



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115153834 A

(43) 申请公布日 2022. 10. 11

(21) 申请号 202210859660.X

(22) 申请日 2022.07.21

(71) 申请人 武汉理工大学

地址 430070 湖北省武汉市洪山区珞狮路
122号

(72) 发明人 石志良 廖诗旗 祝少博 朱佳佳
汪鹏程

(74) 专利代理机构 北京中北知识产权代理有限公司 11253

专利代理师 吴静

(51) Int. Cl.

A61B 34/10 (2016.01)

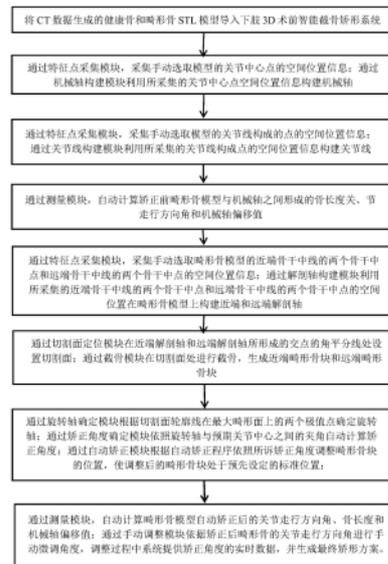
权利要求书3页 说明书5页 附图11页

(54) 发明名称

一种下肢3D术前智能截骨矫形方法与系统

(57) 摘要

本发明提供一种下肢3D术前智能截骨矫形方法与系统,包括:特征点采集模块、机械轴构建模块、关节线构建模块、测量模块、解剖轴构建模块、切割面定位模块、截骨模块、旋转轴确定模块、矫正角度确定模块、自动矫正模块、手动调整模块。本发明通过测量模块能够实现三维精准测量;通过切割面定位模块能够提高手术过程中的定位精度,增加手术成功率和安全性;通过模拟截骨、自动矫正和手动调整模块,能够建立下肢冠状面内外翻畸形和下肢冠状面成角畸形的手术预测模型。



1. 一种下肢3D术前智能截骨矫形方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1、将CT数据生成的健康骨和畸形骨STL模型导入下肢3D术前智能截骨矫形系统;

S2、通过特征点采集模块,采集手动选取模型的关节中心点的空间位置信息,通过机械轴构建模块利用所采集的关节中心点的空间位置信息构建机械轴;

S3、通过所述特征点采集模块,采集所述手动选取模型的关节线构成点的空间位置信息,通过关节线构建模块利用所采集的关节线构成点的空间位置信息构建关节线;

S4、通过测量模块,自动计算矫正前畸形骨模型的关节线与畸形机械轴之间形成的骨长度、关节走行方向角及机械轴偏移值;

S5、通过特征点采集模块,采集手动选取畸形骨模型的近端骨干中线的两个骨干中点和远端骨干中线的两个骨干中点的空间位置信息,通过解剖轴构建模块利用所采集的近端骨干中线的两个骨干中点和远端骨干中线的两个骨干中点的空间位置信息在畸形骨模型上构建近端解剖轴和远端解剖轴;

S6、通过切割面定位模块在所述近端解剖轴和远端解剖轴所形成的交点的角平分线处设置切割面;通过截骨模块在切割面处进行截骨,生成近端畸形骨块和远端畸形骨块;

S7、通过旋转轴确定模块根据切割面轮廓线在最大畸形面上的两个极值点确定旋转轴,矫正角度确定模块根据旋转轴与预期关节中心点之间的夹角计算矫正角度,自动矫正模块根据矫正角度调整畸形骨块的位置,使调整后的畸形骨块处于预先设定的标准位置;

S8、通过测量模块,自动计算畸形骨模型自动矫正后的骨长度、关节走行方向角及机械轴偏移值,通过手动调整模块根据矫正后畸形骨的关节走行方向角进行手动微调角度,调整过程中系统提供矫正角度的实时数据,并生成最终矫形方案。

2. 根据权利要求1所述的一种下肢3D术前智能截骨矫形方法,其特征在于:所述S2中,关节中心点包括股骨头中心点、膝关节中心点和踝关节中心点;

所述机械轴包括下肢正确机械轴、全下肢机械轴、股骨机械轴和胫骨机械轴,具体构建为:

S101、自动构建股骨头中心到踝关节中心的直线作为全下肢机械轴;

自动构建股骨头中心到膝关节中心的直线作为股骨机械轴;

自动构建膝关节中心到踝关节中心的直线作为胫骨机械轴;

S102、股骨畸形,自动构建胫骨机械轴延长线作为下肢正确机械轴;

S103、胫骨畸形,自动构建股骨机械轴延长线作为下肢正确机械轴。

3. 根据权利要求1所述的一种下肢3D术前智能截骨矫形方法,其特征在于:所述S3,所述关节线构成点包括股骨内侧髁最低点、股骨外侧髁最低点、胫骨平台平面内侧点、胫骨平台平面外侧点、胫骨远端软骨下骨线内侧端点、胫骨远端软骨下骨线外侧端点;

所述关节线包括股骨近端关节线、股骨远端关节线、胫骨近端关节线、胫骨远端关节线,具体构建为:

自动构建股骨头水平线为股骨近端关节线;

自动构建股骨内外侧髁最低点之间的连线为股骨远端关节线;

自动构建胫骨平台平面内外侧点的连线为胫骨近端关节线;

自动构建胫骨软骨下骨线内外侧端点的连线为胫骨远端关节线。

4. 根据权利要求1所述的一种下肢3D术前智能截骨矫形方法,其特征在于,所述S4,骨

长度包括全下肢长度、股骨长度和胫骨长度；

所述关节走行方向角包括：

股骨近端机械外侧角 \angle mLPFA、

股骨远端机械外侧角 \angle mLDFA、

胫骨近端机械内侧角 \angle mMPTA、

胫骨远端机械外侧角 \angle mLDTA

和膝关节线夹角 \angle JLCA。

所述骨长度：

通过股骨头中心到踝关节中心的直线距离计算全下肢长度、

通过股骨头中心到膝关节中心的直线距离自动计算股骨长度、

通过膝关节中心到踝关节中心的直线距离自动计算胫骨长度；

机械轴偏移值：

通过膝关节中心与全下肢机械轴的垂直距离自动计算机械轴偏移值。

5. 根据权利要求1所述的一种下肢3D术前智能截骨矫形方法，其特征在于，所述5中，所述近端解剖轴为近端骨干中线上两个骨干中点的连线，所述远端解剖轴为远端骨干中线上两个骨干中点的连线。

6. 根据权利要求1所述的一种下肢3D术前智能截骨矫形方法，其特征在于，所述S7，所述最大畸形面由股骨头中心点、膝关节中心点和踝关节中心点构成；

所述畸形骨块包括远端畸形骨块和近端畸形骨块，其中，

股骨畸形，截骨后分为股骨近端畸形骨块和股骨远端畸形骨块，所需调整的是股骨近端畸形骨块位置；

胫骨畸形，截骨后分为胫骨近端畸形骨块和胫骨远端畸形骨块，所需调整的是胫骨远端畸形骨块位置。

7. 根据权利要求1所述的一种下肢3D术前智能截骨矫形方法，其特征在于，所述S7中，确定旋转轴的方法为：

S701、将切割面轮廓线上的所有点投影到最大畸形面上；

S702、在最大畸形面上找到沿X轴方向的两个极值点，旋转轴方向垂直最大畸形面，旋转轴位置由极值点位置确定。

8. 根据权利要求1所述的一种下肢3D术前智能截骨矫形方法，其特征在于：所述S7中，预期关节中心点包括下肢正确机械轴的股骨头中心点和下肢正确机械轴的踝关节中心点；

所述计算矫正角度的方法，包括：

股骨畸形

在胫骨机械轴延长线上自动选取与股骨机械轴等长的点作为下肢正确机械轴的股骨头中心点；

计算旋转轴与下肢正确机械轴上股骨头中心点之间所成角度自动计算出远端畸形骨块的矫正角度；

胫骨畸形

在股骨机械轴延长线上自动选取与胫骨机械轴等长的点作为下肢正确机械轴的踝关节中心点；

计算旋转轴与下肢正确机械轴上踝关节中心点之间所成角度自动计算出远端畸形骨块的矫正角度。

9. 一种下肢3D术前智能截骨矫形系统, 其特征在于, 实现如权利要求1至8任一所述的下肢3D术前智能截骨矫形方法, 以及:

特征点采集模块, 用于采集手动选取的关节中心点、关节线构成点、近端骨干中线的两个骨干中点和远端骨干中线的两个骨干中点的空间位置信息;

机械轴构建模块, 用于构建下肢正确机械轴、下肢畸形机械轴;

关节线构建模块, 用于构建股骨头水平线、股骨远端关节线、胫骨近端关节线和胫骨远端关节线;

测量模块, 用于测量矫正前和矫正后的畸形骨全下肢长度、股骨长度、胫骨长度、关节走行方向角和机械轴偏离值;

解剖轴构建模块, 用于构建近端解剖轴和远端解剖轴;

切割面定位模块, 用于定位切割面位置;

截骨模块, 用于在切割面位置对畸形骨进行截骨;

旋转轴确定模块, 用于在切割面极值点处设置旋转轴;

矫正角度确定模块, 用于确定远端畸形骨块需要矫正的角度;

自动矫正模块, 用于自动矫正远端畸形骨块调整到预期设定的位置;

手动调整模块, 用于手动微调远端畸形骨块的位置。

一种下肢3D术前智能截骨矫形方法与系统

技术领域

[0001] 本发明涉及智能诊疗技术领域,尤其涉及一种下肢3D术前智能截骨矫形方法与系统。

背景技术

[0002] 下肢主要为负重及行走功能,所以保持下肢长度均衡和恢复正常下肢轴线在各种骨关节畸形或者骨折治疗中变得尤为重要。目前,临床上对于冠状面内外翻、冠状面成角等下肢长骨畸形,截骨矫形是常用的治疗方法。下肢矫形手术治疗效果的关键在于设计完善的手术方案,精确控制截骨部位、截骨角度与截骨量。但传统的截骨矫形手术很难做到从三维空间上矫形,在精确性方面存在明显不足,而且术前无法模拟出术后的组织形态。

[0003] 通过上诉分析,现有技术存在的问题及缺陷为:二维平面测量方法不够全面准确、无法预测术后矫正结果、手术方案设计时间长。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于针对上述现有技术的不足,提供了一种下肢3D术前智能截骨矫形方法与系统,能够实现三维精准测量与矫形。

[0005] 为实现上述目的,本发明采用了如下技术方案:

[0006] 本发明提供了一种下肢3D术前智能截骨矫形方法,包括以下步骤:

[0007] S1、将CT数据生成的健康骨和畸形骨STL模型导入下肢3D术前智能截骨矫形系统;

[0008] S2、通过特征点采集模块,采集手动选取模型的关节中心点的空间位置信息,通过机械轴构建模块利用所采集的关节中心点的空间位置信息构建机械轴;

[0009] S3、通过所述特征点采集模块,采集所述手动选取模型的关节线构成点的空间位置信息,通过关节线构建模块利用所采集的关节线构成点的空间位置信息构建关节线;

[0010] S4、通过测量模块,自动计算矫正前畸形骨模型的关节线与畸形机械轴之间形成的骨长度、关节走行方向角及机械轴偏移值;

[0011] S5、通过特征点采集模块,采集手动选取畸形骨模型的近端骨干中线的两个骨干中点和远端骨干中线的两个骨干中点的空间位置信息,通过解剖轴构建模块利用所采集的近端骨干中线的两个骨干中点和远端骨干中线的两个骨干中点的空间位置信息在畸形骨模型上构建近端解剖轴和远端解剖轴;

[0012] S6、通过切割面定位模块在所述近端解剖轴和远端解剖轴所形成的交点的角平分线处设置切割面;通过截骨模块在切割面处进行截骨,生成近端畸形骨块和远端畸形骨块;

[0013] S7、通过旋转轴确定模块根据切割面轮廓线在最大畸形面上的两个极值点确定旋转轴,矫正角度确定模块根据旋转轴与预期关节中心点之间的夹角计算矫正角度,自动矫正模块根据矫正角度调整畸形骨块的位置,使调整后的畸形骨块处于预先设定的标准位置;

[0014] S8、通过测量模块,自动计算畸形骨模型自动矫正后的骨长度、关节走行方向角及

机械轴偏移值,通过手动调整模块根据矫正后畸形骨的关节走行方向角进行手动微调角度,调整过程中系统提供矫正角度的实时数据,并生成最终矫形方案。

[0015] 进一步,所述S2中,关节中心点包括股骨头中心点、膝关节中心点和踝关节中心点;

[0016] 所述机械轴包括下肢正确机械轴、全下肢机械轴、股骨机械轴和胫骨机械轴,具体构建为:

[0017] S101、自动构建股骨头中心到踝关节中心的直线作为全下肢机械轴;

[0018] 自动构建股骨头中心到膝关节中心的直线作为股骨机械轴;

[0019] 自动构建膝关节中心到踝关节中心的直线作为胫骨机械轴;

[0020] S102、股骨畸形,自动构建胫骨机械轴延长线作为下肢正确机械轴;

[0021] S103、胫骨畸形,自动构建股骨机械轴延长线作为下肢正确机械轴;

[0022] 进一步,所述S3,所述关节线构成点包括股骨内侧髁最低点、股骨外侧髁最低点、胫骨平台平面内侧点、胫骨平台平面外侧点、胫骨远端软骨下骨线内侧端点、胫骨远端软骨下骨线外侧端点;

[0023] 所述关节线包括股骨近端关节线、股骨远端关节线、胫骨近端关节线、胫骨远端关节线,具体构建为:

[0024] 自动构建股骨头水平线为股骨近端关节线;

[0025] 自动构建股骨内外侧髁最低点之间的连线为股骨远端关节线;

[0026] 自动构建胫骨平台平面内外侧点的连线为胫骨近端关节线;

[0027] 自动构建胫骨软骨下骨线内外侧端点的连线为胫骨远端关节线。

[0028] 进一步,所述S4,骨长度包括全下肢长度、股骨长度和胫骨长度;

[0029] 所述关节走行方向角包括:

[0030] 股骨近端机械外侧角 $\angle mLPFA$ 、

[0031] 股骨远端机械外侧角 $\angle mL DFA$ 、

[0032] 胫骨近端机械内侧角 $\angle mMPTA$ 、

[0033] 胫骨远端机械外侧角 $\angle mLDTA$

[0034] 和膝关节线夹角 $\angle JLCA$ 。

[0035] 所述骨长度:

[0036] 通过股骨头中心到踝关节中心的直线距离计算全下肢长度、

[0037] 通过股骨头中心到膝关节中心的直线距离自动计算股骨长度、

[0038] 通过膝关节中心到踝关节中心的直线距离自动计算胫骨长度;

[0039] 机械轴偏移值:

[0040] 通过膝关节中心与全下肢机械轴的垂直距离自动计算机械轴偏移值。

[0041] 进一步,所述5中,所述近端解剖轴为近端骨干中线上两个骨干中点的连线,所述远端解剖轴为远端骨干中线上两个骨干中点的连线。

[0042] 进一步,所述S7,所述最大畸形面由股骨头中心点、膝关节中心点和踝关节中心点构成;

[0043] 所述畸形骨块包括远端畸形骨块和近端畸形骨块,其中,

[0044] 股骨畸形,截骨后分为股骨近端畸形骨块和股骨远端畸形骨块,所需调整的是股

骨近端畸形骨块位置；

[0045] 胫骨畸形,截骨后分为胫骨近端畸形骨块和胫骨远端畸形骨块,所需调整的是胫骨远端畸形骨块位置。

[0046] 进一步,所述S7中,确定旋转轴的方法为:

[0047] S701、将切割面轮廓线上的所有点投影到最大畸形面上;

[0048] S702、在最大畸形面上找到沿X轴方向的两个极值点,旋转轴方向垂直最大畸形面,旋转轴位置由极值点位置确定。

[0049] 进一步,所述S7中,预期关节中心点包括下肢正确机械轴的股骨头中心点和下肢正确机械轴的踝关节中心点;

[0050] 所述计算矫正角度的方法,包括:

[0051] 股骨畸形

[0052] 在胫骨机械轴延长线上自动选取与股骨机械轴等长的点作为下肢正确机械轴的股骨头中心点;

[0053] 计算旋转轴与下肢正确机械轴上股骨头中心点之间所成角度自动计算出远端畸形骨块的矫正角度;

[0054] 胫骨畸形

[0055] 在股骨机械轴延长线上自动选取与胫骨机械轴等长的点作为下肢正确机械轴的踝关节中心点;

[0056] 计算旋转轴与下肢正确机械轴上踝关节中心点之间所成角度自动计算出远端畸形骨块的矫正角度。

[0057] 本发明还提供一种下肢3D术前智能截骨矫形系统,实现下肢3D术前智能截骨矫形方法,以及:

[0058] 特征点采集模块,用于采集手动选取的关节中心点、关节线构成点、近端骨干中线的两个骨干中点和远端骨干中线的两个骨干中点的空间位置信息;

[0059] 机械轴构建模块,用于构建下肢正确机械轴、下肢畸形机械轴;

[0060] 关节线构建模块,用于构建股骨头水平线、股骨远端关节线、胫骨近端关节线和胫骨远端关节线;

[0061] 测量模块,用于测量矫正前和矫正后的畸形骨全下肢长度、股骨长度、胫骨长度、关节走行方向角和机械轴偏离值;

[0062] 解剖轴构建模块,用于构建近端解剖轴和远端解剖轴;

[0063] 切割面定位模块,用于定位切割面位置;

[0064] 截骨模块,用于在切割面位置对畸形骨进行截骨;

[0065] 旋转轴确定模块,用于在切割面极值点处设置旋转轴;

[0066] 矫正角度确定模块,用于确定远端畸形骨块需要矫正的角度;

[0067] 自动矫正模块,用于自动矫正远端畸形骨块调整到预期设定的位置;

[0068] 手动调整模块,用于手动微调远端畸形骨块的位置。

[0069] 本发明的有益效果为:对下肢机械轴的测量与矫形不局限于二维平面,能够实现三维精准测量与矫形;

[0070] 切割面定位模块能够提高手术过程中的定位精度,增加手术成功率和安全性;

[0071] 将模拟截骨、自动矫正和手动调整模块与手术结合,能够建立下肢冠状面内外翻畸形和下肢冠状面成角畸形的手术预测模型,为以后的手术提供科学依据;

[0072] 操作过程相对程序化。便于引导更多经验较少的年轻医生掌握一些复杂和高难度的手术。

附图说明

[0073] 图1是本发明实施例提供的下肢3D截骨智能矫形方法的流程图。

[0074] 图2是实施例一中矫正前患者畸形骨和健康骨模型图。

[0075] 图3是实施例一中患者下肢正确机械轴、全下肢机械轴、股骨机械轴与胫骨机械轴示意图。

[0076] 图4是实施例一中患者股骨近端关节线、股骨远端关节线、胫骨近端关节线与胫骨远端关节线示意图。

[0077] 图5是实施例一中患者股骨近端解剖轴、和股骨远端解剖轴。

[0078] 图6是实施例一中切割平面定位位置示意图。

[0079] 图7是实施例一中切割平面示意图。

[0080] 图8是实施例一中确定旋转轴示意图。

[0081] 图9是实施例一中自动矫正后模拟手术复位示意图。

[0082] 图10是实施例二中矫正前患者畸形骨和健康骨模型图。

[0083] 图11是实施例二中自动矫正后模拟手术复位示意图。

具体实施方式

[0084] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,下面结合附图,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0085] 实施例一

[0086] 一种下肢3D术前智能截骨矫形方法,如图1所示,包括以下步骤:

[0087] S1,将CT数据生成的健康骨和畸形骨STL模型导入下肢3D术前智能截骨矫形系统。本实施例中,导入患者健康胫骨STL模型和畸形股骨STL模型,如图2所示。

[0088] S2,通过特征点采集模块,采集手动选取模型的关节中心点的空间位置信息;通过机械轴构建模块利用所采集的关节中心点空间位置信息构建机械轴。本实施例中,对手动选取的关节中心点空间位置信息自动构建机械轴,如图3所示,轴1为全下肢机械轴,轴2为股骨机械轴,轴3为胫骨机械轴,轴4为下肢正确机械轴。

[0089] S3,通过特征点采集模块,采集手动选取模型的关节线构成点的空间位置信息;通过关节线构建模块利用所采集的关节线构成点的空间位置信息构建关节线。本实施例中,对手动选取的关节线构成点的空间位置信息自动构建关节线,如图4所示,关节线5为股骨近端关节线,关节线6为股骨远端关节线,关节线7为胫骨近端关节线,关节线8为胫骨远端关节线。

[0090] S4,通过测量模块,自动计算矫正前畸形骨模型的关节线与畸形机械轴之间形成的关节走行方向角、骨长度及机械轴偏移值。本实施例中,自动计算矫正前关节走行方向

角、骨长度及机械轴偏移值。矫正前的关节走行方向角 $\angle\text{mLPFA}$ 为 73.0° ， $\angle\text{LDFA}$ 为 106.4° ， $\angle\text{JLCA}$ 为 0.5° ， $\angle\text{mMPTA}$ 为 87.7° ， $\angle\text{mLDTA}$ 为 90.0° 。自动计算的骨长度中，全下肢长度为694.6毫米，股骨长度为376.5毫米，胫骨长度为328.0毫米。自动计算的机械轴偏移值为58.5毫米。

[0091] S5,通过特征点采集模块,采集手动选取畸形骨模型的近端骨干中线的两个骨干中点和远端骨干中线的两个骨干中点的空间位置信息;通过解剖轴构建模块利用所采集的近端骨干中线的两个骨干中点和远端骨干中线的两个骨干中点的空间位置信息在畸形骨模型上构建近端解剖轴和远端解剖轴。本实施例中,如图5所示,轴9为股骨近端解剖轴,轴10为股骨远端解剖轴。

[0092] S6,通过切割面定位模块在近端解剖轴和远端解剖轴所形成的交点的角平分线处设置切割面;通过截骨模块在切割面处进行截骨,生成近端畸形骨块和远端畸形骨块。本实施例中,如图6所示,切割面位置在股骨近端解剖轴和股骨远端解剖轴所形成的交点的角平分线处。如图7所示,为切割面示意图。

[0093] S7,通过旋转轴确定模块根据切割面轮廓线在最大畸形面上的两个极值点确定旋转轴;矫正角度确定模块根据旋转轴与预期关节中心之间的夹角计算矫正角度;自动矫正模块根据矫正角度调整畸形骨块的位置,使调整后的畸形骨块处于预先设定的标准位置。本实施例中,如图8所示,轴11为旋转轴。如图9所示,截骨后分为股骨近端畸形骨块和股骨远端畸形骨块,调整股骨近端畸形骨块的位置。

[0094] S8,通过测量模块,自动计算畸形骨模型自动矫正后的关节走行方向角、骨长度及机械轴偏移值;通过手动调整模块根据矫正后畸形骨的关节走行方向角进行手动微调角度,调整过程中系统提供矫正角度的实时数据,并生成最终矫形方案。本实施案例中,矫正后模型的关节走行方向角 $\angle\text{mLPFA}$ 为 91.6° ， $\angle\text{LDFA}$ 为 87.8° ， $\angle\text{JLCA}$ 为 0.5° ， $\angle\text{mMPTA}$ 为 87.7° ， $\angle\text{mLDTA}$ 为 90.0° 。自动计算的骨长度中，全下肢长度为716.0毫米，股骨长度为388.0毫米，胫骨长度为328.0毫米。自动计算的机械轴偏移值为1.9毫米。如图9所示,为自动矫正后模拟手术复位示意图。

[0095] 实施例2二

[0096] 胫骨成角畸形

[0097] 一种下肢3D术前智能截骨矫形方法,其它特征与实施例1相同,不同之处在于:

[0098] 步骤S2中构建机械轴,具体下肢正确机械轴是股骨机械轴延长线。

[0099] 步骤S5中构建解剖轴,具体构建的是胫骨近端解剖轴和胫骨远端解剖轴;

[0100] 步骤S6中设置切割面,具体切割面位置在胫骨近端解剖轴和胫骨远端解剖轴所形成的交点的角平分线处;

[0101] 步骤S7中根据旋转轴与预期关节中心之间的夹角计算矫正角度,其中,预期关节中心点具体为下肢正确机械轴的踝关节中心点。根据矫正角度调整畸形骨块的位置,截骨后分为胫骨近端畸形骨块和胫骨远端畸形骨块,具体调整的是胫骨远端畸形骨块的位置。

[0102] 以上所述实施例仅表达了本发明的实施方式,其描述较为具体和详细,但并不能因此而理解为对本发明专利范围的限制。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本发明的保护范围。因此,本发明的保护范围应以所附权利要求。

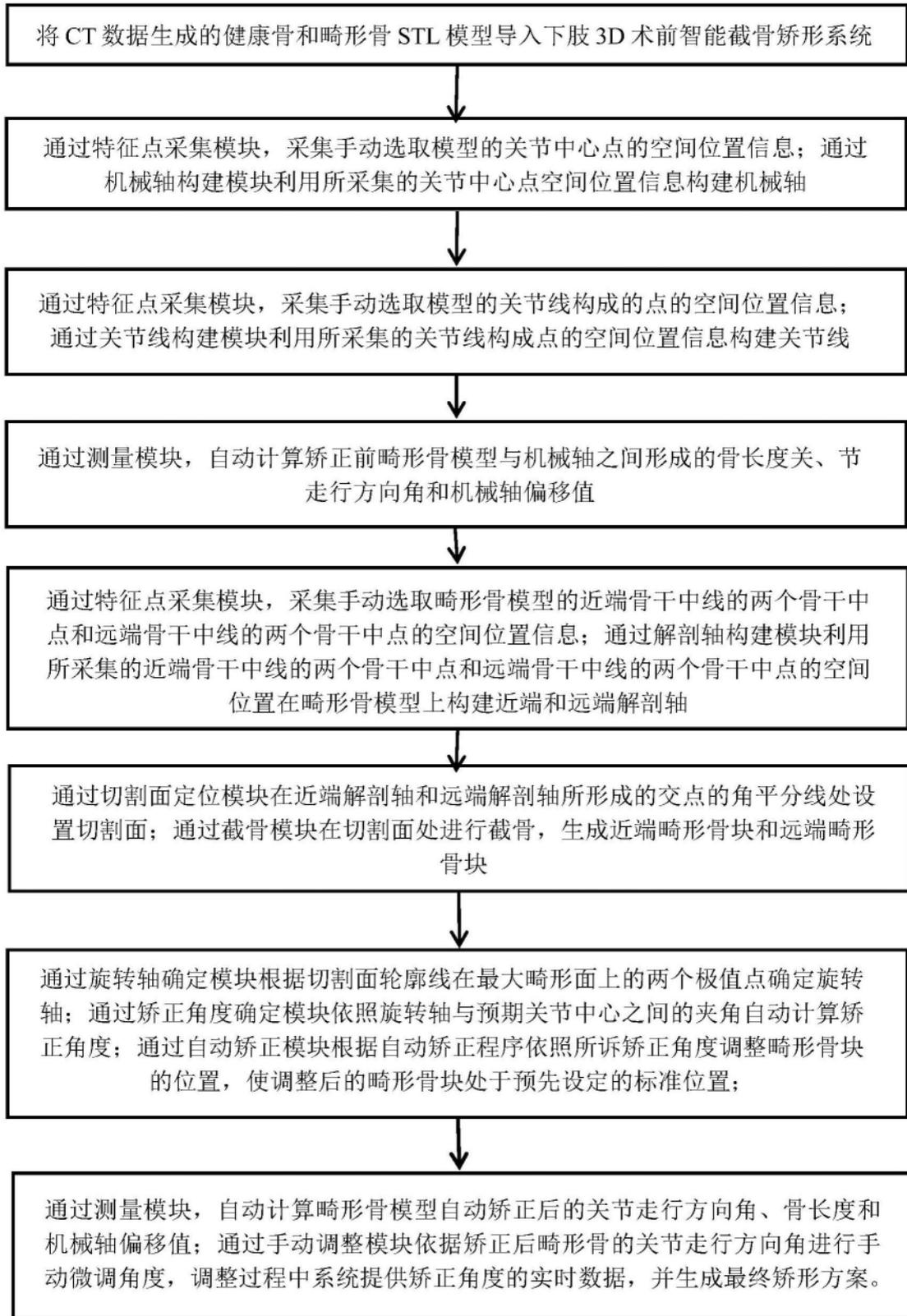


图1



图2

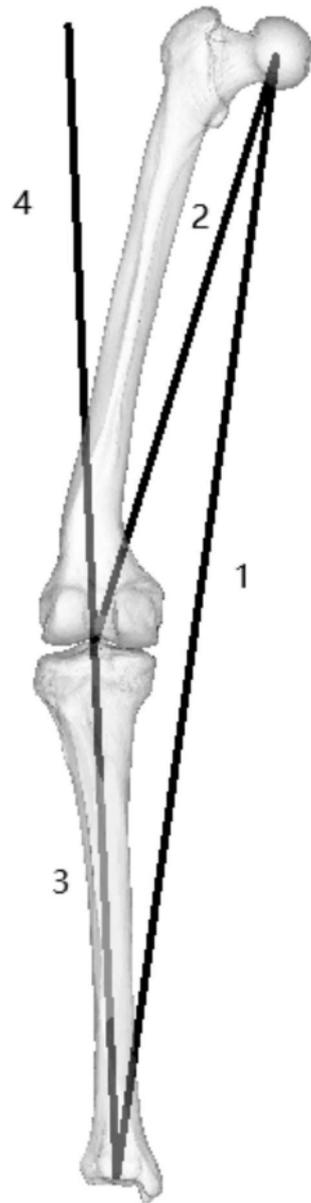


图3

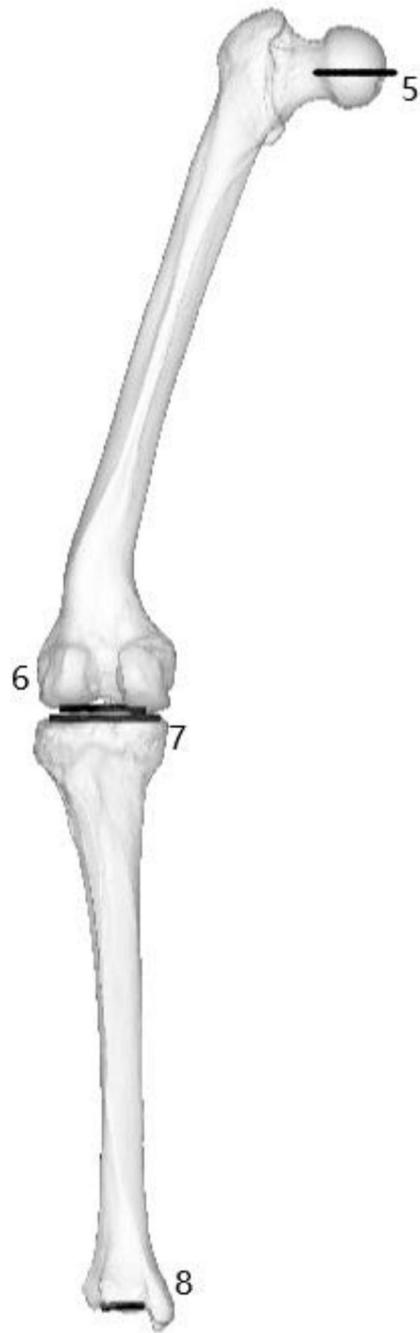


图4

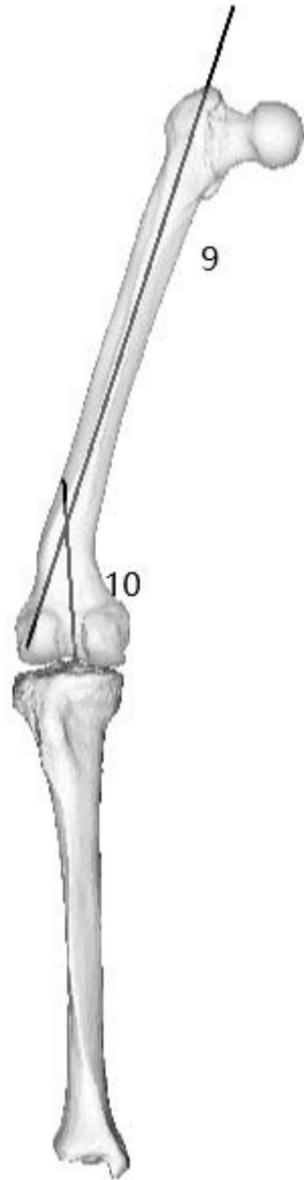


图5



图6

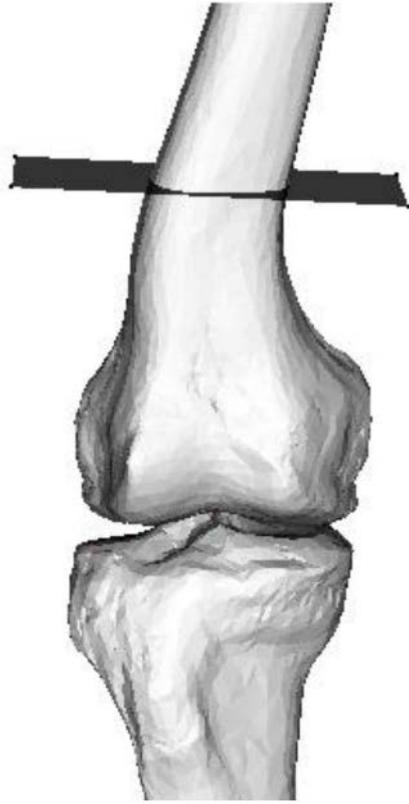


图7

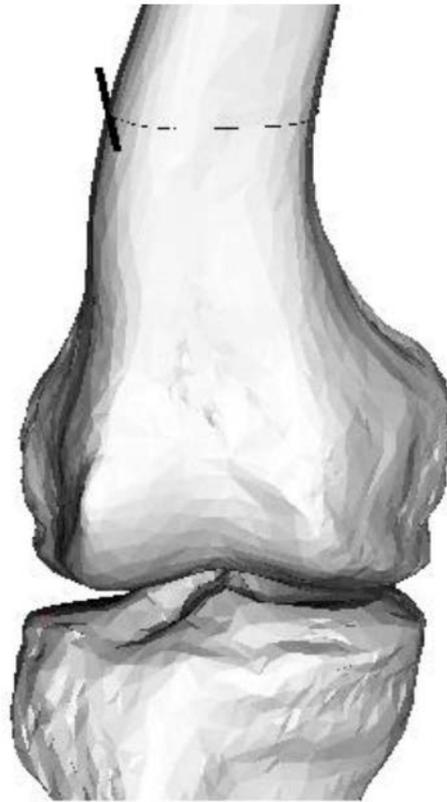


图8



图9



图10



图11