

文章编号:1007-6735(2013)01-0082-05

基于计算机软件的个性化人工膝关节设计与制造

石更强

(上海理工大学 医疗器械与食品学院, 上海 200093)

摘要: 从医院获得人体膝关节 CT(医用电子计算机 X 射线断层扫描技术)图像,利用 CAD 等图像处理软件提取二维轮廓,建立了基于患者的 CT 断层胶片的二维图像轮廓及三维数据,运用计算机软件 UG 进行三维建模,同时进行计算辅助加工,为临床医学中膝关节的个性化设计提供了有效的手段.

关键词: 人工膝关节; 计算机辅助设计; 二维图像轮廓; 计算机辅助制造

中图分类号: TH 391 **文献标志码:** A

Individualized Artificial Knee Joint Design and Manufacturing Based on CAD Software

SHI Gengqiang

(College of Medical Instrument and Food Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 20093, China)

Abstract: With the knee joint's CT image got from hospital, the two-dimensional profile of the knee joint was extracted by using CAD software. The CT faulted image as well as the two-dimensional image profile and three-dimensional data of knee joint were established. The software UG was used in three-dimensional modeling and computer aided machining. An effective method for knee joint design used in clinical medicine was then provided.

Key words: artificial knee joint; computer aided design; two-dimensional image profile; computer aided manufacturing

膝关节是人体关节中结构最复杂、功能要求最高的关节之一. 目前全世界每年约有 150 万例的关节置换术,我国每年人工关节置换术数量也已达到每年 12 万例甚至更多,其中有约 80% 的假体关节是国外进口产品^[1],主要从西方人体关节设计与制造技术水平较高的国家引进. 由于我国患者与西方患者在人种生理结构方面有诸多的不同,我国医学

界普遍认为用引进的西方人工关节产品不能很好地适应我国患者的要求^[2],尤其是个别特殊患者膝关节畸变,更难找到与之相匹配的个性化膝关节假体. 因为人与人之间的膝关节形状也不一样,个体间存在一些差异. 如何高效地设计与加工出符合膝关节患者的个体化人工关节满足病人需要,目前成为医学界很迫切的问题. 中国患类风湿性关节炎和膝关

节骨关节炎的病例已达 3 000 多万^[3],因此,每年有大量的膝关节患者需要接受人工膝关节置换.膝关节置换后要求假体的几何形状与人体相匹配,并使其植入后与人体运动规律相一致,才能使假体与周围保留的软组织协调运动.这一切都依赖于精确的膝关节假体设计与制造,所以,个性化人工膝关节的设计研究具有很重要的社会意义及实用价值.

本文在二维轮廓的提取过程中,采用了目前常用的计算机绘图软件 AutoCAD 进行膝关节二维轮廓的提取,并对提取的二维轮廓线进行了 B 样条曲线处理,得到了精确的二维轮廓线.利用 UG 软件导入由 AutoCAD 软件生成的二维轮廓线,生成了膝关节三维轮廓线,利用 UG 软件进行三维建模和辅助加工.

1 个性化人工膝关节的研究现状

国外于 20 世纪 60 年代开展个性化人工膝关节的研究,我国 80 年代后期开展研究,虽然各研究机构对人工膝关节进行了大量的设计应用研制工作^[4],但设计与制造水平与先进国家存在较大的差距.

国内文献^[5]对个性化人工膝关节进行了研究,取得了一些成果,为个性化人工膝关节的设计与制造到临床应用提供了一些方法与手段^[5].文献^[6]测量了国人正常膝关节的步态,同时进行了大量的相关研究,为进一步实现个性化人工膝关节的设计和生产提供了数据基础^[6].武汉理工大学科研工作者利用 CT 扫描所获得的膝关节数据重建了人体关节三维实体,还进行了个性化人工关节快速成型制造^[7].经过科研院校的针对个性化人工膝关节的设计与制造技术的研究,目前大大地缩短了国内和国外在人工关节设计与制造技术间的距离.

2 实验数据获取与处理

本文实验在闵行区中心人民医院里完成,获取图像的方法由于医院软件与硬件的限制,采用扫描仪扫描膝关节胶片图像获取数据,虽然工作量比较大,同时获取的图像资料经过扫描以后有一定的影响,但只要方法恰当,实验时细心,采用合适的方法(尤其采用了 AutoCAD 软件进行二维轮廓图像的提取),依然可以得到高精度的膝关节二维图形.本次实验中,膝关节的 CT(医用电子计算机 X 射线断层扫描技术)照片医学影像资料由上海市闵行区中心医院提供.图 1 是

膝关节股骨远端的一部分 CT 图形.

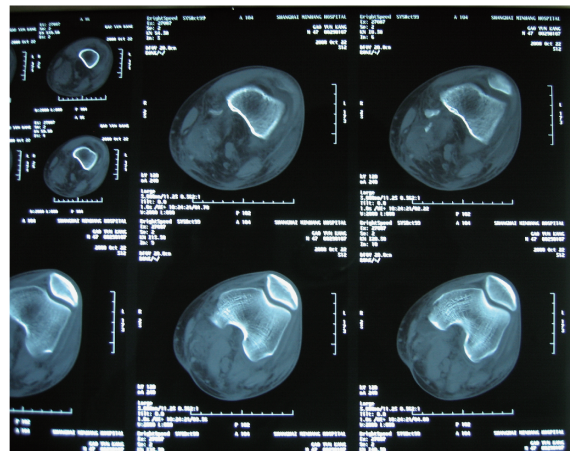


图 1 股骨远端 CT 图形

Fig.1 Distal femur CT graphics

个性化人工关节计算机辅助设计与计算机辅助加工中 CT 图像的获取和膝关节二维轮廓的处理是实现人工膝关节设计与制造非常关键的步骤.目前国内外进行人工膝关节二维轮廓提取的方法有矢量图提取法和非矢量图提取法.选用合适的方法进行图形图像处理,使获得的矢量化二维轮廓尽量精确地反映膝关节轮廓的特征,提高膝关节三维重建的精度.国内外很多高校、医院等研究机构使用的医学图像处理软件基本上相同,采用的方法也类似,国内大部分研究者都采用一系列的医院图像处理软件来实现二维轮廓的提取^[8],很少有研究者运用非医学图像处理软件来处理膝关节的图像.本文在图像处理的过程中采用医学图像处理软件和非医学图像处理软件相结合的方法对 CT 扫描后的膝关节图像进行了去噪、滤波及分割等处理,得到了高质量的膝关节图像文件.在二维轮廓的提取过程中,采用了目前常用的计算机绘图软件 AutoCAD 进行膝关节二维轮廓的提取,并对提取的二维轮廓线进行了 B 样条曲线处理,得到了精确的二维轮廓线.

当膝关节图像经过图像去噪处理和图像分割处理后,去除膝关节周围组织,选取膝关节轮廓区域,提取二维轮廓.图 2(见下页)选取了 2 个有代表性的膝关节二维轮廓线,这里主要是以膝关节股骨远端为例,胫骨平台二维轮廓线的提取方法与此相同.

目前对于膝关节二维轮廓的提取大多数的研究人员都采用医学软件,医学软件比较专业,操作比较复杂,需要比较多的医学专业知识,不具备通用性. AutoCAD 软件支持多种操作平台,具有通用性、易用性,适用于各类用户.现介绍膝关节二维轮廓图像提

取的具体方法. 本文二维轮廓线的提取采用了 AutoCAD 软件来实现. 具体的提取步骤如图 3 所示.

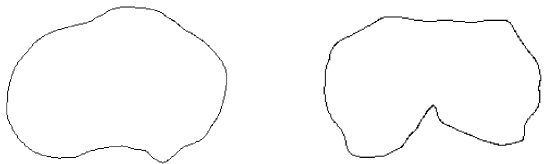


图 2 股骨远端二维轮廓
Fig.2 Two-dimensional outline of distal femur

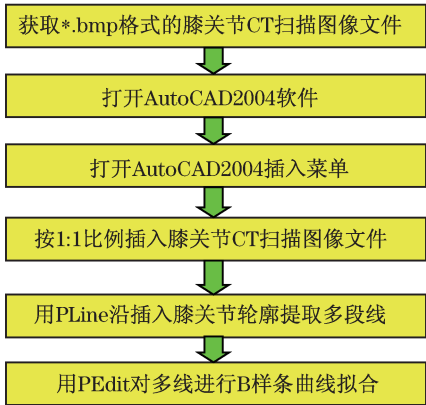


图 3 二维轮廓线提取的流程
Fig.3 Process of two-dimensional contour extraction

现举例提取一层膝关节二维轮廓线,并拟合成 B 样条曲线.

打开 AutoCAD2004 软件如图 4 所示.

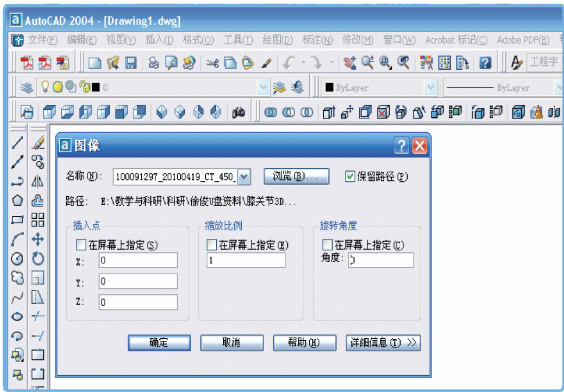


图 4 AutoCAD2004 界面
Fig.4 AutoCAD2004 interface

插入某层膝关节 CT 扫描图像文件如图 5 所示.
提取膝关节 CT 扫描图像的二维轮廓线,并生成 B 样条曲线,如图 6 所示.

利用 AutoCAD 软件逐层提取膝关节的断层二维轮廓 B 样条曲线,如图 7 所示,采用该方法提取二维轮廓线方法简单、样条曲线精度较高.

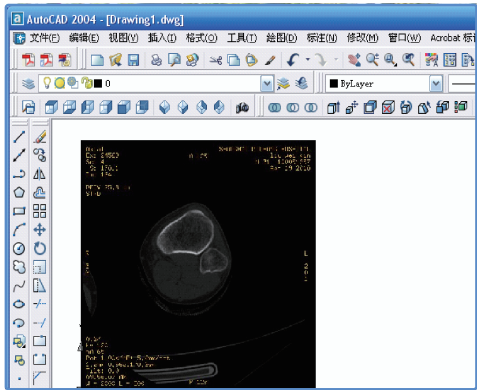


图 5 CT 扫描图像文件
Fig.5 CT scan image file

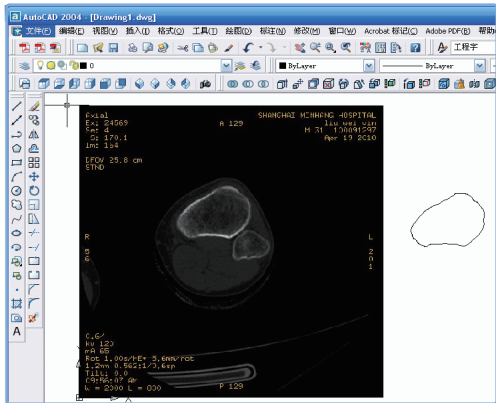


图 6 膝关节断层二维轮廓
Fig.6 Two-dimensional profile of knee joint fault

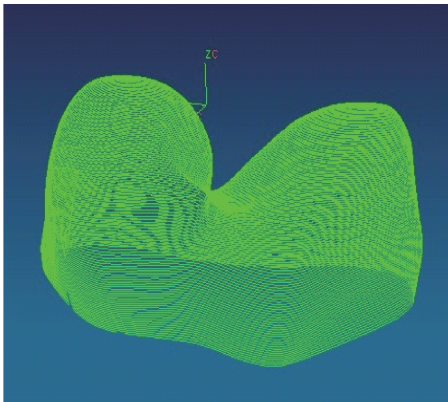


图 7 股骨远端三维 B 样条曲线
Fig.7 3D B-spline curve of distal femur

3 运用 UG 软件进行膝关节骨骼三维实体建模

UG 是美国 EDS (Electronic Data Systems Corporation) 旗下 PLM Solution-UGS 公司集 CAD/

CAM/CAE 于一体的大型集成软件系统^[9]. 在 UG 平台上导入前面的股骨三维样条曲线,生成三维曲面. 利用 UG 软件的布尔运算功能,使用股骨曲面去裁截一个实体,得到股骨实体模型,如图 8 所示. 采用同样的方法也可以得到非常精确的胫骨实体模型,如图 9 所示.

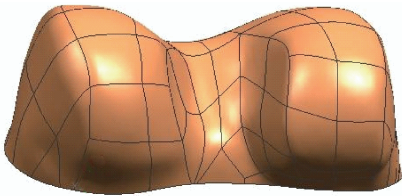


图 8 股骨远端实体模型
Fig.8 Entity model of distal femur

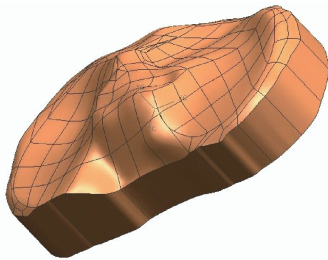


图 9 胫骨平台实体模型
Fig.9 Entity model of tibial plateau

4 利用 UGNX4.0 的加工模块进行膝关节骨骼辅助加工

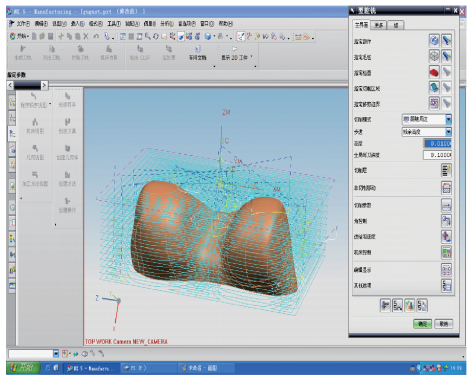
假体的外形非常复杂且加工精度要求很高,传统的加工方法很难达到要求^[10]. 随着数控加工技术的发展,为假体的加工提供了精度保证. 数控机床利用数控程序来控制刀具的加工轨迹,编写正确的数控程序成为关键^[11]. 膝关节的曲面要靠人工编写程序,工作量非常大,而且还很难得到正确的数控程序. 利用 UG 软件加工模块,通过设置相应的加工参数,可以自动生成膝关节加工数控程序,将生成的数控程序传输到数控机床进行加工,就能得到个性化的、精度非常高的膝关节.

4.1 生成膝关节加工的三维刀具路径

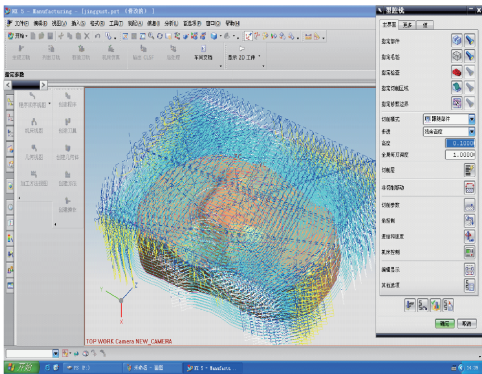
导入膝关节股骨实体模型,进入其加工模块,设置相应的加工参数,便可以生成加工膝关节股骨的三维刀具路径,如图 10(a)所示. 同样可以得到胫骨的三维刀具路径,如图 10(b)所示.

4.2 辅助加工过程动态模拟

利用 UG 软件的动态模拟加工功能可以观察到



(a) 股骨



(b) 胫骨

图 10 股骨与胫骨加工三维刀具路径

Fig.10 3D tool path of femur and tibia processing

膝关节的辅助加工过程,并得到加工后的模型,如图 11(见下页)所示. 检查膝关节的外形和精度是否符合要求,若符合要求,就可以生成数控代码,直接提供给数控机床进行加工.

4.3 后处理生成数控代码

以下是生成的部分数控代码,这些代码可以传输到数控机床进行加工.

```
%
G40 G17 G49 G80
(Tool_Name:B5 Tool_No:0 Cavity Milling )
G91 G28 Z0.0
G00 G90 G54 X-2.26 Y-2.377 S3000 M03
G43 Z2.54 H00 M08
G03 X0.0 Y.253 Z-.254 R2.286 F254.
G01 X-13.029
:
M05
M09
G91 G28 Z0.0
M30
%
```

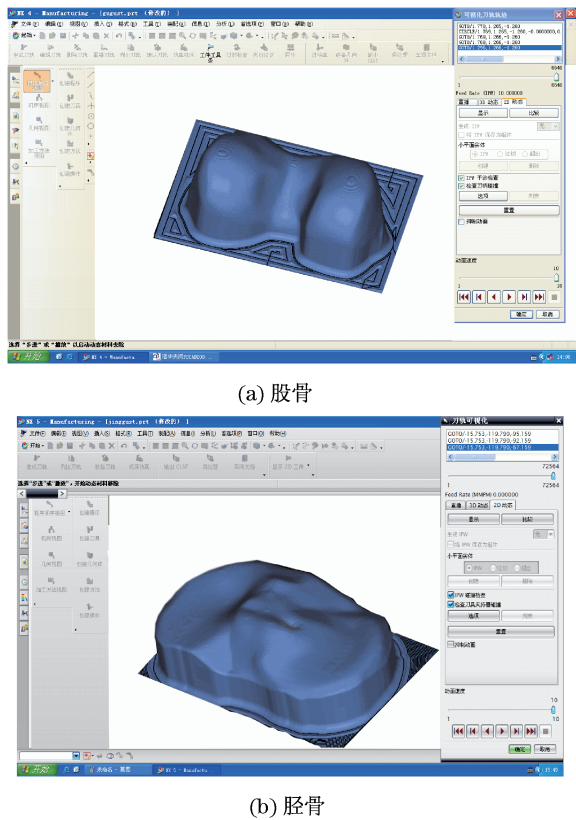


图 11 股骨与胫骨模拟加工后的模型
Fig.11 Analog processing model of femur and tibia

5 结束语

作者在后续的论文中将对这项新技术进行评价,探讨如何实现这项新技术在临床中的应用,探讨人工关节功能的合理性.

参考文献:

[1] 吴永辉,李涤尘,卢秉恒,等. 基于 RP 的生物活性仿生制造研究[J].中国机械工程,2000,11(10):1090-1093.

[2] 张虎,李迪尘,孙明林,等. 定制化单侧膝关节假体设计与快速制造方法研究[J]. 北京生物医学工程,2003,22(4):266-268.

[3] 王臻,滕勇,李迪尘,等. 基于快速成型的个性化人工半膝关节的研制——计算机辅助设计与制造[J]. 中国修复重建外科杂志,2004,18(5):347-351.

[4] 滕勇,王臻,李迪尘,等. 快速成型的个性化人工半膝关节的研制——股骨髁的三维建模[J]. 中国修复重建外科杂志,2004,18(4):257-260.

[5] 陈作炳. 人工关节 CAD/CAM 相关理论及其关键技术研究[D]. 武汉:武汉理工大学,2004.

[6] 何金保. 基于 UG 软件集成制造系统的研究与应用 [D]. 昆明:昆明理工大学,2005.

[7] 周飞虎. 国人正常膝关节三维几何形态测量及相关研究[D]. 北京:解放军军医进修学院,2003.

[8] 张建宏. 基于功能的个性化人工膝关节设计研究 [D]. 武汉:武汉理工大学,2007.

[9] 郭晓东,郑启新. 用组织工程技术修复骨缺损研究进展[J]. 国外医学,生物医学工程分册,2004,27(5):270-273.

[10] Guo L, Zhao Y Y. The experimental research of the vertical stress affecting to the load distribution on the pelvic loop[J]. Chinese Medical University Academic Paper,2002,31(3):195-196.

[11] 陈永平,施明恒. 基于分形理论的多孔介质渗透率的研究[J]. 清华大学学报,2000,40(12):94-97.