的方向和速度,而这时伸肘肌在完成向心性收缩时同样借助了杠杆撑的弹性回缩力,所以用力较小,而屈肘肌的向心性和离心性抗弹簧阻力收缩用力占主导。对于躯干而言,可观察到在Q1、Q4中躯干向后伸,在Q2、Q3中则躯干向前屈。躯干伸肌Q2中肌电活动面积比Q1、Q4大,Q3比Q4大,而肌电峰值Q2、Q3较Q1、Q4大。出现与肘关节肌群类似的情况,在作为拮抗肌时反而比作为主动肌时用力更明显。但分析躯干屈肌虽仅显示Q1的肌电活动面积Q2比大,但这一点仍然符合上述推论。

该仪器的特征为上半肢抗阻圆周运动过程中的抗阻及弹性势能的释放,这是其他上半肢为划圈的运动所不具备的。划船运动中上半肢动作与本实验的上肢抗阻圆周运动轨迹类似。但是其主要作用部位却是在腰部和膝部^[9-10]。腰部是划船运动员受力最大部位,在一次又一次地划桨周期中,运动员腰部要循环往复成百上千地完成一个周期性的脊柱大体扭转动作,腰部屈曲肌群因腹部肌群的收缩,使脊柱形成一个强有力的屈曲旋转动作,并给脊柱一个巨大的压力与扭转力。

相关的上半肢运动还有用手拉头顶的气窗或滑轮,这项运动的完成包括屈肘肌、肩关节的内收肌、伸肌以及胸小肌和菱形肌的向心性收缩。做引体向上的闭链动作包括了屈肘肌、肩关节内收、伸展和内旋以及肩胛骨的内收、下旋肌肉的向心性收缩^[11]。上半肢向前推的运动如俯卧撑,包括了肱三头肌向心性收缩时伸肘使躯干提高和伸肘肌的离心性收缩屈肘使躯干下降^[11-12]。总之,日常生活中的许多活动,如推拉物体、关抽屉、关门、锯木、擦地等都离不开上半肢的推拉运动。因此,上半肢运动功能的改善十分重要。康复治疗器械中的划船器、墙壁拉力器虽能解决上面提到的部分上半肢肌肉的功能训练。但是完整的上半肢肩、肘、手同时配合躯干肌参与的闭链运动反馈模式还未见。

由此可见,上半肢抗阻圆周运动反馈仪综合了上

面提到的上半肢推拉向心性和离心性抗阻多种运动模式,可以在不同象限内进行多组肌群弹性抗阻肌力的训练,如屈伸肘肌群、躯干屈肌及躯干伸肌在整个圆周运动过程中均发挥作用,其中上半肢抗阻圆周运动在第一象限中以伸肘肌和躯干屈肌占优势;在第二、三象限中以屈肘肌和躯干伸肌占优势。同时还可以借助弹性回缩辅助运动进行有针对性的训练,尤其可以增强肢体与躯干肌群之间的协调控制能力。在进行向心性活动的同时配合离心性运动,有利于肌肉力量、顺应性、协调性和控制能力的提高。对患者日常活动能力的改善和提高将产生积极的作用。

本实验由于经费影响例数过少,各受试者之间用力情况相差较大,导致数据比较离散,因此,在今后的试验中,需增加样本量,改进这些因素,从而得出更精确的结果。

参考文献

- [1] 王翔,王彤,苏建新.XOS测力健身器在脑卒中患者康复中的应用[J].现代康复,2001,5(10):70-71.
- [2] 王翔,王彤,王国新,等. XOS综合运动训练反馈仪在脊髓损伤患者康复中的应用[J].中国康复医学杂志,2005,20(5):346-348.
- [3] 陈旗,王彤,王翔,等."XOS"综合运动反馈仪训练对青年四肢肌力的影响[J].中国康复医学杂志,2004,19(8):569-571.
- [4] 刘永丰,杨福俊,苏建新,等."XOS"综合运动训练反馈仪测试结果的统计分析[J].中国康复医学杂志,2004,19(8):606-607.
- [5] 杨福俊,何小元,刘永丰,等."XOS"综合运动训练反馈仪的测试结果力学和医学临床分析[J].中国康复医学杂志,2003,18(6):355-357.
- [6] Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, et al. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures[J]. J Electromyogr Kinesiol, 2000, 10(5):361-374.
- [7] Saunders SW, Anthony Schache David Rath, Paul W. Hodges. Changes in three dimensional lumbo-pelvic kinematics and trunk muscle activity with speed and mode of locomotion[J]. Clinical Biomechanics, 2005, 20: 784-793.
- [8] 王彤,陆晓,陈旗,等. 上半肢抗阻圆周运动中综合力向量与等速肌力的相关性研究[J].中国康复医学杂志,2005,20(9):660-662.
- [9] 陈中伟,陈统一.运动医学[M].第1版.上海:上海科技教育出版社,1996.225.
- [10] 王璋.关于划船运动员腰、膝部损伤的讨论[J].武汉体育学院学报,1997,2:76-77.
- [11] 周士枋,丁伯坦.运动学[M].第1版.北京:华夏出版社,2004.162-168.
- [12] 顾德明,缪进昌.运动解剖学图谱[M].第1版.北京:中国科学技术出版社,1999.228.