

小腿假肢对线对膝关节肌肉活动特性的影响*

贾晓红¹ 李小兵¹ 王人成¹

摘要 目的:研究小腿假肢对线对患者站立状态下膝关节肌肉活动特性的影响,探索最优对线的生物力学依据。**方法:**针对矢状面不同的对线角度,采用 Noraxon™ TeleMYO 2400R 表面肌电信号采集系统,测量健侧和残侧有关的10组肌肉的表面肌电信号。**结果:**为保持站立状态下膝关节稳定,残侧股二头肌和股内侧肌的等张收缩程度高于健侧;调整矢状面对线角度会改变健侧的腓肠内、外肌和残侧股内、外侧肌的收缩程度,当腿管相对于接受腔的屈伸角从-6°增大+6°到时,以上肌肉的表面肌电绝对平均值变化幅度达一倍以上,而双侧股二头肌、健侧股四头肌肌群收缩程度几乎不变。**结论:**小腿假肢矢状面对线对患者站立状态下膝关节肌肉和健侧踝关节肌肉活动特性影响明显,以上结果为假肢的优化对线提供了直观定量的生物力学依据,可以结合残侧承重线、足底压力的分析,寻找指导对线的原则。

关键词 假肢对线;肌电信号;站立;膝关节

中图分类号:R318,R496 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-1242(2006)-12-1119-02

The effects of trans-tibial prosthetic alignment on the activity of knee muscles/JIA Xiaohong, LI Xiaobing, WANG Rencheng//Chinese Journal of Rehabilitation Medicine,2006,21(12):1119—1120

Abstract Objective: To investigate the effects of the prosthesis alignment on the activity of knee muscles, and to find out biomechanical criteria for optimal alignment. **Method:** Surface EMG of ten group muscles of both sides was measured with Naroxon TeleMYO 2400R system when different sagittal alignments were set. **Result:** In order to keep knee joint stable, biceps femoris and vastus medialis of prosthetic side were more active than the sound side. The average magnitude of sEMG of medial and lateral gastrocnemius of sound side, vastus lateralis and vastus medialis of prosthetic side double changed when sagittal alignment was adjusted. Whereas the activity of other muscles almost does not change. **Conclusion:** The activity of knee muscles is influenced by the prosthesis alignment in the sagittal plane. The above finding provides quantitative information for optimal alignment.

Author's address Division of Intelligent and Biomechanical System, State Key Laboratory of Tribology, Tsinghua University, Beijing, 100084

Key words prosthetic alignment; surface EMG; standing; knee joint

在制作假肢过程中,需要通过静态工作台对线、动态对线确定接受腔、腿管、假脚等部分的相对位置和角度关系。尤其是为了适应不同患者之间的个体差异,需要多次反复进行动态对线,整个过程非常耗时,而且依赖于技师的经验和主观判断。所以近年来国内外一些学者致力于从生物力学角度探索最佳对线的依据^[1-4]。

为了使患者在穿戴假肢后能够更好地独立完成日常生活,舒适、节能的站立能力是必不可少的前提。为维持站立姿态和承受体重,下肢各组肌肉处于不同程度的等张收缩状态。肌电信号(electromyography, EMG)作为中枢神经系统支配肌肉活动时伴随的电活动,从一定程度上反映了肌肉的活动特性,广泛应用于临床医学领域^[5]。本文以小腿截肢患者为对象,通过测量相关10组肌肉的表面肌电信号(surface electromyography, sEMG),研究小腿假肢对线和膝关节肌肉活动特性的影响。

1 试验方法

一位23岁男性小腿截肢者参与了本试验研究。该志愿者身高170cm,体重57kg,由于车祸进行了小腿截肢手术,已有5年以上使用组件式小腿假肢的经验。该患者身体健康,

无其他神经、骨骼和肌肉病史和残肢并发症。在本试验中,患者穿戴的假肢采用髌韧带承重接受腔和定踝脚,并分别与腿管通过连接器(Otto Bock 4R21)连接。该连接器允许在矢状面和额状面单独进行角度调整。由于矢状面对线对假肢性能影响较大,所以下主要讨论矢状面对线对膝关节肌肉活动特性的影响。

试验中矢状面对线角度定义见图1。以接受腔为参考位置,图中虚线表示腿管和假脚的初始位置(对线角度为零),实线与点划线分别表示腿管和假脚相对其初始位置在矢状面内调整后的位置,腿管屈膝

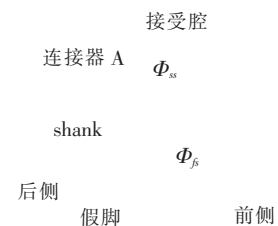


图1 矢状面对线调整参数

* 基金项目:国家自然科学基金资助项目(50305013)

1 清华大学摩擦学国家重点实验室智能与生物机械分室,北京,100084

作者简介:贾晓红,女,博士,副教授

收稿日期:2006-05-08

或假脚踏屈时角度取正值。试验之前,由经验丰富的技师将假肢调整到最佳的对线位置。当进行矢状面对线调整时,额状面对线保持最佳设置。所有对线的角度调整范围都是-6°—6°。每次调整后患者都进行一段时间的适应,确保安全。每次对线调整,患者按照要求依次完成双足、残侧单足自然站立于激光测力平台,并保持5s。

试验系统见图2,在患者保持自然站立状态时,同步测量影响患者站立时下肢生物力学特性的三种特征参数:采用Otto Bock激光测力平台测量假肢侧承重力线、德国Novel公司的Pliance-X系统进行足底压力,同时采用美国NoraxonTM TeleMYO 2400R表面肌电信号采集系统测量sEMG。用酒精棉清洁皮肤,在表面干燥后,将一次性表面肌电电极贴放在肌肉肌腹的中间位置。试验中选择的10组肌肉是影响膝关节活动的主要肌肉,包括:双侧的股直肌、股外侧肌、股内侧肌、股二头肌,残侧的腓肠肌内外侧。另外,还包括参考电极和同步信号共12组信号。采样频率为1500Hz,记录时间为5s。

图2 试验系统示意图

2 结果与讨论

表面肌电信号属于随机信号,本文采用Matlab6.5(Math-Works Inc.)对测量结果进行预处理和时域特征提取。首先根据地面足底压力数据随时间的变化曲线,从持续5s的sEMG采集结果中选取持续100ms的一段数据代表稳定站立阶段10组肌肉的活动特征。通过减去原始信号平均值的方法,消除直流偏移带来的噪声影响;并对所得结果求绝对值进行全波整流,作为后续时域特征提取的基础。

为了定量、直观地比较各组肌肉在不同对线设置下的活动特性,公式1中定义了sEMG的绝对平均值,记做m,单位为μV。

$$m = \frac{1}{s} \sum_{s=1}^{150} |f(s)| \tag{1}$$

其中,s:预处理后数据的序列点数;f(s):预处理后表面肌电信号的幅值(μV)

图3所示为假肢在矢状面和额状面都为最佳对线时残侧与健侧膝关节相关肌肉的活动特性比较。为了保持站立姿态平衡,残侧肌肉收缩比健侧明显,尤其是残侧股二头肌和股内侧肌sEMG的绝对平均值m超出健侧相应肌肉2倍以上。其主要原因在于患者的主观调整,为了保持膝关节稳定,承担伸膝功能的股四头肌肌群和屈膝的股二头肌都需要保持一定的等张收缩,防止膝过伸和屈膝失稳。

额状面对线保持最佳设置,调整矢状面对线,残侧和健

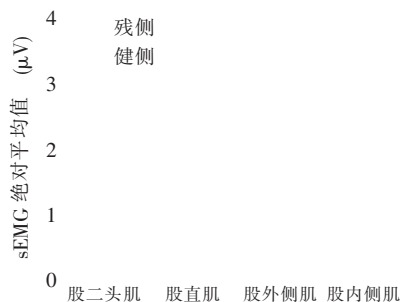


图3 最佳对线状态下健侧和残侧膝关节肌肉活动性比较

侧的膝关节肌肉活动特性表现出不同的变化规律。表1所示为健侧股二头肌和股四头肌肌群以及使脚踏屈的腓肠内、外侧肌sEMG绝对平均值m的变化规律。可以看出,矢状面对线几乎不影响健侧膝关节肌肉的活动,但是在对线改变后腓肠内外侧肌的活动特性变化明显,当Φ_s从负极限位调整到正极限位时,sEMG的绝对平均值m变化了近一倍。这与文献中得出的健侧踝关节对保持平衡起关键作用的结论是一致的^[9]。从表1所示的残侧膝关节肌肉sEMG的绝对平均值m规律也可以发现,股二头肌和股直肌对对线的变化也不敏感。但是Φ_s从-6°增大到+6°时,假肢屈膝角增大,为了维持站姿稳定和舒适,股外侧肌和股内侧肌会增强收缩,进行反向的伸膝调整。表1中残侧肌肉活动特性的变化也可以从另外角度来分析,由于对线角度的改变,导致残侧承重力线相对膝关节解剖中心移动^[1]。Φ_s从-6°增大到+6°会使力线后移,产生屈膝力矩。为了防止该力矩破坏站立姿态的稳定,伸膝肌肉必须增强收缩,保持膝关节力矩平衡。所以股外侧肌和股内侧肌的sEMG绝对平均值会逐渐增大。并且股直肌的sEMG绝对平均值虽然变化很小,但是与股内、外侧肌表现出相同的规律。同时Φ_s增大,使力线从膝关节中心前侧移动到

表1 矢状面对线设置对双侧膝关节肌肉活动性的影响 (sEMG绝对平均值, μV)

对线设置	腓内肌	腓外肌	股二头肌	股直肌	股外侧肌	股内侧肌
健侧						
Φ _f =0, Φ _s =-6°	1.39	3.54	0.50	2.50	2.55	1.15
Φ _f =0, Φ _s =0°	2.11	2.89	0.63	2.59	2.51	1.25
Φ _f =0, Φ _s =+6°	2.81	2.25	0.71	2.57	2.38	1.30
患侧						
Φ _f =0, Φ _s =-6°	-	-	2.58	1.86	1.73	1.23
Φ _f =0, Φ _s =0°	-	-	2.35	1.98	2.51	2.24
Φ _f =0, Φ _s =+6°	-	-	2.31	2.11	2.92	3.06

后侧,股二头肌的收缩逐渐减弱,所以其sEMG绝对平均值略有减小。

3 结论

为了保持膝关节稳定,残侧股二头肌和股内侧肌的等张收缩程度高于健侧,更为耗能。调整矢状面对线角度会对健侧的腓肠肌和残侧股内、外侧肌的收缩程度造成明显影响。以上结果为假肢的优化对线提供了直观定量的生物力学依据,可以结合残侧承重线、足底压力的分析,寻找指导对线的原则。

(下转 1122 页)