

## 建立数字化虚拟中国男性一号膝关节的有限元模型

张美超<sup>1</sup> 袁卫东<sup>1</sup> 袁林<sup>1</sup> 袁鉴<sup>1</sup> 袁轶<sup>1</sup> 袁雷<sup>1</sup> 袁世<sup>1</sup> 袁镇<sup>1</sup> 第一军医大学中国人民解放军医学生物力学重点实验室 广东广州 510515

**摘要** 目的 针对数字化虚拟中国男性一号的膝关节断面切片图像建立可供有限元结构仿真分析的膝关节三维模型。方法 将中国数字化虚拟人体男性一号膝关节部位的薄层切片数码图像输入 PC 机, 经过分割、配准等处理后, 利用三维重建软件 Mimics 建立三维图像, 然后通过自由造型系统进行表面光滑处理, 并对表面图像矢量化, 存储为有限元仿真分析可以接受的格式。结果 建立了人体膝关节的三维计算机模型, 并转换为 IGES 格式, 可以提供膝关节的有限元生物力学仿真分析。结论 利用 Mimics 重建后的三维计算机模型, 经自由造型系统 FreeFormplus 转换后应用于有限元仿真分析。

**关键词** 虚拟中国人; 膝关节; 三维重建; 有限元

中图分类号 R322 文献标识码 B 文章编号 000-2588(2003)06-0527-03

## Three-dimensional reconstruction of the knee joint of digitized Virtual Chinese Male No.1 by finite element simulation

ZHANG Mei-chao, ZHAO Wei-dong, YUAN Lin, LI Jian-yi, TANG Lei, ZHONG Shi-zhen

PLA Key Laboratory for Medical Biomechanics, First Military Medical University, Guangzhou 510515, China

**Abstract:** Toprovideathree-dimensional (3D) modelofthekneejointofdigitizedVirtualChineseMaleNo.1forfinite elementsimulation,thedigitizedimagedataoftheserialsectionsofthevirtualhumankneejointwereimportedtoacomputer for3DreconstructionusingMimicssoftwareafterimagesegmentationandregistration. Surfacesmoothingofthereconstructed modelwasperformedwithFreeFormsystemandtransformationtoIGESformatexecuted.Followingthese procedures, the3D modelofIGESformatofkneepointwasreconstructed,whichcanbeusedforfiniteelementsimulation.

**Key words:** VirtualChineseHuman;kneejoint;three-dimensionalreconstruction;finiteelement

计算机三维影像重建能够直观、准确地反映人体结构, 为临床提供诊断信息和依据, 实现虚拟人体的可视化, 之后可将可视化模型进一步用于物理仿真, 即实现虚拟可视人向虚拟物理人的转变。有限元仿真在物理仿真方面应用较为成熟, 可进行结构力学等仿真分析, 因此如何将三维重建的计算机模型转换为 CAD 格式, 提供有限元仿真分析, 是实现虚拟物理人建模过程中的重要一步。建立三维真实的人体膝关节生物力学模型是目前膝关节研究的迫切需要。本文针对中国虚拟人男一号的膝关节部位断层切片数据进行三维重建, 然后利用自由成型系统对此模型进行修改处理, 并转化为 IGES 格式, 提供后续有限元物理仿真使用。

### 1 材料和方法

膝关节三维重建的原始数据来源于中国虚拟人男一号的断面切削数据集。该数据集的获取是在冷冻室内用高精度的数控机床, 切削精度为 0.005mm, 对倒立放置的标本从脚到头倒立逐层铣切, 每层厚度为 0.2mm。切削完一层后采用富士高清晰度的数码相机拍照, 数字化摄影分辨率为 600 万像素, 最小点距 0.2mm 左右, 并以 TIFF 文件格式保存。每个断面图像文件大小为 17.5MB。采用中国虚拟人男一号的膝关节部位断层切片数据进行三维重建。膝关节部位连续断面共计 120 个层面, 从胫骨粗隆到股骨内髁, 上髁与内髁侧唇之间。整个膝关节部位三维重建后的文件大小约 2.1GB。在把断面图像转入 PC 机处理之前, 将图像转换为无损的 BMP 格式。在 WINDOWS XP 操作系统中, 利用 WINDOWS 自带的画图软件对断面图像进行处理, 包括图像配准和图像边缘分割。其中, 图像配准过程是通过每张图像上的 4 个定位杆来完成的, 以保证上层图像重建过程中的连续性。边缘处理过程是把膝关节部位的图像与周围组织通过灰度值区分开, 保证有选择性地重建。图像处理完成后输入三维重建软件 Mimics, 调整好图像的层间距 0.2mm, 和像素点距 0.2mm, 进行格式转

收稿日期 2003-05-19

基金项目 院国家高技术研究发展 63 计划 001AA231031, 2002AA231021 广东省科技攻关项目 002B30611

Supported by National "863" Project for High-tech Research (2001AA231031, 2002AA231021) and Guangdong Provincial Foundation for Key Sci-tech Research (2002B30611)

作者简介 张美超 1974- 男, 湖北蕲春人, 讲师, 博士, 主要从事生物力学研究。电话 20-61640114-89091, E-mail mc@fimmu.edu.cn

通讯作者 袁林 电话 20-61648199

换后开始膝关节的三维立体图像重建

2 结果

经 Mimics 软件重建后的膝关节三维模型见图 1 重建的膝关节模型基本符合实际情况但是此模型只能用来作三维显示及相关操作测量内部显示等空间结构处理不能用来进行物理场和物理过程模拟不能对模型实现物理化另外此模型的表

面还比较粗糙某些部位的杂点数据也需要除去因此若想对此膝关节进行生物力学结构仿真在外加载荷情况下膝关节的应力应变分布需要对其进行进一步的处理把此模型导入三维自由造型系统 FreeFormplus 公司制造该系统可对三维计算机模型进行光滑及除噪同时可根据需要进行切割填充缩放变形等随意处理因此被形象地称作计算机雕刻经自由造型处理后的膝关节模型见图 2

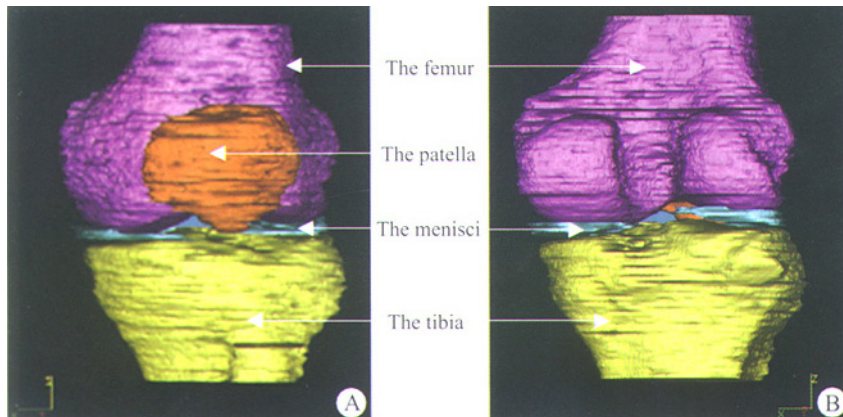


图 1 重建膝关节模型  
Fig.1 Reconstruction of knee joint model  
A:Frontalview;B:Postal view

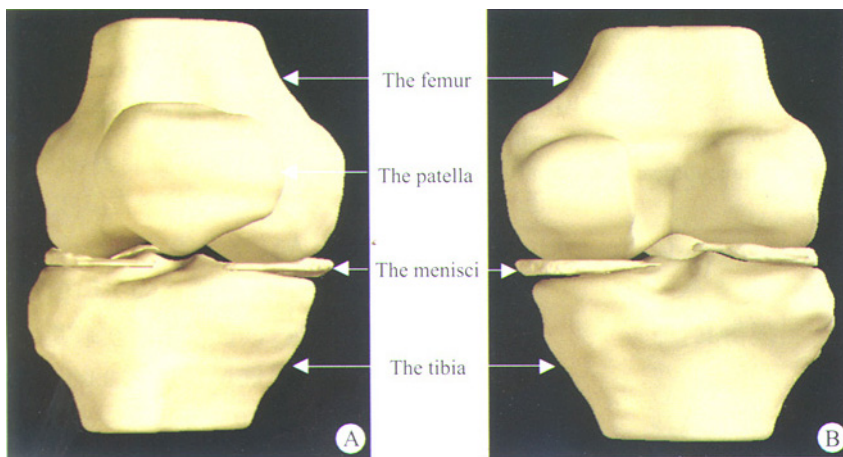


图 2 膝关节计算机雕刻处理模型  
Fig.2 Three-dimensional reconstruction of the knee joint after processing with FreeForm plus software  
A:Frontalview;B:Postal view

3 讨论

膝关节是人体运动系统中一个重要的骨连接部位建立它的三维计算机模型有助于了解股骨胫骨髌骨半月板等结构的形态相互位置和联系方式对临床膝关节手术或人工膝关节假体设计有着直接的指导意义目前国内多采用数学模型二维平面模型或静态模型对膝关节进行模拟分析有限元仿真也是其中的一个重要研究手段但在大多数研究中所用的膝关节模型在结构上与实际有所不符因此必须建立三维真实的人体膝关节模型才能正确地分析膝关节的生物力学特性由于采用了中国虚拟人男一号的断面切片数据本文重建的膝关节模型与实际十分接近而且经过自由造型系统处理后该模型可直接应用于有限元分析等 CAD 软件进行结构

力学仿真分析模拟膝关节在各种负载条件下各部位的应力应变分布这将有助于进一步了解膝关节的生物力学特性

参考文献

王西十,白瑞蒲.关于人膝关节生物力学模型的研究现状[J].力学进展,1999,2(29):244-9.  
 WangXS,BaiRP.ReviewonBiomechanicalmodelingforhuman kneejoint[J].AdvMechanics,1999,2(29):244-9.  
 原林,唐雷,黄文华,等.虚拟中国人男性一号(VCH-M1)数据集研究[J].第一军医大学学报,2003,23(6):520-3.  
 YuanL,TangL,HuangWH,et al.ConstructionofdatasetforVirtual Chinese-MaleNo.1[J].FirstMilMedUniv/DiYiJunYiDaXue XueBao,2003,23(6):520-3.  
 SmithGL.Biomechanicalanalysisofkneeflexionandextension[J].JBiomech,1973,6(1):79-92.  
 BlacharskiPA,SomersetJH,MurrayDG.Athree-dimensionalstudy

of the kinematics of the human knee 哨暂 J Biomech, 1975, 8(6): 375-84.

哨暂 Moeinzadeh MH, Engin AE, Akkas N. Two-dimensional dynamic modeling of human knee joint 哨暂 Biomech, 1983, 16(4): 253-64.

哨暂 Turner ST, Engin AE. Three-body segment dynamic model of the human knee 哨暂 Biomech, 1993, 115(4A): 350-6.

哨暂 王西十, 白瑞蒲, Tumer ST, 等. 股骨-胫骨-髌骨三人体膝关节咬合运动数学模型 哨暂 生物医学工程学报, 1998, 15(4): 360-2.

Wang XS, Bai RP, Tumer ST, et al. A human knee articulation mathematical model on femur-tibia-patella 3-segments [J]. JBimed Eng, 1998, 15(4): 360-2.

哨暂 帅玉妹, 曹清. 气压膝关节机构强度的三维有限元分析 哨暂 江汉石油学院学报, 2000, 22(2): 40-2.

Shuai YM, Cao Q. Analysis on the strength of lower-extremity pneumatic knee-mechanism by three-dimensional finite element method 哨暂 Jianghan Petroleum Instit, 2000, 22(2): 40-2.

哨暂 洪水棕, 王亚卿, 郭文正. 修正型人工膝关节在单双膝负荷下两种固定界面胫骨平台的力学数值分析 哨暂 中国生物医学工程学报, 2000, 19(4): 415-22.

Hong SZ, Wang YQ, Guo WZ. The numerical analysis near platform for human knee joint in unilateral and bilateral loads 哨暂 Chin JBimed Eng, 2000, 19(4): 415-22.

哨暂 李强一, 王以进, 张秋察. 股骨髁间骨折三种内固定方法生物力学实验研究与临床应用 哨暂 骨与关节损伤杂志, 2000, 15(1): 19-21.

Li QY, Wang YJ, Zhang QC. Biomechanical experiments and clinical of three internal fixation methods for fracture of femoral condyle 哨暂 Bone Joint Inj, 2000, 15(1): 19-21.

# 经纤维支气管镜取气管内大量羊毛 1 例报道

## Removal of large quantity of wool from the trachea through fibrobronchoscope: report of one case

苏瑾 袁万成 袁绍曦 袁月仙 袁娥英 渊 第一军医大学南方医院呼吸内科 袁广东 广州 510515 冤

关键词 纤维支气管镜 气管内异物  
中图分类号 隍562 文献标识码 隍 文章编号 隍000-2588(2003)06-0529-01

### 1 病例资料

患者男 袁7 岁 袁由漆工人 袁因反复左侧胸闷 尧胸痛 尧咳嗽 尧咯血 10 年来 我院就诊 遥10 年前曾当油漆工人 2 年 袁当时需用羊毛刷反复抹平木板面 袁戴口罩 袁因患有萎缩性鼻炎 袁深吸气 遥逐渐觉左侧胸痛 尧胸闷 尧刺激性呛咳 袁以躺下及晨起体位变化时明显 袁少量血丝痰 遥X 线示左上肺小片状阴影 遥当地医院予以抗结核治疗 2 年 袁无效 袁病情加重 袁咳嗽 尧痰增多 袁胸闷明显 遥6 年前在某大医院行纤维支气管镜检查术 袁未发现异物 袁诊断为左上肺支气管扩张 袁抗炎 尧体位引流等治疗 袁咯血停止 袁仍有反复咳嗽 尧痰液 袁中见少量羊毛及干酪样坏死物质 遥于 2002 年 8 月 5 日来我院就诊 袁诊断为支气管异物 袁月 6 日行纤维支气管镜异物取出术 遥

术中操作过程 袁采用潘太克斯 渊ENTAXEPM-1000 型 冤纤维支气管镜 袁利多卡因雾化吸入麻醉 袁经鼻入镜 袁按常规操作 遥窥见隆突光滑锐利 袁位置无偏移 袁总气管 尧左主支气管粘膜充血肿胀 袁软骨环欠清晰 袁右肺上 尧中 尧下叶各段管腔开口粘膜正常 袁左上支气管粘膜充血肿胀明显 袁前支见羊毛状异物围绕成圈 袁堵塞左上叶前支开口 遥用活检钳将羊毛小心钳出后 袁窥前支通畅 袁亚段支气管扩张 袁其中一亚段粘膜缺血 袁暗红色 袁可见有成团干酪样物质附着 袁钳夹后仍有少量残余 遥上舌支可见较多散在羊毛状异物附着 袁予活检钳一根一根钳出 遥因毛

发量多 袁难以取净 袁隔其 2 d 后再次行异物取出术 遥左下背支尧左下基底支粘膜轻度发红 袁表面光滑 袁腔通畅 袁少许稀薄分泌物 袁未见异物 遥2 d 后再次行纤维支气管镜异物取出术 袁窥左主支气管仍充血肿胀 尧前支开口通畅 袁支气管扩张 袁纤维支气管镜顺利通过亚段 尧亚段 袁取出较多粘痰 袁未见羊毛状异物及干酪样物质 袁舌支尧左下背支尧左下基底支粘膜轻度发红 袁表面光滑 袁腔通畅 袁少许粘性分泌物 袁未见异物或出血 遥

### 2 讨论

本例患者在外院首先诊断为结核 袁抗结核治疗 2 年 袁未见效果 袁年前曾行纤维支气管镜检查术 袁诊断为左上肺支气管扩张 袁但未对病因作出诊断 袁以致治疗效果欠佳 遥支气管扩张常发生于下叶支气管 袁上肺支气管扩张较为少见 遥结合病史 袁患者年幼时未发生过上肺炎 袁症状在当油漆工人 2 年后出现 袁咳嗽出羊毛状异物 袁因此考虑为支气管异物 遥由于支气管堵塞 袁流不畅导致支气管扩张 遥纤维支气管镜检查证实了诊断 遥考虑到术中有一定的操作难度 袁我们进行了必要的术前准备 袁术前患者心理安慰 袁包括术前常规签字 尧备好止血药物 遥进入镜后先吸净脓性分泌物 袁保证视野清晰 袁用活检钳夹住羊毛一根一根取出 袁部分附壁难以取出的羊毛 袁采用钢刷配合 遥整个手术过程持续近 1 h 袁取出数十根羊毛 遥第 1 次术后同时给予抗炎 尧祛痰 尧对症治疗 袁第 2 次纤维支气管镜检查时见异物已完全消失 袁患者将残留异物完全咳出 遥术后继续抗炎治疗 遥随访患者 袁周后胸闷 尧胸痛消失 袁偶有咳嗽 袁无痰 尧咯血 遥

收稿日期 隍002-10-29

作者简介 隍苏瑾 渊973- 冤女 袁福建福州人 袁1999 年毕业于第一军医大学 袁主治医师 袁电话 隍20-61641575