



基于表面肌电信号参数的人体上肢运动研究

刘涛然, 张建国, 宋海燕
(天津科技大学机械工程学院, 天津 300222)

摘要: 根据检测得到的右上肢主肌肉群的肌电信号, 探讨了人体右上肢主肌肉群的肌肉功能状态和男性与女性之间肌肉功能状态的差别。20位实验者右上肢完成13个基本动作, 对三角肌、肱二头肌、肱三头肌、掌长肌和指伸肌五块肌肉进行肌电采集, 用SPSS 14.0软件对特征参数平均振幅(AEMG)和积分肌电(IEMG)进行数据处理。结果表明: 完成不同的日常生活活动, 肌肉的活跃程度存在着一定的相似性和差异性; 男性以增强指伸肌和三角肌为主, 女性则以掌长肌和三角肌为主。实验数据可为老年人和残疾人康复训练及肌电信号控制提供一定的理论依据和指导作用。

关键词: 表面肌电信号; 日常生活活动; 平均振幅; 积分肌电

中图分类号: R857.11 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6510(2009)02-0038-04

Study on the Human Upper Limb Movement Based on Surface EMG Parameters

LIU Tao-ran, ZHANG Jian-guo, SONG Hai-yan
(College of Mechanical Engineering, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300222, China)

Abstract: To explore the main muscle's function and the difference between men and women according to surface electromyogram (sEMG) of right upper limb. Volunteers' data of the middle of deltoid, biceps, triceps, extensor digitorum and palmaris longus were collected when doing the thirteen basic actions, used the software of SPSS 14.0 to process the eigenvalue of average electromyogram (AEMG) and integrated electromyogram (IEMG). The results indicate that there is certain relevance and differences of muscle activity degree when completing different activities of daily living, man should focus on the strength of extensor digitorum and deltoid muscle, while woman should enhance the strength of palmaris longus and deltoid muscle. The experimental data can provide a theoretical reference and guiding role to rehabilitation training of the elderly and the disabled and the respect of sEMG controlling.

Keywords: surface electromyogram; activities of daily living; average electromyogram; integrated electromyogram

表面肌电信号(surface electromyography, sEMG)是从皮肤表面通过电极引导、放大、显示和记录下来的神经肌肉系统活动时的生物电信号, 信号形态具有较大的随机性和不稳定性^[1]。sEMG包含了大量关于神经肌肉收缩的功能状态的信息, 是一种安全、易掌握、非侵入性记录肌电的量化方法。在控制良好的条件下, sEMG信号的变化在很大程度上能够定量反映肌肉活动的局部疲劳程度、肌力水平、肌肉激活模式、运动单位兴奋传导速度、多肌群协调性等肌肉活动的变化规律。因而, 目前

大部分研究主要集中在表面肌电信号与运动姿态、运动方式等领域, 如通过检测前臂肌电信号进行运动模式的识别^[2]; 研究前臂的肌电信号特征与手指及手腕运动的关系, 从而控制假肢^[3]; 文献[4]进行了损伤肌肉与正常肌肉的肌电信号对比讨论以及损伤肌肉恢复程度的评价; 文献[5]对疾病患者与正常人的肌电信号进行了对比研究, 为康复评定提供了一定的依据。

虽然对于表面肌电信号的研究, 在临床医学、运动医学、医疗康复(包括仿生假肢)、人体工程学等诸多领

收稿日期: 2008-10-26; 修回日期: 2008-12-09

基金项目: 国家863计划资助项目(2006AA0400201); 天津市应用基础研究计划项目(07JCYBJC18700)

作者简介: 刘涛然(1982—), 女, 河北保定人, 硕士研究生。

域具有重要的学术价值和应用意义,但是从目前的研究情况来看,国内对肌电信号的研究和应用还不是很广泛,在某些研究领域还存在一定的局限性,如单一地对前臂或手指进行肌电信号的分析;对简单的动作进行信号采集等.本文旨在研究正常人体在完成日常生活活动(Activities of Daily Livings,ADLs)时,右上肢主肌肉群的功能状态和活动状态,分析右上肢主肌肉群表面肌电的特性,以期为老年人和残疾人的医疗诊断、康复训练及康复疗效判断提供依据,为肌电假肢的仿生控制和肢体运动模式识别等^[6]提供设计参考.

1 实验

1.1 实验对象

20位正常成年人,其中:男性10位,女性10位.年龄22~34岁,无运动神经类疾病,在6个月里,上肢没有出现过扭伤、运动损伤、断裂等影响运动功能的伤病,在48h之内没有进行过剧烈的运动,目前没有肌肉酸痛及不适,不是敏感性皮肤.

1.2 实验仪器

JE-TB0810八通道肌电采集盒,安徽君诚体育器材有限公司;表面电极为Ag-AgCl的心电电极,天津助友传感仪器技术有限公司;JANALYSIS E100C软件及计算机;75%医用酒精,棉球;统计分析软件SPSS 14.0.

1.3 实验动作

对人体日常生活活动进行研究,通过动作分解、提取和过滤,得出人体上肢的13个典型基本动作^[7],只要人体能够做到这些基本动作即可完成日常生活的自理,如表1所示.

表1 实验的基本动作

Tab.1 Basic action in experiment

基本动作	日常生活活动
手到头顶	梳头、戴帽子
手到枕骨	梳头
手到后颈	梳头
手到异侧肩部	洗澡、背包
手到同侧肩部	背包、穿上衣
手到异侧腰部	洗澡
手到同侧腰部	洗澡
手到骶骨	上厕所
手到会阴	生理卫生
前臂旋转	开门
手到嘴	刷牙
手到背部中央	穿内衣
手到脚	系鞋带、拾取物体

1.4 主肌肉群的确定

根据正常人体解剖学中运动上肢各关节诸肌肉的

部位和作用,确定了5块肌肉进行表面肌电测试,分别是三角肌中部、肱二头肌、肱三头肌、掌长肌和指伸肌^[8].

1.5 皮肤处理

用酒精反复擦拭表面电极安放点及安放点附近的皮肤,或用砂片摩擦皮肤,以去除皮肤表面的油污、坏死的角质层^[9].

1.6 电极的位置

表面电极所贴位置为所测肌肉的肌腹部分最隆起处;与肌电采集盒数据线相连的是3个电极(2个记录电极和1个参考电极),2个记录电极顺着肌纤维的纵轴方向,另一参考电极和两记录电极形成正三角形,两电极间的距离为2~3cm.

1.7 实验方法

20位实验对象用右上肢完成表1中13个基本动作,每个动作重复3次,为避免疲劳,动作间隔1min.测量每个实验对象完成动作时5块肌肉的表面肌电信号.

2 结果与讨论

经统计分析软件SPSS 14.0处理数据,可得到男性和女性右上肢在完成日常生活活动时的sEMG特征值(平均振幅AEMG和积分肌电IEMG)的中位数^[10],这些数据可为残疾人和老年人的医疗诊断和康复训练及康复疗效判断提供依据,为肌电假肢的仿生控制和肢体运动模式识别等提供参考.

2.1 男性数据分析

男性实验对象的AEMG和IEMG数据如表2和表3所示.从表2和表3中实验数据可以看出,动作手到异肩、骶骨、会阴、嘴、脚和前臂旋转,指伸肌的数值最大,手到头顶、枕骨、后颈、同腰,三角肌的数值最大,动作手到同肩、背部中央,肱二头肌的数值最大,动作手到异腰,掌长肌的数值最大.可看出男性在日常生活中,右上肢主肌肉群的活跃顺序(从高到低)依次是:指伸肌、三角肌、肱二头肌、掌长肌、肱三头肌.

2.2 女性数据分析

女性实验对象的AEMG和IEMG数据如表4和表5所示.从表4和表5中实验数据可以看出,动作手到异肩、异腰、骶骨、会阴、脚,掌长肌的数值最大,动作手到头顶、枕骨、后颈、同腰,三角肌的数值最大,动作手到同肩、背部中央,肱二头肌数值最大,动作手到嘴和前臂旋转,指伸肌的数值最大,可见右上肢主肌肉群的活跃顺序(从高到低)依次是:掌长肌、三角肌、肱二头肌、指伸肌、肱三头肌.

表2 男性完成ADLs时主肌肉群的AEMG数据

Tab.2 AEMG of man's main muscle groups during the ADLs

μV

肌肉编号	动作												
	手到头顶	手到枕骨	手到后颈	手到异肩	手到同肩	手到异腰	手到同腰	手到骶骨	手到会阴	前臂旋转	手到嘴	手到背部中央	手到脚
1	109.45	115.00	112.45	70.73	69.23	76.53	75.00	50.87	50.77	40.05	66.25	81.28	44.40
2	70.32	78.73	97.75	69.87	153.92	69.32	44.65	83.98	51.85	54.83	82.30	120.53	54.05
3	58.83	59.53	63.43	48.60	58.48	47.50	49.80	42.00	33.78	34.28	54.30	48.23	40.33
4	64.07	75.25	90.05	88.98	82.60	134.98	60.17	56.03	76.47	50.72	70.33	55.20	68.62
5	87.65	85.92	90.57	89.78	72.07	71.50	67.42	89.23	78.18	68.10	83.23	79.63	72.42

注: 1. 三角肌中部; 2. 肱二头肌; 3. 肱三头肌; 4. 掌长肌; 5. 指伸肌 .

表3 男性完成ADLs时主肌肉群的IEMG数据

Tab.3 IEMG of man's main muscle groups during the ADLs

μV

肌肉编号	动作												
	手到头顶	手到枕骨	手到后颈	手到异肩	手到同肩	手到异腰	手到同腰	手到骶骨	手到会阴	前臂旋转	手到嘴	手到背部中央	手到脚
1	309.2	340.15	352.32	227.45	198.35	208.70	206.03	174.07	108.72	177.83	367.23	235.32	124.03
2	194.6	238.35	251.82	192.97	412.45	189.78	119.65	260.37	131.78	241.07	410.75	357.97	148.40
3	175.0	166.63	182.45	128.27	181.77	138.92	136.48	149.01	89.58	137.60	290.63	138.62	119.17
4	184.4	219.25	310.97	226.87	231.13	363.03	137.58	195.35	194.43	198.05	350.50	174.45	205.40
5	280.4	332.38	298.35	258.78	253.57	221.20	194.03	288.65	203.28	339.80	442.97	278.35	226.52

注: 1. 三角肌中部; 2. 肱二头肌; 3. 肱三头肌; 4. 掌长肌; 5. 指伸肌 .

表4 女性完成ADLs时主肌肉群的AEMG数据

Tab.4 AEMG of woman's main muscle groups during the ADLs

μV

肌肉编号	动作												
	手到头顶	手到枕骨	手到后颈	手到异肩	手到同肩	手到异腰	手到同腰	手到骶骨	手到会阴	前臂旋转	手到嘴	手到背部中央	手到脚
1	101.92	101.42	106.97	99.05	93.42	66.92	84.67	56.72	55.82	49.63	59.87	77.25	65.88
2	99.32	100.00	102.08	99.53	122.83	84.83	59.47	61.85	74.40	45.12	68.13	100.27	88.05
3	97.28	83.10	83.12	86.80	81.75	93.83	65.48	59.18	39.52	44.62	63.87	65.33	59.03
4	95.63	97.18	104.58	104.12	108.87	127.87	57.78	93.72	120.43	60.02	77.25	78.13	107.55
5	95.73	95.35	90.25	86.13	91.00	78.03	77.10	73.62	72.85	69.88	81.82	75.63	75.50

注: 1. 三角肌中部; 2. 肱二头肌; 3. 肱三头肌; 4. 掌长肌; 5. 指伸肌 .

表5 女性完成ADLs时主肌肉群的IEMG数据

Tab.5 IEMG of woman's main muscle groups during the ADLs

μV

肌肉编号	动作												
	手到头顶	手到枕骨	手到后颈	手到异肩	手到同肩	手到异腰	手到同腰	手到骶骨	手到会阴	前臂旋转	手到嘴	手到背部中央	手到脚
1	308.82	298.40	324.17	289.50	271.95	165.67	222.12	173.88	142.02	186.22	299.62	206.32	195.67
2	288.52	292.57	321.32	290.32	337.90	235.10	174.98	201.33	210.83	200.32	343.18	271.28	315.08
3	308.40	261.95	270.07	268.90	276.65	226.40	187.77	179.37	112.17	164.92	307.10	204.27	160.28
4	287.40	260.55	320.55	294.42	308.22	330.18	153.47	242.63	328.25	220.52	374.02	255.82	339.85
5	273.82	294.45	297.98	277.10	255.98	224.68	193.82	207.68	196.30	303.63	402.87	217.62	227.03

注: 1. 三角肌中部; 2. 肱二头肌; 3. 肱三头肌; 4. 掌长肌; 5. 指伸肌 .

2.3 男女性对比

对表2—表5特征参数AEMG和IEMG进行对比可以看出,女性的数值都大于男性的数值;从生理学角度来说是由于肌肉之间的协调关系,男性肌肉的协调性较好;从运动学角度来考虑是运动程度的积累问题,在

日常生活中,男性运动量比女性的运动量大,长时间的运动积累导致男性运动时的肌肉放电具有规律性,所以在完成相同的日常生活活动时,男性的数值也相应的较小.

根据对特征参数AEMG和IEMG的数据分析可以

看出,男性和女性在完成日常生活活动时各动作起主要作用的肌肉如表6所示.动作手到头顶、枕骨、后颈、同腰,三角肌起主要作用;动作手到同肩、背部中央,肱二头肌起主要作用;动作手到嘴和前臂旋转,指伸肌起主要作用;动作手到异肩、骶骨、会阴、脚,男性起主要作用的肌肉是指伸肌,女性则是掌长肌.

由以上结果可知,在残疾人和老年人的日常生活训练过程中,对需训练的不同主肌肉群应采取不同的相应动作进行训练;男性和女性应该有差别性的进行训练,男性应该侧重于指伸肌和三角肌,其次肱二头肌、掌长肌、最后是肱三头肌;女性应该侧重于是掌长肌和三角肌,其次是肱二头肌、指伸肌、最后是肱三头肌.

表6 完成ADLs时起主要作用的肌肉
Tab.6 Main muscle during the ADLs

动作	男		女	
	AEMG	IEMG	AEMG	IEMG
手到头顶	三角肌	三角肌	三角肌	三角肌
手到枕骨	三角肌	三角肌	三角肌	三角肌
手到后颈	三角肌	三角肌	三角肌	三角肌
手到异肩	指伸肌	指伸肌	掌长肌	掌长肌
手到同肩	肱二头肌	肱二头肌	肱二头肌	肱二头肌
手到异腰	掌长肌	掌长肌	掌长肌	掌长肌
手到同腰	三角肌	三角肌	三角肌	三角肌
手到骶骨	指伸肌	指伸肌	掌长肌	掌长肌
手到会阴	指伸肌	指伸肌	掌长肌	掌长肌
前臂旋转	指伸肌	指伸肌	指伸肌	指伸肌
手到嘴	指伸肌	指伸肌	指伸肌	指伸肌
手到背部中央	肱二头肌	肱二头肌	肱二头肌	肱二头肌
手到脚	指伸肌	指伸肌	掌长肌	掌长肌

3 结论

(1)在日常生活活动中,动作手到头顶、枕骨、后颈、同腰,三角肌起主要作用;动作手到同肩、背部中央,肱二头肌起主要作用;动作手到嘴和前臂旋转,指伸肌起主要作用;动作手到异肩、骶骨、会阴、脚,男性起主要作

用的肌肉是指伸肌,而女性是掌长肌.

这说明老年人和残疾人在进行日常活动训练时,对不同主肌肉群应采取不同的动作进行训练,男性以指伸肌和三角肌为主,女性以掌长肌和三角肌为主.

(2)正常人体在完成日常生活活动时,从特征参数AEMG和IEMG来看,男性的数值较女性的数值小,说明男性比女性具有更大的肌力潜力.

(3)AEMG和IEMG这两个特征参数在反映肌肉状态方面具有一致性.

参考文献:

- [1] 李卓. 表面肌电的信号分析及应用[J]. 中国医学理论与实践,2006,16(2):153-154.
- [2] 罗志增,王人成. 基于表面肌电信号的前臂手部多运动模式识别[J]. 中国仪器仪表学报,2006,27(9):996-999.
- [3] 雷敏,王志中. 肌电假肢控制中的表面肌电信号的研究进展与展望[J]. 中国医疗器械杂志,2001,25(3):156-160.
- [4] 王健,方红光. 基于表面肌电信号变化的慢性下背痛诊断和运动疗效评价[J]. 航天医学与医学工程,2005,18(4):287-292.
- [5] Cheung J, Halbertsma J P, Veldhuizen A G. A preliminary study on electromyographic analysis of the paraspinal musculature in idiopathic scoliosis[J]. Eur Spine J,2005,14(2):130-137.
- [6] 郑荣强,王子彬,王惠芳. 表面肌电在膝关节运动创伤康复中的应用[J]. 中国康复医学杂志,2008,23(1):81-83.
- [7] 刘振宇. 人体上肢运动参数及肩关节中心的测量[D]. 天津:天津科技大学,2007.
- [8] 严振国. 正常人体解剖学[M]. 北京:中国中医药出版社,2002:64-65.
- [9] Peter Konrad. The ABC of EMG[M]. USA:Noraxon INC, 2005.
- [10] 周爽,朱志洪,朱星萍. 社会统计分析——SPSS应用教程[M]. 北京:清华大学出版社,2006.