

文章编号:1004-7220(2014)06-0536-07

基于 X 线片定制股骨柄假体的设计原理及方法

马如宇¹, 顾寄南¹, 韦建和²

(1. 江苏大学 机械工程学院, 镇江 212013; 2. 上海交通大学 数字医学临床转化教育部工程研究中心, 上海 200030)

摘要: **目的** 介绍自编的基于 X 线片设计定制型股骨柄假体程序系统的设计原理及功能模块。**方法** 利用图像处理的方法提取 X 线片上一些患者股骨解剖特征点(如小粗隆最高点、股骨头中心及转子间窝等)、2 个规划的手术截骨位置点(大粗隆侧截骨边界位置点及截骨线最低点位置点)以及一些设计用关键位置点(如假体远端位置、假体颈干连接段最高点位置等),以此预测患者股骨近端髓腔,并通过输入设计参数值(如颈干角、前倾角、预留的松质骨厚度、假体匹配段截面圆弧半径及假体过渡段高度等)设计出定制型股骨柄假体。并对设计出的定制股骨柄假体进行匹配区域多个截面的二维截面验证和三维的总体验证。**结果** 根据验证情况,调整设计参数重新生成股骨柄假体模型点云数据,使设计出的股骨柄假体与患者股骨腔相匹配,达到定制型假体设计要求。**结论** 介绍的程序系统可用于为患者设计定制型股骨柄假体,设计周期较短,成本较低,有利于促进定制型股骨柄假体在临床上的应用,进一步提高患者的生活质量。

关键词: X 线片; 定制型假体; 股骨柄假体; 图像处理

中图分类号: R 318.01 **文献标志码:** A

Design principle and method of customized hip stem prosthesis based on X-ray films

MA Ru-yu¹, GU Ji-nan¹, WEI Jian-he² (1. School of Mechanical Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China; 2. Engineering Research Center of Digital Medicine and Clinical Translation, Ministry of Education, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China)

Abstract: **Objective** To introduce the design principles and functional modules of a self-programmed software system for designing customized hip stem prosthesis based on X-ray films. **Methods** Some femoral anatomical feature points (e.g. the peak of trochanter minor, the center of femoral head, trochanteric fossa), two planned points on osteotomy line (a boundary point at the side of trochanter major and the lowest point on the osteotomy line), and some key location points for designing (e.g. the hip stem far-end location point, the highest point of neck shaft connecting section) were extracted from X-ray films by using image processing methods to predict the patient's proximal femoral cavities. The customized hip stem prosthesis was designed by inputting the design parameters (e.g. the neck-shaft angle, anteversion angle, thickness of reserved cancellous bone, radiuses of the cross-section in matching area of the prosthesis, height of transition area of the prosthesis). Two-dimensional cross-section verification on matching area of the customized hip stem prosthesis and three-dimensional overall verification were conducted. **Results** According to the verification results, the design parameters were adjusted to regenerate point cloud data of the hip stem prosthesis model, which could make the designed hip stem prosthesis match the patient's femoral cavity and finally meet the requirements for the customized purpose. **Conclusions** The program system introduced in this paper can be used to design customized hip stem prostheses for patients. With the much shorter design cycle and relatively lower cost, this program system can promote the application of customized hip stem prosthesis in clinic and further prove the life quality of patients.

Key words: X-ray film; Customized prosthesis; Hip stem prosthesis; Image processing

收稿日期:2014-04-07; 修回日期:2014-05-05

基金项目:江苏大学高级人才项目启动基金(10JDG043)。

通信作者:马如宇, 讲师, E-mail: ruyuma@163.com。

设计定制型髋关节股骨柄假体首先需要三维重建出患者股骨近端模型。利用 CT 图像采用图像处理的方法很容易构建出较为精确的患者股骨腔近端模型,许多文献介绍了基于 CT 图像设计定制型股骨柄假体的方法^[1-3]。然而,对于诸如髋关节置换翻修等一些临床病例,由于金属假体会在 CT 图像上产生伪影导致 CT 图像较为模糊,采用图像处理的方法无法检测出较准确的股骨腔截面轮廓曲线,故无法利用 CT 图像设计出定制型髋关节股骨柄假体。在前期研究中,本文作者在对 80 根股骨样本截面形状分析的基础上,构建了一个中国人股骨近端截面平均数据库(见图 1)^[4];根据此中国人股骨近端截面平均数据,可以三维重建出大致的患者股骨近端模型,用来预测患者股骨近端髓腔形状^[5]。在上述研究基础上,作者开发了一套基于 X 线片设计定制型髋关节股骨柄假体的设计程序,本文将介绍采用这一程序系统设计定制型髋关节股骨柄假体的原理及过程。

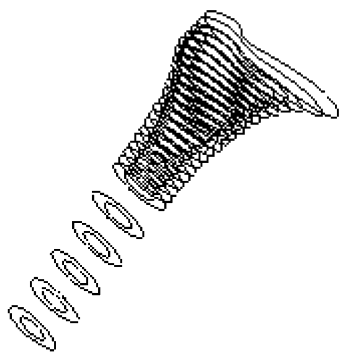


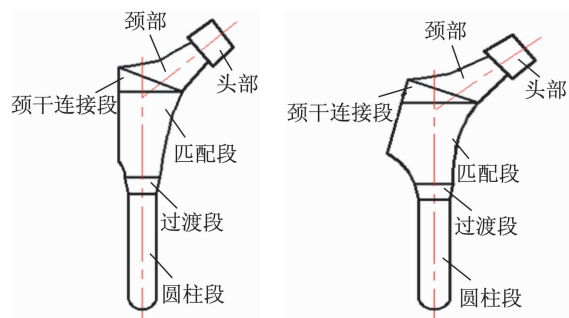
图 1 股骨近端平均截面模型^[4]

Fig. 1 Average cross-sections of the proximal femur

1 假体结构设计

采用 X 线片为患者设计个性化的定制型股骨柄假体主要用于股骨柄假体的翻修手术。根据翻修的人工髋关节股骨柄假体在患者股骨腔中填充情况的不同,采用外侧竖直形和外侧倾斜型两种形状的定制型假体(见图 2);其基本结构均包括头部、颈部、颈干连接段、匹配段、过渡段及圆柱段几个部分,相应部分的截面设计方法相同。

外侧竖直型股骨柄假体背部竖直,主要用于对患者股骨近端髓腔填充程度不大的股骨柄假体翻修



(a) 外侧竖直型股骨柄假体 (b) 外侧倾斜型股骨柄假体

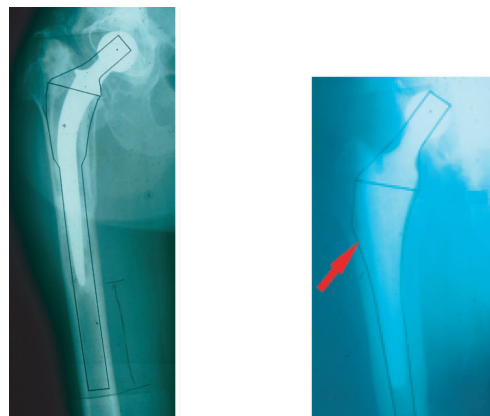
图 2 定制型股骨柄假体结构示意图

Fig. 2 Schematic for structure of customized hip stem prosthesis

(a) Lateral straight hip stem prosthesis, (b) Lateral flare hip stem prosthesis

手术,如对一些骨水泥型股骨柄假体的翻修(见图 3(a))。骨水泥型股骨柄假体采用骨水泥来固定股骨柄假体,对患者股骨腔的填充程度通常不大。翻修手术中取出假体后,股骨近端的空腔通常不大,股骨近端有足够的松质骨通过锉削形成新的腔形,用来植入外侧竖直型股骨柄假体。

外侧倾斜型股骨柄假体在外侧竖直型股骨柄假体基础上,背部向外侧倾斜增大股骨柄假体的体积,可适当增大对近端髓腔的填充度,主要用于无骨水泥股骨柄假体的翻修手术(见图 3(b))。无骨水泥股骨柄假体采用生物固定方式,通过与股骨腔的贴合来获得术后早期的稳定,故其对股骨近端髓腔的填充程度通常比骨水泥股骨柄对股骨近端髓腔填充



(a) 骨水泥型

(b) 无骨水泥型

图 3 股骨柄假体翻修示意图

Fig. 3 Schematic for revision of the hip stem prosthesis (a) Cemented hip stem prosthesis, (b) Non-cemented hip stem prosthesis

度要大得多。翻修时取出无骨水泥股骨柄假体时会在股骨近端留下一个较大的空腔,股骨近端的松质骨通常不足以用来固定外侧竖直型股骨柄假体;而外侧倾斜型股骨柄假体可通过扩大的背部插入股骨外侧松骨质中,通过对这部分股骨外侧的松质骨的“楔入”减少假体松动现象的发生。此外,外侧倾斜型股骨柄假体植入患者股骨腔后,患者股骨内、外侧皮质都会支撑外侧倾斜型股骨柄假体,使得其获得额外的密贴匹配,具有内在的稳定性,可以降低通过假体末端向股骨的力传导^[6-7]。

1.1 匹配段设计

股骨柄假体的匹配段是定制型股骨柄假体设计的最重要部分,关系到设计出的股骨柄假体能否与患者股骨腔相匹配。股骨柄假体匹配段内侧(植入时位于小粗隆侧)边缘曲线为一段圆弧,外侧(植入时位于小粗隆对侧)边缘曲线由一直线段和一圆弧段组成。内、外侧圆弧段均根据相应位置股骨腔上的采样点及预留的松质骨厚度采用最小二乘法拟合而成。外侧竖直型股骨柄假体匹配段的外侧竖直轮廓线根据在正位 X 线片上规划出的颈干连接段最高点定出。在许多情况下,当拟合出的外侧竖直型股骨柄假体的外侧圆弧段会在规划出的颈干连接段最高点外侧,此时外侧竖直型股骨柄假体匹配段外侧轮廓线为一竖直线,没有下方的圆弧段。外侧倾斜型股骨柄假体匹配段的外侧斜线轮廓线根据在正位 X 线片上规划出的颈干连接段最高点及匹配段转折点两个关键点定出。股骨柄假体匹配段侧位前后轮廓线分别由两段线段构成的折线构成,这两根折线位置及形状最终根据患者股骨有效设计髓腔规划出来。根据股骨柄假体匹配段的正侧位边缘线规

划匹配段截面轮廓线矩形的边界。截面轮廓曲线被限定在由相应位置正侧位边界点构成的一个矩形边界内(见图4)。

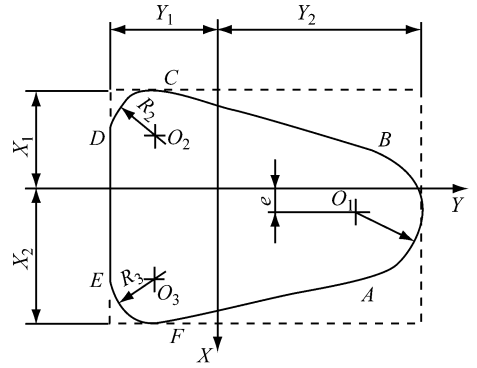


图4 股骨柄假体匹配段截面形状

Fig. 4 Cross-section shape in matching area of the hip stem prosthesis

构建图4所示的坐标系,则圆心 O_1 、 O_2 、 O_3 的坐标分别为:

$$\begin{cases} X_{O_1} = e \\ Y_{O_1} = Y_2 - R_1 \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} X_{O_2} = -X_1 + R_2 \\ Y_{O_2} = -Y_1 - R_2 \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} X_{O_3} = X_2 - R_2 \\ Y_{O_3} = -Y_1 + R_2 \end{cases} \quad (3)$$

令 $L_1 = \sqrt{(X_{O_1} - X_{O_2})^2 + (Y_{O_2} - Y_{O_1})^2}$, $L_2 = \sqrt{(X_{O_1} - X_{O_3})^2 + (Y_{O_1} - Y_{O_3})^2}$, 则圆弧与直线段的切点 A、B、C 及 F 点坐标分别为:

$$\begin{cases} X_A = X_{O_1} + R_1 \times \sin\{\pi - \arcsin[(X_{O_3} - X_{O_1})/L_2] - \arccos[(R_1 - R_2)/L_2]\} \\ Y_A = Y_{O_1} + R_1 \times \cos\{\pi - \arcsin[(X_{O_3} - X_{O_1})/L_2] - \arccos[(R_1 - R_2)/L_2]\} \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} X_B = X_{O_1} - R_1 \times \sin\{\pi - \arcsin[(X_{O_1} - X_{O_3})/L_1] - \arccos[(R_1 - R_2)/L_1]\} \\ Y_B = Y_{O_1} + R_1 \times \cos\{\pi - \arcsin[(X_{O_1} - X_{O_3})/L_1] - \arccos[(R_1 - R_2)/L_1]\} \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{cases} X_C = X_{O_2} - R_2 \times \sin\{\pi - \arcsin[(X_{O_1} - X_{O_3})/L_1] - \arccos[(R_1 - R_2)/L_1]\} \\ Y_C = Y_{O_2} + R_2 \times \cos\{\pi - \arcsin[(X_{O_1} - X_{O_3})/L_1] - \arccos[(R_1 - R_2)/L_1]\} \end{cases} \quad (6)$$

$$\begin{cases} X_F = X_{O_3} + R_2 \times \sin\{\pi - \arcsin[(X_{O_3} - X_{O_1})/L_2] - \arccos[(R_1 - R_2)/L_2]\} \\ Y_F = Y_{O_3} + R_1 \times \cos\{\pi - \arcsin[(X_{O_3} - X_{O_1})/L_2] - \arccos[(R_1 - R_2)/L_2]\} \end{cases} \quad (7)$$

圆弧 AB 段的极坐标方程为:

$$\rho_{AB} = X_{O_1} \times \cos\theta + Y_{O_1} \times \sin\theta + \sqrt{(X_{O_1} \times \cos\theta + Y_{O_1} \times \sin\theta)^2 - (X_{O_1} + Y_{O_1} - R_1)} \quad (8)$$

直线 BC 段的极坐标方程为:

$$\rho_{BC} = (X_B - \frac{X_C - X_B}{Y_C - Y_B} \times Y_B) / (\cos\theta - \frac{X_C - X_B}{Y_C - Y_B} \times \sin\theta) \quad (9)$$

圆弧 CD 段极坐标方程为:

$$\rho_{CD} = X_{O_2} \times \cos\theta + Y_{O_2} \times \sin\theta + \sqrt{(X_{O_2} \times \cos\theta + Y_{O_2} \times \sin\theta)^2 - (X_{O_2} + Y_{O_2} - R_2)} \quad (10)$$

直线 DE 段极坐标方程为:

$$\rho_{DE} = -Y_1 / \sin\theta \quad (11)$$

圆弧 EF 段极坐标方程

$$\rho_{EF} = X_{O_3} \times \cos\theta + Y_{O_3} \times \sin\theta + \sqrt{(X_{O_3} \times \cos\theta + Y_{O_3} \times \sin\theta)^2 - (X_{O_3} + Y_{O_3} - R_2)} \quad (12)$$

直线 FA 段极坐标方程为:

$$\rho_{FA} = (X_F - \frac{X_A - X_F}{Y_A - Y_F} \times Y_F) / (\cos\theta - \frac{X_A - X_F}{Y_A - Y_F} \times \sin\theta) \quad (13)$$

根据上述极坐标方程将截面轮廓曲线离散成若干个点,用轮廓线上离散点坐标数据来描述股骨柄假体匹配段截面轮廓曲线。由匹配段不同截面轮廓线上离散点构成的点云数据来描述股骨柄假体匹配段。

1.2 过渡段设计

股骨柄假体的过渡段用于匹配段与圆形截面柄部之间的过渡连接。过渡段高度由设计时输入的过渡段高度参数定出。将过渡段沿 Z 轴方向(竖直方向)离散出若干个距离相等的截面,通过拉伸压缩假体匹配段最下层截面轮廓曲线方法形成这些过渡段轮廓边缘曲线。若将过渡段离散成 $n+1$ 层截面,则拉伸压缩假体匹配段最下层截面轮廓曲线形成过渡段截面轮廓曲线的方程如下:

$$\begin{cases} X_{ij} = (R + \frac{\rho_j - R}{n} \times i) \times \cos\theta_j \\ Y_{ij} = (R + \frac{\rho_j - R}{n} \times i) \times \sin\theta_j \end{cases} \quad i = 0, 1, 2, \dots, n \quad (15)$$

式中: X_{ij}, Y_{ij} 分别为过渡段第 i 层第 j 个点的纵横坐标; R 为假体柄部半径; ρ_j, θ_j 分别为匹配段最下层截面轮廓上第 j 个点的极坐标和极角。

1.3 其余部分设计

假体的圆柱段为带有一个半球头的圆柱,直径根据其远端植入患者股骨腔正侧位处边缘线之间宽度定出,股骨柄假体柄部远端可适当超出患者股骨腔,手术中通过铰孔植入可防止股骨柄假体沿竖直方向的偏移。

颈干连接段用于连接股骨柄假体匹配段与假体的颈部。连接段在 Z 轴方向上的高度根据设计时规划出的连接段最高点及截骨线最低点 2 个关键点定出。首先在连接段高度范围内沿 Z 轴方向构建几个与匹配段最上层截面相同的截面,形成母线与 Z 轴平行的柱体结构,再用垂直于 YOZ 平面的斜面去截这个柱体。截面轮廓线上位于斜截面外侧轮廓线上的点用其沿 Y 轴方向投影在截面上的点来替换,以此来形成描述假体颈干连接段的点云数据。

股骨柄假体的头部与髋关节假体球头相配合,根据患者股骨头中心位置确定假体头部球头中心点位置。股骨柄假体头部采用圆台形状,圆台锥度采用莫氏锥度,圆台顶部截面直径大小根据球头尺寸确定。假体头部中心线与坐标平面之间的夹角根据设定的前倾角及颈干角定出。描述假体头部形状的点云由头部最上层及最下层两层截面上边缘点构成。

假体的颈部位于假体头部与颈干连接段之间,分为上段及下段两部分。颈部上段为圆柱形,其中心线与假体头部中心线一致;颈部下段由颈干连接段内侧斜面轮廓线,逐步过渡为与上段相同的圆形截面。具体方法是首先将颈干连接段内侧斜面轮廓线旋转放平,采用与过渡段截面设计中相同的拉伸压缩截面方法形成一些截面轮廓曲线,旋转这些截面轮廓曲线,使这些截面的法线方向逐步与颈部上

段中心线方向一致,最后将这些旋转后的截面平移到相应位置构成颈部下段截面轮廓,最终由这些截面及颈段上、下两层截面轮廓线上的边缘点构成的点云来描述颈部的轮廓形状。

2 基于 X 线片设计定制型股骨柄假体程序

本研究中开发了一套基于 X 线片设计定制型股骨柄假体程序系统,该程序系统主要包括 X 线片数据采集、假体设计以及设计检验 3 个模块。

2.1 X 线片数据采集

X 线片数据采集主要包括确定 X 线片放大系数的点数据采集、正侧位股骨腔边缘曲线上点数据采集以及一些关键点数据的采集。

确定 X 线片放大系数的点数据采集通过设计人员采用鼠标点击方式来实现。拍摄 X 线片时,在患者腿部附近放置标尺,只要采集 X 线片图像上标尺上两个点的坐标值,由这两个像素点构成的图像中的长度与实际标尺上的距离进行比较,就可确定出 X 线片放大系数。或者拍摄 X 线片时,在患者腿部放置硬币,采集 X 线片图像上硬币边缘上 4 个不同点坐标,程序根据最小二乘法计算出这 4 点构成的圆的直径与硬币实际直径相比较,以此来确定出 X 线片放大系数。

正侧位股骨腔边缘曲线上点数据采集通过点取 X 线片图像上患者股骨腔边缘曲线上的一些点来获取这些像素点的坐标(见图 5)。对于轮廓曲线上曲率变化较大的地方,应多采集一些点,以降低曲线的失真程度。

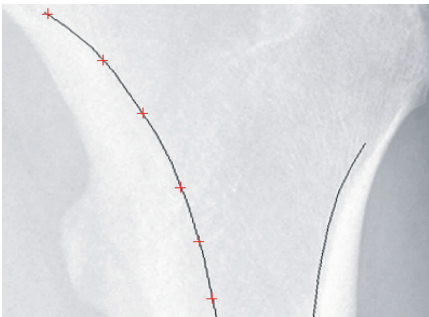


图 5 股骨腔边缘曲线点采集

Fig. 5 Sampling points on curves of the femoral cavity edge

关键点数据采集包括采集股骨上一些解剖特征点(如小粗隆最高点、股骨头中心及转子间窝等)、

规划的两个手术截骨位置点(大粗隆侧截骨边界点及截骨线最低点)以及一些设计用关键点(如假体远端位置点、假体颈干连接段最高点等)。

正侧位 X 线片采样完成以后,程序将自动对正侧位图像上采样的数据在 Z 轴方向上进行配准,并采用插值法计算出与中国人标准截面数据库截面位置相一致的 26 层股骨截面上正侧位股骨腔边缘点数据。

2.2 假体设计

股骨柄假体设计包括股骨近端模型的构建以及股骨柄假体表面点云数据的形成。文献[5]中已介绍了股骨近端模型的构建方法。构建的股骨近端模型主要用来分析设计出的股骨柄假体是否与患者股骨腔相匹配。在程序运行过程中输入颈干角、前倾角、预留的松质骨厚度、假体匹配段圆弧半径及假体过渡段高度等参数(见图 6),根据上述结构设计方法程序运行后将计算出一个股骨柄假体模型的点云数据。

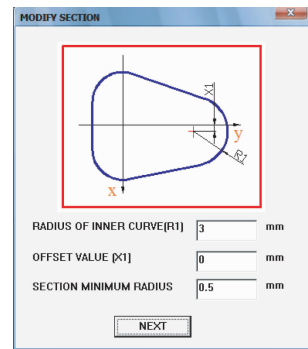


图 6 输入参数的一个界面

Fig. 6 Interface for inputting design parameters

2.3 设计检验

设计参数的选择直接影响设计出的股骨柄假体与患者股骨腔的匹配程度。在初步设计假体时,主要根据设计者的经验或程序中的默认值进行,最终的假体设计参数需要根据设计出的假体在预测出的患者股骨近端髓腔模型中的情况来确定。在基于 X 线片设计定制型股骨柄假体的设计程序中包含了两种检验方法。一种方法是对匹配区域多个截面进行二维的截面验证(见图 7(a)),利用 VC 编程环境中的绘图功能,逐层生成匹配段高度范围内重建出的股骨腔轮廓曲线及相应的股骨柄假体轮廓曲线,通

过观看各层股骨柄假体截面轮廓曲线在股骨腔中的情况分析假体匹配段与患者股骨腔的贴合程度。另一种验证方法是三维的总体验证,利用 VC 编程环境中的 OpenGL 功能模块,根据设计出的股骨柄假体点云数据用面片的方式生成股骨柄假体模型,同时生成患者股骨腔近端线框模型(见图 7(b)),从不同角度观看股骨柄假体与患者股骨腔是否匹配。根据验证情况,调整设计参数重新生成股骨柄假体模型点云数据,使设计出的股骨柄假体与患者股骨腔相匹配。

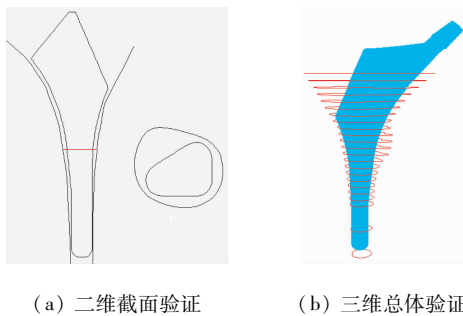


图7 股骨柄假体验证

Fig.7 Validation of the hip stem prosthesis (a) 2D cross-section validation, (b) 3D overall validation

3 讨论

由于人体股骨腔形状存在着差异性,根据统计出来的股骨近端截面数据库来重建患者股骨近端髓腔模型,通常要比根据患者股骨 CT 图像重建出来的患者股骨髓腔模型精度要差。Eggers 等^[8]对基于 X 线片利用股骨近端截面平均数据库模型构建出的股骨近端髓腔模型精度进行分析,认为基于 X 线片构建出的股骨近端髓腔具有足够的精度用于定制型股骨柄假体的设计。在本研究中,利用本文介绍的程序为 10 根股骨设计了定制型股骨柄假体,并将设计出的股骨柄假体模拟植入根据相应股骨 CT 图像重建出来的股骨模型中以验证本文介绍的程序。此外,为其中 1 根股骨设计的定制型股骨柄假体被加工出来并植入了该股骨。分析这些股骨柄假体模拟植入相应股骨情况,以及其中 1 个股骨柄假体植入相应股骨的实验情况,均发现设计出的股骨柄假体与相应股骨腔匹配较好,达到了定制型股骨柄假体的设计要求^[9],说明本文介绍的程序可以用于定制型股骨柄假体的设计。

尽管介绍的程序已能用于设计定制型股骨柄假体,但仍存在一定局限性,即开发的基于 X 线片设计定制型股骨柄假体程序并非可为任何情况设计定制型股骨柄假体。在这一程序系统中,采用拉伸压缩标准股骨腔截面的方法形成一个大致的患者股骨腔模型。为了预测出患者股骨腔形状,需要提取出 X 线片上患者股骨轮廓曲线;另外,设计的股骨柄假体匹配段截面边界也主要根据提取出的 X 线片上患者股骨轮廓曲线。因此,能否采用介绍的程序系统设计出适合的定制型股骨柄假体取决于使用的 X 线片。首先,X 线片需要具有一定的质量并显示出骨质边界,这样股骨腔轮廓曲线才能被提取出来。其次,拍摄 X 线片时患者股骨绕自身轴的旋转也会影响设计定制型股骨柄假体的精度。最理想的旋转角度是在正视平面内前倾角为 0°。Iguchi 等^[10]通过分析股骨旋转角度对预测股骨髓腔精度影响发现,在正位 X 线片上,10°、20°、30°的绕股骨轴线旋转使股骨腔分别产生 3%、5%、14% 宽度减少,10°范围内的旋转是允许的,产生的股骨腔宽度误差在 1 mm 内;通过旋转患者股骨可以达到上述 10°范围的拍摄要求,腿部旋转在侧位 X 线片上也会导致相同的误差。此外,X 线片的放大倍数精确程度也会影响设计定制型股骨柄假体的精度。因此,在给患者拍摄 X 线片时,用硬币或标尺放在患者腿部附近来确定 X 线片放大系数。

基于 X 线片设计定制型股骨柄假体不仅能够为翻修型手术设计定制型股骨柄假体,也能够为患者设计首次植入的个性化股骨柄假体。利用 X 线片为患者设计定制型股骨柄假体时,一般采用外侧竖直型股骨柄假体为患者设计首次植入定制型假体;而外侧倾斜型股骨柄假体通常不用来为患者设计初次植入的定制型股骨柄假体,主要是为潜在的股骨柄假体翻修手术多留一些股骨松骨质。在采用 X 线片设计首次植入的定制型股骨柄假体时,由于根据 X 线片重建出的患者股骨近端髓腔的精度低于根据 CT 图像重建出的股骨近端髓腔,通常不会像利用 CT 图像那样可以非常贴近患者股骨腔轮廓曲线来设计,故根据 X 线片设计首次植入的定制型股骨柄假体一般达不到根据 CT 图像设计所能达到的对股骨近端的最大填充度。由于太大的假体会造成对患者股骨较大的应力遮挡效应^[11-12],故基于 CT

图像设计的定制型髋关节股骨柄假体也会通过减小对有效设计髓腔的填充度来降低对患者股骨的应力遮挡。从这个意义上来讲,基于X线片设计的首次植入定制型股骨柄假体与基于CT图像设计的定制型股骨柄假体对患者股骨腔的填充程度区别不大。手术中,采用比股骨柄假体匹配段截面尺寸略小的定制型髓腔锉来去除多余的松质骨;植入股骨柄假体时,股骨柄假体将对股骨近端松质骨进行挤压,使股骨柄假体与患者股骨腔密贴匹配。

综上所述,采用本文方法设计定制型股骨柄假体相较于目前常用的基于CT图像设计定制型股骨柄假体具有一定的优势。X线片拍摄比CT扫描价格低,有利于降低假体的设计成本。X线片拍摄时间较短,对患者辐射伤害较小。利用介绍的基于X线片设计定制型股骨柄假体设计周期较短,操作方便。此外,对于翻修型患者,采用X线片可以为他们设计出个性化的股骨柄假体,而CT由于金属会在CT图像中产生伪影不能用于为翻修型手术设计个性化的人工关节股骨柄假体。

4 结语

本文介绍了自编的基于X线片设计定制型股骨柄假体程序的设计原理及设计程序中的功能模块,开发的基于X线片设计定制型股骨柄假体程序能够用于设计定制型股骨柄假体。整个假体设计周期较短、成本较低,有利于促进定制型股骨柄假体在临床上的应用,进一步提高患者的生活质量。

参考文献:

[1] Zhu JW, Liu F, Dong QR, *et al.* Computer-assisted design of individualized femoral prosthesis according to 3D reconstruction of CT images [J]. J Clin Rehabil Tissue Eng Res, 2010, 14(35): 6639-6642.

[2] Pawlikowski M, Skalski K, Haraburda M. Process of hip joint prosthesis design including bone remodeling phenomenon [J]. Comput Struct, 2003, 81(8): 8-11.

[3] Werner A, Lechniak Z, Skalski K, *et al.* Design and manufacture of anatomical hip joint endo stems using CAD/CAM systems [J]. J Mater Process Technol, 2000, 107(1): 181-186.

[4] Ma RY, Wang DM, Xue WD, *et al.* Construction of a database of average cross-sections in Chinese proximal femurs [J]. J Southeast Univer, 2004, 20(2): 191-194.

[5] 马如宇, 王冬梅, 薛文东, 等. 基于X线片三维重建股骨近端髓腔[J]. 北京生物医学工程, 2004, 23(4): 254-256.

[6] Leali A, Fetto J, Insler H, *et al.* The effect of a lateral flare feature on implant stability [J]. Int Orthop, 2002, 26(3): 166-169.

[7] Walker PS, Culligan S, Hua J. The effect of a lateral flare feature on uncemented hip stems [J]. Hip Int, 1999, 9(2): 71-80.

[8] Eggers EA, McTighe T. Can plain X-rays generate reliable data for identification and fabrication of custom implants [C]//Proceedings of the 6th Meeting of the International Society for the Study of Custom Prostheses. Amelia Island, USA: [s. n.], 1993.

[9] Ma RY, Ding H, Wei JH, *et al.* Verifying a software system for designing custom hip stems based on X-ray films [J]. J Med Devices, 2013, 7(3): 031001-031006.

[10] Iguchi H, Hua J, Walker PS. Accuracy of using radiographs for custom hip stem design [J]. J Arthroplasty, 1996, 11(3): 312-321.

[11] 廖广姗, 李慧武, 王金武, 等. 人工髋关节无菌性松动失效的生物力学分析与诊断推理[J]. 医用生物力学, 2012, 27(3): 251-257.

Liao GS, Li HW, Wang JW, *et al.* Biomechanical analysis and reasoning on aseptic loosening failure after total hip arthroplasty [J]. J Med Biomech, 2012, 27(2): 251-257.

[12] Dae GK, Tong JL, Joon SK, *et al.* Correlation between stress shielding and clinical outcomes after total hip arthroplasty with extensively porous coated stems [J]. J Arthrop, 2013, 28(10): 1728-1730.