

建立足部三维有限元数字模型

周宇宁¹, 张宏², 陈相春², 闫占平², 刘锋¹, 任国山¹, 王素玲³(¹河北医科大学解剖教研室, 河北省石家庄市 050017; ²石家庄医学高等专科学校解剖教研室, 河北省石家庄市 050071; ³河北省血液中心, 河北省石家庄市 050000)

文章亮点:

实验想探索一种既简便快速又精准实用的足部建模方法, 为足部数字化研究及医疗搭建一平台。实验结合使用 Mimics10.0, Geomagic9.0, Ansys10.0 软件, 建立了足部比较完整的有限元模型, 为足部生物力学分析奠定了基础。

关键词:

实验动物; 骨及关节损伤模型; 足部; 三维重建; 数字化骨科; 有限元; 数字模型; 生物力学; 螺旋CT; 软骨; 韧带; 体网格; 面网格

主题词:

组织工程; 足骨; 软骨; 韧带; 生物力学

基金资助:

河北省科技攻关项目(11276103D-16)

摘要

背景: 克服传统标本力学分析的不利因素, 建立逼真的足部各结构有限元模型, 是对足部进行有限元力学分析的重要基础。

目的: 建立足部的三维有限元数字模型, 为正常足部及足部损伤情况下的有限元力学分析打基础。

方法: 对 1 名健康女性志愿者行双足螺旋 CT 扫描, 将所得图像在 Mimics 软件中重建三维模型, 在 Geomagic 软件中生成实体模型, 最后在 Ansys 中建立足部主要结构的三维有限元数字模型。

结果与结论: 实验建立了包括全部骨骼、主要软骨和韧带、皮肤及软组织在内的人足有限元数字模型。利用 CT 数据及 Mimics、Geomagic、Ansys 软件可以建立人足全部足骨的三维有限元数字模型, 该模型与实际骨骼模型大小、形态一致, 并且可以随意旋转, 任意角度观看, 进行各种测量, 可将足部骨骼任意拆分或合并, 适合进行生物力学分析。

周宇宁, 张宏, 陈相春, 闫占平, 刘锋, 任国山, 王素玲. 建立足部三维有限元数字模型[J]. 中国组织工程研究, 2015, 19(5):662-666.

Establishment of three-dimensional finite element digital foot model

Zhou Yu-ning¹, Zhang Hong², Chen Xiang-chun², Yan Zhan-ping², Liu Feng¹, Ren Guo-shang¹, Wang Su-ling³ (¹Department of Anatomy, Hebei Medical University, Shijiazhuang 050017, Hebei Province, China; ²Department of Anatomy, Shijiazhuang Medical College, Shijiazhuang 050071, Hebei Province, China; ³Hebei Province Blood Center, Shijiazhuang 050000, Hebei Province, China)

Abstract

BACKGROUND: To overcome the disadvantages of traditional mechanical analysis of specimens, and establish the finite element model of realistic foot, are the important basements for the finite element mechanical analysis on foot.

OBJECTIVE: To establish three-dimensional finite element model of foot and lay the foundation for the finite element analysis of normal foot and foot injury.

METHODS: A healthy female volunteer was involved in this study and was detected with spiral CT scanning on the feet. The resulting image was used to reconstruct the three-dimensional model by using Mimics software. Then entity model was generated in Geomagic software. Finally three-dimensional finite element model was established based on the digital main structure in Ansys.

RESULTS AND CONCLUSION: The established finite element digital model of human foot included all bone, cartilage and ligament, skin and soft tissue. The three-dimensional finite element model of human foot was established based on CT data and using Mimics, Geomagic, Ansys softwares. The established model had similar size and shape with skeletal mode, and can rotate freely in any angle for a variety of measurement, the foot bones can be arbitrarily split or merge, which is suitable for biomechanical analysis.

Subject headings: Tissue Engineering; Bones of Foot; Cartilage; Ligament; Biomechanics

Funding: the Science and Technology Project of Hebei Province, No. 11276103D-16

周宇宁, 男, 1981 年生, 辽宁省清源县人, 汉族, 2010 年河北医科大学毕业, 硕士, 主要从事数字医学研究。

通讯作者: 刘锋, 博士, 教授, 硕士生导师, 河北医科大学解剖教研室, 河北省石家庄市 050017

通讯作者: 任国山, 教授, 硕士生导师, 河北医科大学解剖教研室, 河北省石家庄市 050017

doi:10.3969/j.issn.2095-4344.

2015.05.002

[http://www.crter.org]

中图分类号:R318

文献标识码:B

文章编号:2095-4344

(2015)05-00662-05

稿件接受: 2014-11-14

Zhou Yu-ning, Master, Department of Anatomy, Hebei Medical University, Shijiazhuang 050017, Hebei Province, China

Corresponding author: Liu Feng, M.D., Professor, Master's supervisor, Department of Anatomy, Hebei Medical University, Shijiazhuang 050017, Hebei Province, China

Corresponding author: Ren Guo-shan, Professor, Master's supervisor, Department of Anatomy, Hebei Medical University, Shijiazhuang 050017, Hebei Province, China

Accepted: 2014-11-14

Zhou YN, Zhang H, Chen XC, Yan ZP, Liu F, Ren GS, Wang SL. Establishment of three-dimensional finite element digital foot model. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu. 2015;19(5):662-666.

0 引言 Introduction

足是人体力学系统的基石, 直接与地面接触, 能够吸收运动振荡、缓冲地面反作用力, 稳定人体重心, 在人体的运动中扮演着非常重要的作用^[1]。足部结构异常及损伤除导致足踝部疼痛、畸形外, 还可进一步影响下肢、骨盆、脊柱等力学功能的正常发挥。

人体足部的结构复杂, 病变和损伤也非常多见, 而许多足部疾病都与其生物力学特性密切相关。因此, 分析足的力学特性, 对足损伤的手术治疗及功能重建具有重要意义。

传统的生物力学研究多采用动物实验或体外实验的方法, 对足部进行生物力学研究受测量方式、标本与活体的差异等不利条件的限制, 进展十分缓慢。近年来随着有限元分析法在生物力学中的应用^[2-8], 使足部三维有限元模型的建立及其应用成为现实。

相比传统的生物力学方法, 足部运用有限元分析可以完成很多传统方法无法完成的实验, 其优点有: ①有限元分析可分析关节内部的应力应变大小和分布、变化趋势和不同步态时足内部应力的变化过程。预测软组织硬化、骨质疏松、韧带损伤、关节融合、手术截骨等对足踝部的影响。②有限元模型可以代替尸体模型进行预实验, 通过多样化的预实验模拟来筛选最优的实验条件与方法, 有效减少实验材料的消耗, 缩短实验周期。③有限元方法用于足踝部支具、足垫的设计与制作, 使设计与制作适合实际需求, 减少制作的周期与成本。④可以进行实验室无法进行的应力应变分析, 从而为实验室实验提供参照依据。

有限元分析的基础是模型的建立和网格的划分。过去缺乏建模工具, 往往采取直接根据结构的几何外形建立节点和单元而得到有限元模型, 一般只适合简单的结构系统, 无法完全反映正确的人体足部结构。目前最常用的建模方法是根据人体的医学影像数据, 如CT(计算机断层扫描图像)、MRI(核磁共振图像)建立人体某部位三维有限元模型^[9-12]。所建模型的合理性和准确性是利用有限元法进行人体骨骼系统生物力学分析的关键, 应用CT或MRI的计算机三维影像重建虽然可以直观地反映人体结构, 为临床提供部分诊断信息, 但无法以此直接进行生物力学分析。

建立面向个体的、合理准确的人体足部骨骼系统的生物力学模型是一个较难解决的问题。足部骨骼系统是人体骨骼系统中最复杂的部分, 包括26块骨、30多个关节, 还有很多韧带、肌肉等软组织, 是一个复杂的装配体。近年来, 国内外学者尝试了多种建模方法, 建立了不同的人足数字模型^[13-16], 各有优缺点。

实验想探索一种既简便快速又精准实用的足部建模方法, 为足部数字化研究及医疗搭建一平台。实验结合使用Mimics 10.0、Geomagic 9.0、Ansys 10.0软件, 建立了足部比较完整的有限元模型, 为足部生物力学分析奠定了基础。

1 对象和方法 Subjects and methods

设计: 单一样本可重复, 计算机模拟实验。

时间及地点: 2008年9月至2010年3月在河北医科大学数字解剖学研究室完成。

对象: 选取一健康女性志愿者, 52岁, 身高164 cm, 体质量57 kg, 通过了解其病史及进行X射线片检查, 排除足部器质性损伤及畸形。

足部三维有限元数字模型的建立实验主要仪器: 螺旋CT(GE MEDICAL SYSTEMS/Light Speed 16)由河北医科大学第三附属医院影像科提供。SUN工作站(CPU: 2.4 GHz×2, 内存: 2 GB, 显卡: Quadro FX 4400 128 MB, Windows XP操作系统)由河北医科大学提供。

足部三维有限元数字模型的建立实验应用软件: 医用图像与三维重建软件MIMICS10.0(Materialise公司, 比利时), 逆向工程软件Geomagic9.0(Raindrop, 美国), 有限元分析软件ANSYS 10.0(ANSYS公司, 美国)。

方法:

CT图像扫描: 志愿者取仰卧位, 将双足部固定做CT螺旋扫描。扫描范围包括足尖至胫骨远端约4 cm、腓骨远端约5 cm在内的所有骨及关节。螺旋扫描参数为: 120 kV, 36 mA, 螺旋层厚0.699 mm, 床进速度0.707 mm/s。最终得到239幅二维扫描断层图像, 分辨率为512×512像素。CT扫描数据以DICOM(Digital Imaging and Communications in Medicine)格式存储到可读写光盘。

MIMICS10.0建模: 将CT扫描的DICOM文件导入MIMICS10.0软件, 利用软件自带的阈值调整工具(Thresholding)提取轮廓(图1)。

将阈值界定在226-3 071 Hu, 形成蒙皮(Mask), 将骨与其他组织明显地区分开来。利用MIMICS10.0自带的3D生成(Calculate 3D)功能, 生成原始的足部骨骼3D模型(图2A)。将MIMICS 10.0所建模型与CT图像工作站所建3D模型对比以确认其准确性(图3)。利用区域增长工具(Region growing)选择热区, 分割足部骨骼模型, 并利用Calculate 3D生成单个足骨模型。利用选择性编辑(edit masks)去除各足骨的毛刺、填补骨骼层内的假孔, 使分割得到的骨骼模型表面光滑, 去除冗余数据。将MIMICS10.0软件处理好的各足骨3D模型进行格式转换, 转为能为Geomagic9.0软件所识别的三维图形格式输出并保存。

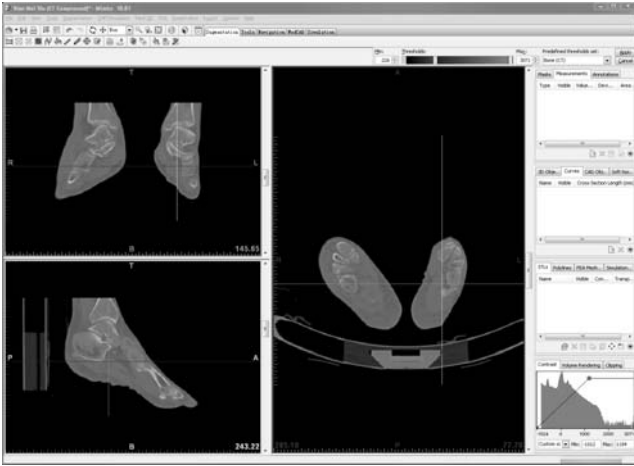


图1 CT数据输入MIMICS和上下阈值设置
Figure 1 CT data input to MIMICS and the upper and lower threshold setting

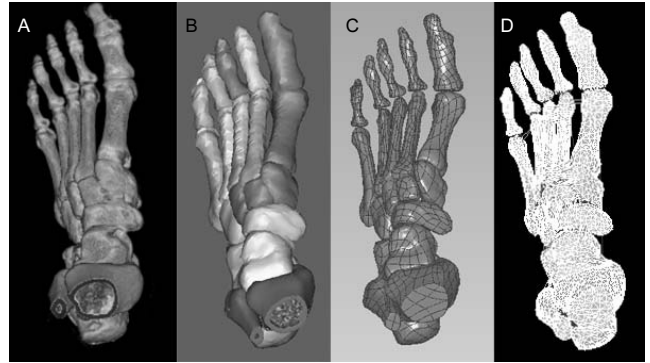


图3 人足骨的CT重建模型和有限元模型
Figure 3 CT reconstruction model and finite element model of foot bones
图注: 图中A为CT重建模型; B为3D可视化模型; C为3D实体模型; D为有限元模型。

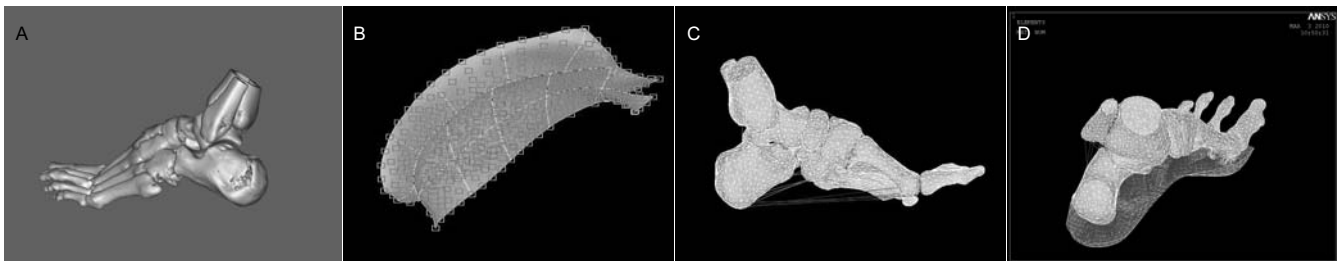


图2 足部骨骼三维模型建模过程
Figure 2 Establishing three-dimensional models of the foot skeleton
图注: 图中A为在Mimics中建立的足部骨骼三维模型; B为ANSYS中生成的距跟关节软骨模型; C为ANSYS中生成的足部主要韧带; D为ANSYS中足底软组织的生成。

表1 足骨实体模型中各种成分材料属性
Table 1 Material properties for various components in current model

组织结构	弹性模量 (MPa)	泊松比
骨骼结构	7 300	0.3
关节	10	0.4
韧带	260	-
跖腱膜	350	-
足底皮肤	1	0.49
软组织	1	0.49

足骨实体模型的建立: 将MIMICS10.0软件生成的三维图形文件导入逆向工程软件Geomagic9.0.进行剪辑处理。经过点云阶段(Point Phase)、多边形阶段(Polygon Phase)、成形阶段(Shape Phase)的处理,最终生成各足骨的实体模型。对各骨进行装配生成整体足骨实体模型,最后生成能被ANSYS等有限元软件所识别的IGES文件。

ANSYS10.0软件中有限元模型的建立: 将Geomagic 9.0软件里生成的实体模型,导入到有限元分析软件ANSYS10.0软件中得到包括胫骨、腓骨远端在内的21块足部骨骼及皮肤模型并保存。对于足部骨骼模型采用三维十节点四面体结构实体单元SOLID92进行网格划分。根据文

表2 各种组织的单元数和节点数
Table 2 Unit number of various tissues and the number of nodes

组织结构	单元(个)	节点(个)
骨骼结构	68 110	10 266
关节软骨	2 329	3 805
韧带	118	219
足底皮肤	289	1 796
软组织	1 788	2 769

表注: 全足共有 72 934 个单元 108 855 个节点。

献报道,设定足部骨骼模型材料参数^[2-3]。

关节软骨利用LINK10杆单元进行建模,首先设定关节处相邻骨的接触面积,提取节点,将配伍好的节点相互连接生成软骨的有限元模型(图2B)。关节软骨材料参数依据参考文献设定^[17]。韧带及肌腱解剖数据及材料参数依据参考文献建立和设定,参考以往文献得到皮肤及软组织材料参数^[6-8, 18](表1)。对骨骼模型进行自动网格划分,局部(如关节处相对骨表面、跖骨头及基底处等部位)实施网格细化(Mesh Refinement)最后得到比较满意的骨骼模型和实验所需的皮肤有限元模型。皮肤边缘部分用杆单元加强,防止其过度形变。

主要的肌腱和韧带结构按照正常解剖数据使用仅受拉的二节点LINK10杆单元进行建模。设置好肌腱及韧带的有限元单元类型及材质后, 根据正常人体解剖数据, 在骨骼有限元模型表面上选取肌腱及韧带的起止节点。将起止节点进行连接, 生成肌腱及韧带的有限元模型(图2C)。

软组织采用LINK8杆单元来建模, 皮肤则利用SHELL93单元来模拟。设置好软组织的有限元单元类型及材质后, 将皮肤节点与足骨跖面节点逐一配伍、连接生成软组织有限元模型(图2D)。

主要观察指标: 人足部三维有限元数字模型的鉴定结果。

2 结果 Results

2.1 建立了人全足骨骼三维可视化模型 利用CT数据在MIMICS10.0软件中得到了足部骨骼以及皮肤的三维模型。其中包括胫骨远端、腓骨远端、跟骨、距骨、跖骨、趾骨及第一跖骨头附着的两块籽骨, 共21块足部骨骼模型。所获的三维模型与实际骨骼大小、形态一致, 并且可以随意旋转, 任意角度观看, 进行各种测量。可将足部骨骼任意拆分或合并, 以观察感兴趣的部位, 甚至可在三维模型上将关节剖开观察其剖面结构。

2.2 建立了人全足有限元模型 经过Geomagic9.0和ANSYS10.0软件处理建立了包括足骨、软骨、韧带、足底皮肤及足底软组织在内的有限元模型。其中足骨21块(考虑到趾骨对后续计算影响不大, 所以将每个趾的趾骨合并成一块); 关节软骨31块; 主要韧带肌腱有足底长韧带、内侧韧带、楔舟背侧韧带、跟舟韧带、跟骰足底韧带、足底腱膜等; 足底皮肤; 足底软组织。全足共有72 934个单元108 855个节点, 各种组织的单元数和节点数见(表2)。生成的有限元模型与CT及所生成的三维模型基本一致(图3)。并对各实体模型进行了赋材质和网格划分, 使其可进行后续的力学分析。

3 讨论 Discussion

建立人足数字模型的方法: 由于人体足部结构复杂, 且限于医学影像技术和计算机图形学的发展程度, 早期足部有限元模型基本上都是二维的。这些模型过于简单, 难以准确模拟非对称性、不规则的足部骨骼几何形状和复杂的关节。Gefen^[19]虽然用5个从跟骨经跖骨到趾骨的平面有限元模型模拟了足部的三维状态, 但是由于关节面相对较少, 且5个平面之间彼此孤立, 无力学联系, 故本质上还属于二维模型。在早期的相关三维模型报道中, 或是孤立的足部骨性结构, 或缺少软骨、韧带、肌腱和肌肉。在近年来的三维有限元模型建立中, 出现了很多优秀的例子^[20-24], 这些模型不仅在几何结构上精确细致, 还考虑了软骨、肌腱、韧带, 甚至肌肉和其他软组织。

实验所采用的三维几何数据源于活体组织的CT断层扫描图片, 使用能专门处理DICOM(CT、MRI专用格式)数据的MIMICIS软件来建立足部骨骼的3D渲染模型^[25]。其具有操作方便、失真度低、建模迅速等优点, 能真实地反映足部骨骼的几何构形。在由可视化模型转化为实体模型上, 实验选用Geomagic软件。此软件具有强大的复杂曲面造型功能, 同时实体建模过程中可适时地运用布尔运算, 使得实体模型的建立简便、省时、高效和精确, 从而也使得整个有限元模型的建立更加快捷、高效。本模型做到曲面拼接处完全重合, 切矢量方向相同, 大小相等。保证了模型精度和视觉美感。从外形和解剖结构来看, 同CT图形工作站三维重建结果匹配良好, 更符合人体足部的正常解剖。

实验所建立模型的特点: ①CT数据建模, 根据CT图像建立的有限元模型几何相似性好; 数据量大, 适用于采集复杂形态的三维信息; 模型的误差性较小; 建成的模型可用于有限元分析研究。因为CT数据建模有诸多优点, 目前已成为建立三维有限元模型的主要手段^[26]。②建立关节模型是建模中的难点。本次试验采用杆单元代替关节软骨, 不仅使其具备弹性还保证了软骨相对滑动, 并且link10单元可以自由设定面积, 可以通过设定关节软骨接触面积, 使其更符合现实情况。③足底软组织的构建。为构建足底软组织的三维模型, 有学者用实体单元直接填充骨组织与地面间的空隙进行模拟, 但这一方法忽略了足底软组织的自然形态和特性^[9]。实验模型利用影像数据获得足整体轮廓的几何信息, 再通过三维重建可以得到足底精确模型, 仅通过影像数据获得所需足底轮廓, 用杆单元简化了模型, 避免了布尔运算, 在视觉上使模型构成更清晰, 更接近足部解剖形态。④MIMICS10.0、Geomagic9.0和ANSYS10.0软件联合建立三维模型方便快捷, 最终生成的数字模型可视效果好, 空间结构的测量精度高, 单元划分精细, 更加接近解剖特点和临床要求, 为足部各结构进行生物力学分析奠定基础。

实验建立了足部的可视化模型、实体模型和有限元模型。建成的模型可以任意旋转观察, 可随意显示感兴趣的部位, 对其他部位进行隐藏。模型包括足骨、关节、韧带和皮肤等结构, 准确地反映了足部的复杂解剖结构, 为教学、精确临床诊断提供了可靠建模方法, 也为今后结合3D打印技术进行模拟手术创造了良好基础。有限元足模型为足的生物力学分析、损伤模拟等研究提供了一数字平台。

致谢: 感谢河北医科大学第三附属医院影像科提供影像学资料, 感谢河北医科大学解剖教研室全体老师的无私帮助。

作者贡献: 实验设计主要由第一、五作者完成, 实验实施、评估由第一、二、三、四、六、七作者完成, 均经过正规培训, 未采用盲法评估。

利益冲突: 文章内容不涉及利益冲突。

伦理要求: 根据中华人民共和国国务院颁发的《医疗机构管理条例》, 在实验前将实验方案和风险告知对方, 并签署知情同意书。

学术术语: 有限元模型建立-建立面向个体的、合理准确的人体足部骨骼系统的生物力学模型是一个较难解决的问题。足部骨骼系统是人体骨骼系统中最复杂的部分, 它包括 26 块骨、30 多个关节, 还有很多韧带、肌肉等软组织, 是一个复杂的装配体。近年来, 国内外学者尝试了多种建模方法, 建立了不同的人足数字模型, 各有优缺点。

作者声明: 文章为原创作品, 无抄袭剽窃, 无泄密及署名和专利争议, 内容及数据真实, 文责自负。

4 参考文献 References

- [1] 胡小春, 郭松青, 叶铭. 基于CT图像建立人体足部骨骼三维有限元模型研究[J]. 合肥工业大学学报: 自然科学版, 2005, 28(9): 1188-1191.
- [2] 马如宇, 铁瑛, 薛文东, 等. 基于螺旋CT构建人体骨盆三维有限元模型[J]. 医学生物力学, 2004, 19(3): 180-183.
- [3] Gefen A, Megido R, Itzchak Y, et al. Biomechanical analysis of the three-dimensional foot structure during gait: a basic tool for clinical applications. J Biomech Eng. 2000;122:630-639.
- [4] Lakin RC, DeGnore LT, Pienkowski D. Contact mechanics of normal tarsometatarsal joints. J Bone joint surg Am. 2001; 83-A:520-528.
- [5] Jacob S, Patil MK. Three-dimensional foot modeling and analysis of stresses in normal and early stage Hansen's disease with muscle paralysis. J Rehabil Res Dev. 1999;36: 252-263.
- [6] Saunders MM, Schwentker EP, Kay DB, et al. Finite element analysis as a tool for parametric prosthetic foot design and evaluation. Technique development in the solid ankle cushioned heel (SACH) foot. CompUte Methods Biomech Biomed Engin. 2003;6:75-87.
- [7] Cheung JT, Zhang M, An KN. Effects of plantar fascia stiffness on the biomechanical responses of the ankle-foot complex. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2004;19:839-846.
- [8] Patil KM, Jacob S. Mechanics of tarsal disintegration and plantar ulcers in leprosy by stress analysis in three dimensional foot models. Indian J Lepr. 2000;72(1):69-86.
- [9] Salathe EP Jr, Arangio GA, Salathe EP. Abiomeehanical model of the foot. J Biomeeh. 1986;19:989-1001.
- [10] Daniel LA, William RL, Eric SR, et al. Athree-dimensional, anatomieally detailed foot model: a foundation for a finite element simulation and means of quantifying foot-bone position. J Rehabil Res Dev. 2002;39(3):401-410.
- [11] 张美超, 夏虹, 樊继宏. 人体骨骼有限元几何模型的重建[J]. 中国临床解剖学杂志, 2003, 21(5): 531-532.
- [12] 赵海涛, 陆军, 孔亮, 等. 磁共振WATS技术在颞下颌关节三维有限元建模中的应用价值[J]. 实用放射学杂志, 2004; 20(2): 158-160.
- [13] Budhabhatti SP, Erdemir A, Petre M, et al. Finite element modeling of the first ray of the foot: a tool for the design of interventions. J Biomech Eng. 2007;129(11):750-756.
- [14] Liacouras PC, Wayne JS. Computational modeling to predict mechanical function of joints: application to the lower leg with simulation of two cadaver studies. J Biomech Eng. 2007; 129(6):811-817.
- [15] 杨云峰, 俞光荣, 牛文鑫. 人体足主要骨一韧带结构三维有限元模型的建立及分析[J]. 中国运动医学杂志, 2007, 26 (5): 542-546.
- [16] 胡小春, 孙波, 郭松青. 足部复合模型构建及其应用[J]. 合肥工业大学学报, 2007, 30(9): 1099-1102.
- [17] 李孝林. 基于CT精细扫描构建人体胸腰段脊柱三维有限元模型的方法及意义[J]. 山东医药, 2009, 49(14): 8-10.
- [18] Jacob S, Patil MK. Three-dimensional foot modeling and analysis of stresses in normal and early stage Hansen's disease with muscle paralysis. J Rehabil Res Dev. 1999;36: 252-263.
- [19] Gefen A. Stress analysis of the standing foot following surgical plantar fascia release. J Biomech. 2002;35(5): 629-637.
- [20] 李海岩, 丁成, 阮世捷, 等. 足部有限元模型的构建与验证[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2011, 15(13): 2381-2384.
- [21] 刘清华, 余斌, 金丹, 等. 解剖结构完整的踝关节有限元模型构建及意义[J]. 山东医药, 2010, 50(14): 1-3.
- [22] 温建民, 孙卫东, 成永忠, 等. 基于CT图像外翻足有限元模型的建立与临床意义[J]. 中国矫形外科杂志, 2012, 20(11): 1026-1029.
- [23] 徐菲. 足踝有限元模型在踝关节失稳中的应用[J]. 北京生物医学工程, 2014, (3): 322-326.
- [24] 管仲良, 李战春, 王丹, 等. 先天性马蹄内翻足的三维有限元分析在临床手术中的应用[J]. 浙江创伤外科, 2012, 17(6): 760-761.
- [25] 万千, 王广志, 卢海, 等. 基于CT人眶骨三维有限元模型的建立[J]. 眼科新进展, 2009, 29(5): 382-385.
- [26] 陈琼. 三维有限元建模方法的研究现状[J]. 口腔医学, 2006, 26(2): 154-155.