

小腿假肢接受腔-残肢生物机械系统三维重构*

方丽丹¹ 贾晓红¹ 罗 勇² 李小兵¹

摘要 目的:建立小腿假肢接受腔-残肢生物机械系统三维几何模型。方法:以一名 25 岁男性小腿截肢患者为对象,采用三维坐标测量和核磁共振成像获得原始数据,利用软件 MIMICS、SURFACER、SOLIDWORKS 等实现了接受腔和残肢的三维重构,并根据接受腔修型模式等完成了系统装配。结果:数字化三维模型较精确的反映了接受腔-残肢系统的几何特征。结论:这种低成本方法可用于假肢数字化设计、有限元分析和计算机辅助制造。

关键词 假肢接受腔;残肢;三维重构

中图分类号:R496, R687.5 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2007)-01-0055-03

Three-dimensional reconstruction of bio-mechanical system of below-knee residual limb in a prosthetic socket/FANG Lidan, JIA Xiaohong, LUO Yong, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2007, 22(1): 55-57

Abstract Objective: To reconstruct a three-dimensional model of bio-mechanical system in a prosthetic socket of below-knee residual limb. **Method:** A subject living with below-knee prosthetic socket for 5 years was recruited, and the original data of the stump was obtained through 3-D measuring and MRI. Three-dimensional models of the prosthetic socket and residual limb were reconstructed separately by software MIMICS, SURFACER and SOLIDWORKS etc, and the system was assembled corresponding to rectification template. **Result:** The new digital 3-D model successfully reconstructed the socket-limb system with high degree of accuracy. **Conclusion:** This technique with low cost was proved to be available for prosthetic socket designing, finite-element analysis and computer-aided manufacturing.

Author's address Dept. of Precision Instruments, Tsinghua University, Beijing, 100084

Key words prosthetic socket; stump; three-dimensional reconstruction

接受腔作为人体和假肢之间唯一的载荷传递通道,其设计和适配是决定患者步态外观和行走功能康复水平的关键之一^[1]。目前假肢接受腔设计主要通过石膏绷带取型、手工修型等系列手段来完成,花费时间长,并且很大程度上取决于假肢技师的知识和熟练程度,主观性强,适配性必须在假肢制作完成后才能判断,重复过程势必会增加成本和时间。

从 20 世纪 80 年代初开始,计算机辅助设计和制造(CAD/CAM)技术被引入假肢行业。经过十多年的发展,CAD/CAM 在接受腔设计和制造中取得了很大的发展^[2-3],可以完成残肢外轮廓的数字化取型、固定化模式的修型和接受腔的快速真空成型。虽然国内外学者建立了简化的二维模型^[4]、轴对称模型^[5]、近似参数化模型^[6]及较精确的三维残肢-接受腔模型^[7]。但是这种系统的应用仍存在很大的局限性,主要是:①残肢外轮廓取型设备昂贵,难以推广。②计算机辅助设计部分缺乏生物力学特性分析,无法判断接受腔设计的好坏。有限元方法被认为是解决第二个问题的有力工具,但是要建立有效的有限元模型,不仅需要精确的残肢外轮廓数字模型,还需要内部骨骼和软组织的三维数字模型。③随着远程康复发展的需要,假肢模型数字化也成为网络交流必须

的基本要求。本文以小腿截肢患者为对象,立足于国内技术现状,从低成本角度出发采用机械式测量和核磁共振结合的方法,提出了一套适合我国国情的较精确的小腿假肢接受腔-残肢生物机械系统三维重构的方法。

1 重构对象

一位 25 岁男性小腿截肢患者自愿参加了本研究。该患者身高 170cm,体重 57kg,1999 年由于车祸接受了小腿截肢手术,已有多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、肌肉病史和残肢并发症。

2 重构方法

2.1 假肢接受腔的三维重构

2.1.1 数据来源:由于患者小腿残肢难以固定、容易变形,直接测量也容易造成对患者的伤害,所以接受腔的重构以修型后的石膏阳模为依据。基于容易实

* 基金项目:国家自然科学基金项目(50575122)

1 清华大学摩擦学国家重点实验室智能与生物机械分室,100084

2 中国康复研究中心

作者简介:方丽丹,女,硕士研究生

收稿日期:2006-05-08

现的接触式测量原理,采用三维坐标测量仪(型号:PMM12106)测量阳模外表面几何特征。测量时以阳模(图 1a)铅垂方向的几何轴线为 z 轴,垂直 z 轴每隔 6mm 截面上沿圆周方法均匀测量 72 个点,点云的三维坐标可以保存为文本文件。

2.1.2 数据处理:点云数据文件转化为三维几何实体,要经过图 1 所示的一系列处理,具体包括:利用常用有限元软件 ANSYS 的批处理功能,将点云数据进行可视化处理,因为数据在同一坐标系下完成采集,所以点云之间相对位置自动确定(图 1b),在此需要将点云图保存为通用格式的几何文件,如 igs 格式,以便用于其他三维造型软件。

软件 SURFACER 是 Imageware 的主要产品,在功能上具有三维重建流程简单清晰等特点。以此为工具,把点云沿 z 轴方向按测量间隔分层,每层生成一条封闭的光滑曲线,即所测量截面的轮廓线(图 1c)。有了以上基础,常用的 Pro-E、UG、Solidworks 都可以用来生成实体。以 SOLIDWORKS 为例,导入轮廓线后,经曲线放样生成光滑的三维曲面,该曲面即为阳模的外表面。由于石膏模是在患者残肢外取型,而残肢和接受腔之间还使用有软衬套。所以需要考虑软衬套的厚度(实验中为 4mm)后,进行法向偏移获得接受腔内表面,同时考虑接受腔本身的厚度,继续向外侧偏移获得接受腔外表面,内外表面之间围成的即接受腔三维实体模型(图 1d)。

2.2 残肢内部结构的三维重构

2.2.1 残肢结构简化:残肢由骨骼、肌肉、脂肪、皮肤等组成,结构复杂;小腿活动靠股骨、胫骨和髌骨构成的膝关节运动实现。因为在有限元分析中不要求膝关节的详细结构,所以在此不考虑半月板等软骨。另外在行走过程中胫骨和腓骨之间几乎不存在相对运动,所以将胫骨和腓骨简化一个整体,以下简称为胫腓骨。在初步研究中肌肉、脂肪、皮肤等构成的软组织简化为一个整体^[6]。

2.2.2 数据来源:基于以上简化,采用核磁共振(magnetic resonance, MR)方法采集残肢截面图像,沿患者小腿残肢每隔 6mm 对横截面进行一次 MR 成像。为了减小软组织的变形,保证重构的精确性和真实性,在成像过程中患者残肢上穿有一个未经修型的接受腔。

2.2.3 数据处理及结果:残肢外轮廓辨识和内部结构的三维重构采用图像处理的方法,过程如图 2 所示。MIMICS 作为专业三维图像处理软件,它可将 MR 或者 CT 灰度图像转化为三维模型文件。利用此软件可以重构 MR 灰度图像中骨骼和软组织的外轮

廓。同样采用 2.1.2 方法可得到图 3 所示股骨、胫腓骨、髌骨和软组织实体。

2.3 系统装配

由于假肢接受腔和残肢的数据采集是在不同的坐标系下完成的,所以在建立接受腔-残肢生物机械系统三维模型时,需要确定两部分之间的相对位置关系。该位置的确定,直接影响有限元分析中残肢界面应力大小及其分布方式,进而影响对接接受腔设计合理性的判断。

在系统装配中,主要依据小腿残肢的解剖结构、取型方法、接受腔修型方法^[8]。修型位置和修型量的大小,决定了残肢外表面和衬套内表面初始位置之间是否存在干涉、干涉量的大小。髌韧带和腘窝处刮削修型量最大,产生最大干涉;胫骨外侧刮削修型量大于内侧,干涉也相应有差别。在腓骨头等增补修型区不产生干涉。装配后的系统模型如图 4 所示(见后置彩色插页 1)。

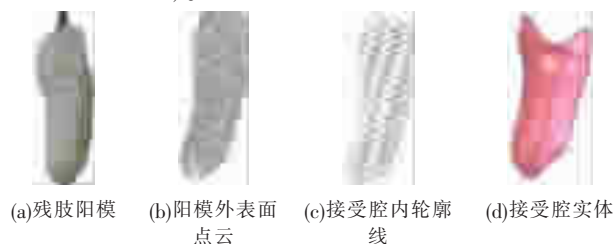


图 1 接受腔重建

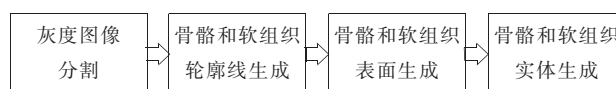


图 2 残肢内结构重构流程

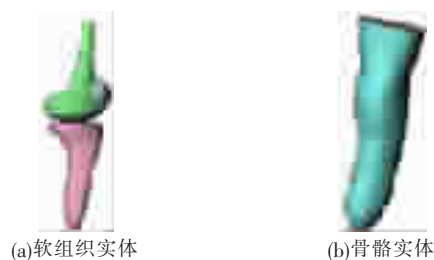


图 3 残肢内结构重构

3 结论

本文采用三坐标接触测量和核磁共振成像建立了假肢接受腔-残肢生物机械系统三维几何模型,可应用于假肢数字化设计、有限元分析和计算机辅助制造,并为截肢患者远程康复的实现提供了基本工具。这套方法基于我国技术现状,以较低成本实现生物机械系统的三维重构,可以用于其他人体器官和人机系统的数字化几何建模。

参考文献

- [1] Jia Xiaohong, Zhang Ming, Winson CCL. Load transfer mechanics

- between trans-tibial prosthetic socket and residual limb-dynamic effects[J]. J Biomechanics, 2004, 37:1371—1377.
- [2] 王人成.假肢技术的研究热点及发展趋势[J].中国康复医学杂志, 2005, 20(7): 483.
- [3] 张晓玉. 现代假肢中新结构、新材料和新工艺[J]. 中国临床康复, 2002, 6 (20): 2989—2991.
- [4] Zhang M, MakArthur FT. Finite element analysis of the load transfer between an above-knee residual limb and its prosthetic socket—roles of interface friction and distal-end boundary conditions[J]. IEEE Rehabil Eng, 1996, 4(4): 337—346.
- [5] Finney L. Simulation of donning a prosthetic socket using an

idealized finite element model of the residual limb and prosthetic socket [C]. 10th international conference on biomedical engineering, 2000, 6—9: 71—72.

- [6] Silver Thorn MB, Childress DS. Generic, geometric finite element analysis of the transtibial residual limb and prosthetic socket[J]. J Rehabil Res Dev, 1997, 34(2): 171—186.
- [7] 贾晓红, 方丽丹, 张明, 等. 膝下残肢界面应力准动态有限元模型研究[J]. 中国康复医学杂志, 2005, 20(7): 484—486.
- [8] 泽村诚志编, 张国凤译. 假肢学 [M]. 北京: 中国社会科学出版社, 1992. 188—191.

·传统医学与康复·

太极拳运动对中老年男子性功能的影响

张 玮¹ 洪 熊¹

1 资料与方法

诊断为性功能障碍患者 80 例, 均为男性, 病程 1—150 个月, 平均 23.5 个月。随机抽样分为两组, 一组按医嘱服药和坚持太极拳运动, 年龄 30—70 岁, 平均年龄 53.6 岁, 太极拳练习持续 60min/d, 每周练习 4 次。另一组按医嘱服药参加健身走锻炼, 年龄 30—70 岁, 平均年龄 53.2 岁, 健身走练习持续 60min/d, 步速 100—120 步/分钟。实验周期共 24 个月。

选用国际公认的性功能问卷调查表^[1], 分性欲、勃起功能、射精功能、高潮情况 4 个方面, 根据各项的严重程度进行评分。调查表满分 37 分, 性欲共 3 项满分 13 分; 勃起功能共 3 项满分 14 分; 射精功能 1 项满分 5 分; 高潮情况 1 项满分 5 分。两组患者在实验前和实验后进行单独问卷调查。

采集两次血清标本, 第一次采集时间为 2004 年 2 月, 第二次采集时间为 2006 年 2 月抽取受试者餐前空腹静脉血 2—3ml, 分离血清后, 放置冰箱保存待测。血清睾酮采用放射免疫分析法检测。放免分析仪采用美国 Packard 公司 A5412 型 R 多探头自动计数仪。

运用 SPSS10.0 统计软件进行统计学分析。各组数据以均数±标准差表示, 组间比较采用 *t* 检验。

2 结果与讨论

见表 1—2。

男性性功能包括性欲、勃起、性高潮至射精的一系列连锁反应, 每个环节均有独特的机制但又有密不可分的关系。而睾酮浓度不足可以影响精子的发生、活力和受精能力^[2]。

本研究中的两种不同运动都可以改善中老年男子性功能障碍, 但程度不同, 试验组患者在性欲上明显高于对照组, 太极拳运动可以提高性欲。太极拳能缓解中老年人的心理压力, 从而改善中老年人的性欲功能障碍。勃起功能是性功能中的重要部分, 练太极拳可使阴阳调和, 以维持正常的生理状态, 从而可以促进阴茎的勃起功能。健身走有增强体质之功。但很难达到太极拳的效果。射精和高潮是两个密不可分的功能^[3], 中医学认为: 人的性功能与肾脏有着密切的关系, “肾藏精, 腰者, 肾之府”^[4], 反过来说练腰可以强腰固本, 生

表 1 两组患者实验前及实验 24 个月后
性功能调查结果比较

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

	实验前		实验后	
	实验组	对照组	实验组	对照组
性功能总分	5.8±1.14	5.7±1.19 ^①	18.5±5.37	14.8±4.3 ^②
性欲	1.7±0.22	1.6±0.23 ^①	6.3±2.15	5.5±1.26 ^②
勃起功能	3.2±0.54	3.3±0.56 ^①	7±2.52	6±2.53 ^③
射精功能	0.6±0.27	0.5±0.28 ^①	3.1±0.34	2.1±0.24 ^②
高潮情况	0.3±0.11	0.3±0.12 ^①	2.1±0.36	1.2±0.27 ^②

与实验组治疗前比较: ① $P>0.05$;

与实验组治疗后比较: ② $P<0.01$, ③ $P>0.05$

表 2 两组患者实验前及实验 24 个月后

血清睾酮(T)值比较

(ng·ml⁻¹, $\bar{x} \pm s$)

	实验组	对照组
第一次标本采集	4.59±0.62	4.57±0.63
第二次标本采集	7.85±1.12 ^②	6.24±1.30 ^①

①组内治疗前后比较 $P<0.01$; ②组间比较 $P<0.01$

精。练习太极拳最主要的是练腰, 因此坚持 24 个月太极拳运动的中老年人在射精和高潮这两个性功能上比参加健身走的中老年人普遍要好 ($P<0.01$)。血睾酮(雄激素)水平高低直接影响男性性欲、勃起、性高潮至射精等性功能。本实验表明, 中大强度太极拳和健身走运动, 能使中老年男子血清睾酮明显升高, 尤其是太极拳运动, 动静结合柔和缓慢动作能使人体运动达到适宜的强度, 使血清睾酮水平升高。通过本次调查研究, 练习太极拳可以改善中老年男子性功能障碍。

参考文献

- [1] 薛兆英, 许又新, 马晓年, 主编. 现代性医学[M]. 北京: 人民军医出版社, 1995. 113—546.
- [2] 石志才, 袁文, 李家顺, 等. 脊髓型颈椎病与性功能障碍[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 1998, 8(4): 212—213.
- [3] 詹鹰, 刘继红. 睾酮体外对人精子运动参数的影响[J]. 中国男科学杂志, 2004, 18(2): 19—22.
- [4] 岑泽波主编. 中医伤科学[M]. 第 1 版. 上海: 上海科学出版社, 1999. 217.

1 江西中医学院体育教学部, 江西省南昌市阳明路 56 号, 330006

作者简介: 张玮, 硕士, 讲师, 主治医师

收稿日期: 2006-04-06