

· 论 著 ·

## 可视化虚拟手术在全髋关节表面置换中的应用

刘登均<sup>1</sup>, 李 奇<sup>1</sup>, 李鉴轶<sup>2</sup>, 林荔军<sup>1</sup>, 张 飞<sup>1</sup>, 韦葛瑾<sup>1</sup>(1. 南方医科大学珠江医院骨科中心, 广州 510282; 2. 南方医科大学生物力学实验室/  
广东省医学生物力学重点实验室, 广州 510515)

**摘要:**目的 通过探索虚拟现实技术来寻找一种实行全髋关节表面置换可视化虚拟手术的方法, 发掘可视化虚拟手术对金属对金属全髋表面置换(metal on metal hip resurfacing arthroplasty, MOM-HRA)的临床指导作用。方法 根据 Zimmer 公司提供 Durom 全髋表面置换假体, 通过激光扫描在 Geomagic 软件中建立假体库, 采集髋关节 64 排螺旋 CT 的原始扫描数据, 并在 mimics 进行三维重建, 重建的 3 d 模型进行分割, 并在 3 ds max 软件系统上进行虚拟手术, 明确假体选择的大小及假体放置的最佳位置。结果 采用激光扫描及 Geomagic 软件能建立与实体匹配的假体库, mimics 医学图像处理软件对髋关节 CT 扫描的 Dicom 格式数据进行三维重建图像, 结构清晰, 可真实再现髋臼和股骨近端的结构。利用 3 ds max 软件系统可以有助于术前进行模拟全髋关节表面置换的可视化仿真手术。结论 可利用计算机虚拟现实技术制定出最佳的手术方案, 对全髋关节表面置换的术前病变结构区域评估、术中股骨颈中心定位、优化假体放置及临床教学等方面都有很大的应用价值。

**关键词:**虚拟现实技术; 全髋关节表面置换; 可视化虚拟手术; 三维重建**中图分类号:** R684; R687.4**文献标识码:** A**文章编号:** 1671-8348(2010)07-0787-02

## Application of visible simulation surgery in the hip resurfacing

LIU Deng-jun<sup>1</sup>, LI Qi<sup>1</sup>, LI Jian-yi<sup>2</sup>, et al.

(1. Department of Orthopedics, Zhujiang Hospital of Southern Medical University, Guangzhou 510282, China;

2. Laboratory of Medical Biomechanics/Key Lab of Medical Biomechanics of  
Guangdong Province, Southern Medical University, Guangzhou 510515, China)

**Abstract:** **Objective** Through the exploration of virtual reality technology to find a method of implementation of visible simulation surgery in the hip resurfacing, and to research the guidance effect of computer simulation for the operation of hip resurfacing. **Methods** Establishment data of prosthesis provided by Zimmer incorporation with geomagic software, using sectional images of CT from a patient, three-dimensional(3 d) reconstruction and visualization of patient's hip were generated through the mimics, and hip resurfacing was simulated by the 3 ds max system and the suitable size of prosthesis and optimal localization would be choosed for the individual patients. **Results** Establishment data of prosthesis matched entity and the three-dimensional reconstruction distinctly displayed the structures acetabulum and proximal femur, and mimics and 3 ds max software helped to progress the simulation surgery of hip resurfacing before surgery. **Conclusion** Simulation surgery and 3 d of hip based on 64-row helical CT scanning have important application value in preoperative appraisal, centralization neck of femur, optimization component localization and clinical teaching.

**Key words:** virtual reality; hip resurfacing; visible simulation surgery; three-dimensional reconstruction

金属对金属全髋关节置换治疗髋关节病变取得了良好的临床效果。与全髋关节置换相比, 全髋关节表面置换保留了较多股骨侧骨量, 优化了股骨近端的应力传导性能, 术后关节稳定性及活动度好, 全髋关节表面置换术后优良率(4~5 年随访)为 97%~99%<sup>[1-5]</sup>。全髋关节表面置换对手术技术有着更高的要求及更为精确的截骨与假体位置。如何有效的术前评估、精确的股骨颈中心定位、准确的截骨及最佳位置放置假体, 是当前实现全髋关节表面置换的个体化手术方案的基本任务。本研究拟采用三维重建技术及虚拟手术技术探讨全髋关节表面置换的术前数字化评价。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

**1.1.1 实验材料** (1)CT Dicom 格式数据来源于本科一双侧股骨头缺血坏死患者;(2)Zimmer 公司提供的髋关节表面置换假体(Durom)。

**1.1.2 相关仪器及设备** (1)三维激光扫描仪(RealScan USB 200);(2)计算机工作站; Intel(R) Xeon(TM) CPU 3G, 双核四节点(8cpu), 内存 8 G, 硬盘 320 G(DELLEnc. USA)。

**1.1.3 主要软件** (1)三维重建软件 Mimics 13.0(试用版);

(2)逆向工程和三维检测软件 Geomagic studio 8.0;(3)可视化虚拟手术软件 3 ds max v7.0(以上仪器设备及软件来自南方医科大学解剖教研室生物力学实验室)。

### 1.2 方法

**1.2.1 全髋关节表面置换假体模型的建立** 髋臼假体内径 60 mm, 股骨假体内径 54 mm 由 Zimmer 公司提供, 提供的假体经过激光扫描后(扫描距离 25 cm)得到以 PMJX 格式保存的点云文件, 然后导入 geomagic 软件进行三维拼接, 并计算 3 d 模型。经过相关图像处理以后以 STL 格式保存。在 3 ds max 软件中可以对 3 d 模型进行特征提取, 建立 CAD 模型, 根据实体参数建立各型假体(插图 II 图 1)。

**1.2.2 重建患者髋关节的三维立体结构** (1)取拟行全髋关节表面置换的 1 名自愿患者(男, 年龄 36 岁, 初步诊断为双侧股骨头缺血性坏死), 利用 philip64 排螺旋 CT 进行扫描, 层距: 1 mm, 像素矩阵: 1 024×1 024, 得到相关图像共 286 张, 数据保留成 Dicom 格式。(2)由 DVD 储存的 Dicom 原始数据导入交互式的医学影像控制软件系统 mimics 13.0 进行运算, 根据域值划分(Threshholding)、区域增长(region growing)及蒙罩编辑(Edit masks)等功能, 分别建立髋臼、近端股骨、股骨颈

及股骨头病变组织的三维立体结构。髋关节不同结构分别用不同颜色显示(其中蓝色部分代表囊性变区域),图 2 依次为全髋关节前面观、右侧髋臼后方观、左侧髋臼后方观。(3)将重建好的各部分结构以 STL 格式导入 Geomagic studio 8.0 软件进行光滑及配准处理(插页 II 图 2)。

**1.2.3 可视化虚拟手术** 根据术前影像资料(平片、CT)和三维重建的图像显示,左侧股骨头骨质破坏明显,形态不规则,囊性变区域较大,因此本研究选择在左侧髋关节上进行虚拟手术,在 3 ds max 软件中导入以 STL 格式保存的三维重建图像。

**1.2.3.1 假体的大小以及股骨颈中心定位** (1)假体大小:分别测量股骨头颈交界处的前后、内外侧的最大直径,前后直径约为 44 mm,内外侧直径约为 40 mm(测量过程在 Geomagic studio 8.0 完成,如插页 II 图 3 所示),因此,本虚拟手术选择股骨假体直径为 44 mm 的假体。(2)股骨颈中心定位:由于股骨颈并非标准的圆柱形或者椭圆柱形,故股骨头的中心并非股骨颈的中心,本虚拟手术取过股骨颈中心且平行于股骨颈的直线与股骨头的交点作为导针的初步进针点,沿股骨颈部中心轴导入模拟导针(插页 II 图 4)。

**1.2.3.2 近端股骨的初步形成** (1)沿着进针点插入一粗导杆(虚拟粗导杆实际上是以进针点为中心建立的直径为 3 mm、高为 65 mm 实心圆柱体)、平台锉(虚拟平台锉实际上是以进针点为中心建立长宽分别为 55 mm、高为 6 mm 的立方体)平行于股骨颈去除股骨头近端骨质部分约 6 mm 厚。(2)沿导杆方向用一与股骨颈直径相同的虚拟桶状锉(虚拟桶状锉实际上是以进针点为中心建立的内径为 44 mm、外径为 48 mm、高为 60 mm 的空心圆柱体)磨削股骨头至头颈交界处。注意观察股骨颈皮质处是否有切迹的形成,以及计算残余囊性变区域的体积。(3)套上虚拟锥形锉(虚拟锥形锉实际上是以进针点为中心建立上圆内外径分别为 44 mm、46 mm;下圆内外径分别为 36 mm、38 mm;高为 4 mm、底角为 45°的空心锥体)磨削股骨头使股骨头形成一斜角圆柱形,使其外径与股骨头假体内径相匹配。依次虚拟打磨顺序如插页 II 图 5 所示,近端股骨打磨过程实际是在 3 ds max 软件系统中运用布尔逻辑运算系统所得。

## 2 结 果

**2.1 建立与假体相匹配的虚拟假体数据库** 经过激光扫描得到的点云文件经过逆向工程软件 Geomagic studio 8.0 还原三维形态,并利用 3 ds max v7.0 进行正向设计,建立良好的假体 CAD 模型,根据实体测量所得的主要参数(内外径、厚度、假体柄长度等)建立起不同型号的假体库。

**2.2 三维重建的髋关节与术前影像学资料、术中所见完全吻合** 从髋关节三维结构来看,双侧髋臼骨质未见明显破坏及塌陷,双侧股骨头前外侧都有囊性变,囊性变周围夹杂着硬化带,并且左侧股骨头皮质破坏明显,前外侧塌陷。插页 II 图 6 依次为术前 X 片、术前 CT 扫描截图、重建后的左侧股骨、左右髋臼侧面观并股骨头囊性变区域。

**2.3 全髋关节表面置换可视化虚拟手术过程手术效果** 在 3 ds max v7.0 软件系统中,运用布尔逻辑运算系统,模拟全髋关节表面置换整个手术过程,效果生动、逼真,基本和实际手术操作过程相同(插页 II 图 7)。并且经过虚拟桶状锉磨削股骨头至头颈交界处,从前内外侧清晰可见股骨颈边缘无多余骨赘及切迹形成。形成一有效的股骨截骨面,并可进而观察股骨颈部剩余骨囊性的区域及计算保留的股骨颈部骨量。

## 3 讨 论

金属对金属全髋关节表面置换因其良好的随访效果,手术

后的患者髋关节脱位率低、活动度大,其短、中期疗效均优于同年龄组的全髋关节置换患者。金属对金属髋关节表面置换术是国外近几年逐渐兴起的治疗方法<sup>[6]</sup>,目前全髋关节表面置换术是治疗中青年及大活动量患者主要的治疗方法之一。目前认为髋关节表面置换术最佳的适应证为:骨质良好、股骨头直径与股骨颈直径的比值大于 1.2、下肢缩短长度小于 1 cm、年龄小于 55 岁、体质量小于 82 kg 的非感染和毁损性髋关节疾病患者<sup>[7-9]</sup>。Back 等<sup>[4]</sup>术前用放射影像学资料对近端股骨的骨量、形状、生物力学及局部骨缺损 4 个特性对骨关节炎髋关节进行分级研究表明,等级越低,近端股骨的质量越好,短期随访的临床效果越佳。股骨头无菌性坏死既是髋关节表面置换的手术适应证,又是其一个并发症,有研究表明股骨头无菌性坏死在全髋关节置换术的患者中所占的比例是 5%~12%<sup>[10-11]</sup>。如何评判股骨头缺血性坏死区域对于髋关节表面置换术后假体稳定性及骨量保存的影响,术前评估手术是保证全髋关节表面置换术后远、近期效果的重要保证。

传统的全髋关节表面置换的术前 X 线准备为术前常规拍摄骨盆正位片及双髋关节部 CT,主要从二维平面评估骨质破坏情况、头颈比率,确定假体的大小及初步评价股骨头塌陷对于全髋关节表面置换术后的可能影响。但二维结构很难完全反映病变的真实形态,特别是股骨头塌陷的范围、囊性变和硬化带的量化及术后截骨后骨质保留之间的相互关系未能给予一量化的评估,而通过三维重建技术及模拟手术技术可有效地模拟标准化截骨后残留骨囊肿区域及保留骨量对于全髋关节表面置换术后假体稳定程度及直接负重面积的可能影响。并可为术中的截骨及术前的假体准备提供更为科学的评估方法。本例可视化虚拟手术中可以对病变区域准确定位和直观地评估,为患者提供数字化的术前准备,并对术后效果提供有效的术前评估。同时,利用三维重建技术及虚拟模拟手术技术可以缩短初学者的学习曲线,术中及时反馈,从而使股骨假体置于最佳位置<sup>[12-16]</sup>。通过仿真植入假体的模拟操作,可选择最为合适的假体,并实现个性化的假体位置。

在虚拟手术过程中,可以在 3 ds max v7.0 的三维坐标仪中建立起不同的虚拟手术器械(虚拟平台锉、虚拟桶状锉、虚拟锥形锉),通过布尔逻辑运算系统形成有效的虚拟近端股骨打磨。在整个植入过程中,假体角度的数据始终显示在计算机屏幕上,假体的位置以虚拟的形式实时更新显示,使术者对假体的位置十分清楚,能够以量化的形式精确地植入假体。本研究通过可视化模拟的截骨技术,也可实现在尽量保存股骨颈部骨量的同时,最大程度地去除股骨颈部骨囊肿体积;最大程度地实现手术效果的最优化。

本研究旨在通过探索虚拟现实技术以寻找一种实行全髋关节表面置换可视化虚拟手术的方法,通过可视化虚拟手术对全髋关节表面置换术进行充分的术前准备,并为实现全髋关节表面置换的个性化方案提供有效的准备。基于本研究基础上的有限元研究,将为全髋关节表面置换的数字化及个性化手术提供更为充分的生物力学证据,这将是今后工作中进一步研究的方向。

## 参考文献:

- [1] Treacy RB, McBryde CW, Pynsent PB. Birmingham hip resurfacing arthroplasty. A minimum follow-up of five years[J]. J Bone Joint Surg Br, 2005, 87(2): 167.
- [2] Amstutz HC, Beaulé PE, Dorey FJ, et al. Metal-on-metal hybrid surface arthroplasty: two to six- (下转第 791 页)

蛋白耦联技术目前在医学科研中应用广泛,对应产品众多。以此技术建立的抗原亲和纯化方法对于提高抗体质量效果显著,尤其适用于多克隆抗体制备,以提高其特异性和效价<sup>[11]</sup>。本文采用纯化的 HCG- $\alpha$  及 HCG- $\beta$  亚单位蛋白分别与 CNBr activated sepharose 4FF 填料耦联,制备性质稳定且可重复利用的抗原亲和层析柱。纯化的抗体先流经 HCG- $\beta$  抗原亲和层析柱,去除能与 HCG- $\beta$  发生交叉反应的抗体,由于制备的 HCG- $\beta$  纯度高,不影响 HCG- $\alpha$  的效价。再将抗体流经 HCG- $\alpha$  抗原亲和层析柱,纯化获得 HCG- $\alpha$  特异的多克隆抗体。此过程既去除了与 HCG- $\beta$  交叉反应的抗体及其他无关多抗,同时也浓缩了 HCG- $\alpha$  特异性多抗,提高了抗体效价。

本文建立了完整的从 HCG- $\alpha$  抗原分离至抗体制备、纯化的简单方案,成本低廉,操作简单易行。所制备得到的多抗特异性好,效价高,并能有效减少多抗制备过程中的批间差异,为制备高质量的 HCG 检测试剂奠定基础。

#### 参考文献:

- [1] Delves PJ, Lund T, Roitt IM. Antifertility vaccines[J]. Trends Immunol, 2002, 23(4):213.
- [2] 杨亚君, 张建华, 漆洪波. HCG 对妊娠的作用及临床作用[J]. 重庆医学, 2004, 33(5):706.
- [3] Järvelä IY, Ruokonen A, Tekay A. Effect of rising HCG levels on the human corpus luteum during early pregnancy[J]. Hum Reprod, 2008, 23(12):2775.
- [4] Hotakainen K, Lintula S, Ljungberg B, et al. Expression of human chorionic gonadotropin subunit type I genes predicts adverse outcome in renal cell carcinoma[J]. J Mol Diagn, 2006, 8(5):598.
- [5] Duffy MJ, Crown J. A personalized approach to cancer treatment: how biomarkers can help[J]. Clin Chem, 2008, 54(11):1770.
- [6] Schmid P, Nagai Y, Agarwal R, et al. Prognostic markers and long-term outcome of placental-site trophoblastic tumours: a retrospective observational study[J]. Lancet, 2009, 374(9683):48.
- [7] Prasad PV, Chaube SK, Shrivastav TG, et al. Isolation of alpha- and beta-subunits of peak-I HCG and generation of highly specific polyclonal antisera[J]. J Immunoassay Immunochem, 2005, 26(4):345.
- [8] Cole LA. Human chorionic gonadotropin and associated molecules[J]. Expert Rev Mol Diagn, 2009, 9(1):51.
- [9] Rodríguez AM, Rodríguez OZ, Conde IB, et al. Purification of human chorionic gonadotropin from pregnancy urine by immunoaffinity chromatography using a monoclonal antibody antibeta chain HCG[J]. Hybridoma, 2005, 24(5):258.
- [10] 金东华, 诸葛洪祥, 钱峰, 等. 人绒毛膜促性腺激素  $\alpha$  亚基 cDNA 克隆、表达及纯化[J]. 苏州大学学报, 2003, 23(5):511.
- [11] Gam H, Tham SY, Latiff A. Immunoaffinity extraction and tandem mass spectrometric analysis of human chorionic gonadotropin in doping analysis[J]. J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci, 2003, 792(2):187.

(收稿日期:2009-08-26 修回日期:2009-09-28)

(上接第 788 页)

- year follow-up study[J]. J Bone Joint Surg Am, 2004, 86(1):28.
- [3] Daniel J, Pynsent PB, McMinn DJ. Metal-on-metal resurfacing of the hip in patients under the age of 55 years with osteoarthritis[J]. J Bone Joint Surg Br, 2004, 86(2):177.
- [4] Back DL, Dalziel R, Young D, et al. Early results of primary Birmingham hip resurfacings. An independent prospective study of the first 230 hips[J]. J Bone Joint Surg Br, 2005, 87(3):324.
- [5] Girard J, Lavigne M, Vendittoli PA, et al. Hip resurfacing: current state of knowledge[J]. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot, 2008, 94(8):715.
- [6] Bergeron SG, Desy NM, Nikolaou VS, et al. The early results of metal-on-metal hip resurfacing a prospective study at a minimum two-year follow-up[J]. Bull NYU Hosp Jt Dis, 2009, 67(2):132.
- [7] Maguire CM, Seyler TM, Boyd HS, et al. Hip resurfacing: keys to success[J]. Bull NYU Hosp Jt Dis, 2009, 67(2):142.
- [8] Nunley RM, Della VC, Barrack RL. Is patient selection important for hip resurfacing? [J]. Clin Orthop Relat Res, 2009, 467(1):56.
- [9] Vail TP, Mont MA, Mcgrath MS, et al. Hip resurfacing: patient and treatment options[J]. J Bone Joint Surg Am, 2009, 91(1):5.
- [10] Akbar M, Mont MA, Heisel C, et al. Resurfacing for osteonecrosis of the femoral head[J]. Orthopade, 2008, 37(7):672.
- [11] Mont MA, Jones LC, Hungerford DS. Nontraumatic osteonecrosis of the femoral head: ten years later[J]. J Bone Joint Surg Am, 2006, 88(5):1117.
- [12] Kelley TC, Swank ML. Role of navigation in total hip arthroplasty[J]. J Bone Joint Surg Am, 2009, 91(1):153.
- [13] Kunz M, Rudan JF, Xenoyannis GL, et al. Computer-assisted hip resurfacing using individualized drill templates[J]. J Arthroplasty, 2009, 21(3):226.
- [14] Bailey C, Gul R, Falworth M, et al. Component alignment in hip resurfacing using computer navigation[J]. Clin Orthop Relat Res, 2009, 467(4):917.
- [15] Schnurr C, Michael JW, Eysel P, et al. Imageless navigation of hip resurfacing arthroplasty increases the implant accuracy[J]. Int Orthop, 2007, 33(2):365.
- [16] Davis ET, Gallie P, Macgroarty K, et al. The accuracy of image-free computer navigation in the placement of the femoral component of the Birmingham Hip Resurfacing: a cadaver study[J]. J Bone Joint Surg Br, 2007, 89(4):557.

(收稿日期:2009-08-16 修回日期:2009-09-28)