



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105025835 B

(45)授权公告日 2018.03.02

(21)申请号 201480009352.1

D·W·马拉克沃斯基

(22)申请日 2014.03.11

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所 11038

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105025835 A

代理人 金晓

(43)申请公布日 2015.11.04

(51)Int.Cl.

(30)优先权数据

A61B 34/20(2016.01)

61/779,725 2013.03.13 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2015.08.18

(56)对比文件

CN 1985773 A,2007.06.27,
US 2006/0161052 A1,2006.07.20,
US 2007/0073136 A1,2007.03.29,
US 2011/0275957 A1,2011.11.10,
US 2013/0060278 A1,2013.03.07,
US 7302288 B1,2007.11.27,
US 5408409 A,1995.04.18,
US 2005/0096535 A1,2005.05.05,
EP 1523950 A1,2005.04.20,

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2014/023154 2014.03.11

(87)PCT国际申请的公布数据
W02014/159350 EN 2014.10.02

(73)专利权人 史赛克公司
地址 美国密歇根

审查员 张双齐

(72)发明人 J·L·莫克特苏马·德拉巴雷拉

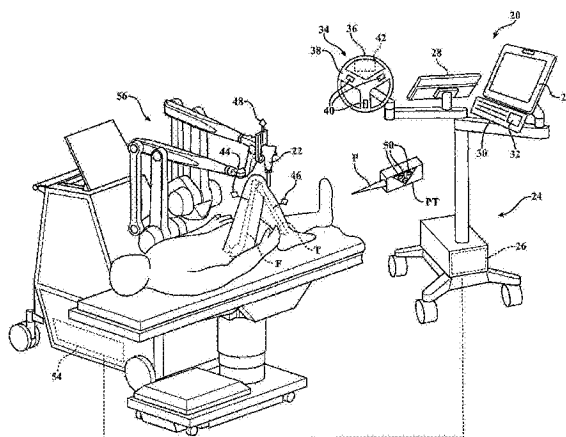
权利要求书4页 说明书11页 附图12页

(54)发明名称

用于在外科程序的准备中布置手术室中的对象的系统

(57)摘要

用于在外科程序的准备中在手术室中布置对象的系统和方法。基于向引导台提供的外科程序信息来布置对象。外科程序信息指示对象的期望放置。随后使用一个或者多个跟踪元件根据对象的期望放置来引导对象的放置。



1. 一种用于使用具有显示器的引导台来布置手术室中的多个对象的方法,所述方法包括:

通过所述引导台基于提供到所述引导台的外科程序信息确定多个解剖跟踪设备中的每一个相对于病人的期望放置,其中所述多个解剖追踪设备中的每一个能够与所述引导台通信;以及

通过所述引导台,在所述引导台的显示器上,根据所述多个解剖追踪设备中的每一个的期望放置,来引导所述多个解剖跟踪设备中的每一个相对于所述病人的放置。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中引导所述多个解剖跟踪设备中的每一个的放置包括:

引导所述多个解剖跟踪设备中的第一解剖跟踪设备相对于病人的第一骨骼的放置;

引导所述多个跟踪设备中的第二解剖跟踪设备相对于病人的第二骨骼的放置;以及

显示所述第一解剖跟踪设备和第二解剖跟踪设备相对于所述第一骨骼和第二骨骼的期望放置的表示;和/或

引导所述第一解剖跟踪设备和第二解剖跟踪设备的放置,以避免对所述第一解剖跟踪设备和第二解剖跟踪设备与光学传感器之间的视线的阻碍。

3. 根据权利要求1所述的方法,还包括:

基于所述外科程序信息确定机器人操纵器在手术室中的期望放置,其中所述机器人操纵器包括用于移除骨骼的仪器以及能够与所述引导台通信的仪器跟踪设备;以及

在对病人进行手术之前,根据机器人操纵器的期望放置,引导手术室中的机器人操纵器的放置,其中所述引导台在显示器上显示机器人操纵器的期望放置的表示。

4. 根据权利要求2所述的方法,还包括:

基于所述外科程序信息确定机器人操纵器在手术室中的期望放置,其中所述机器人操纵器包括用于移除骨骼的仪器以及能够与所述引导台通信的仪器跟踪设备;以及

在对病人进行手术之前,根据机器人操纵器的期望放置,引导手术室中的机器人操纵器的放置,其中所述引导台在显示器上显示机器人操纵器的期望放置的表示。

5. 根据权利要求1-4中任一项所述的方法,

其中提供到所述引导台的所述外科程序信息包括对要切割的骨骼的标识和要附接至所述骨骼的期望植入物的标识;和/或

其中引导所述多个解剖跟踪设备中的每一个的放置包括在所述显示器上向用户显示指令。

6. 根据权利要求2所述的方法,其中确定所述多个对象中的每一个的期望放置包括确定所述多个对象中的每一个的期望位置。

7. 根据权利要求1所述的方法,其中确定所述多个对象中的每一个的期望放置包括基于所述程序信息确定第一对象和第二对象的期望放置,其中所述第一对象和第二对象中的每一个包括能够与所述引导台通信的跟踪元件。

8. 根据权利要求7所述的方法,包括根据期望放置引导所述手术室中的所述第一对象和第二对象的放置。

9. 根据权利要求8所述的方法,其中引导所述第一对象和第二对象的放置还被定义为引导跟踪设备的放置以及引导具有用于切割骨骼的切割工具的加工台的放置。

10. 根据权利要求8所述的方法,其中引导所述第一对象和第二对象的放置还被定义为引导第一跟踪设备相对于第一骨骼的放置以及引导第二跟踪设备相对于第二骨骼的放置。

11. 根据权利要求10所述的方法,包括结合所述第一骨骼和第二骨骼上的所述第一跟踪设备和第二跟踪设备的期望放置来显示所述第一骨骼和第二骨骼的表示。

12. 根据权利要求2所述方法,包括检查所述第一解剖跟踪设备和第二解剖跟踪设备在所述第一骨骼和第二骨骼上的实际放置相对于所述第一解剖跟踪设备和第二解剖跟踪设备的期望放置的误差,以及确定所述误差是否在预定义容差内。

13. 根据权利要求6所述的方法,包括使第一解剖跟踪设备和第二解剖跟踪设备与所述第一骨骼和所述第二骨骼的图像配准。

14. 根据权利要求13所述的方法,包括检测所述第一解剖跟踪设备和第二解剖跟踪设备与所述引导台的感测设备(40)之间的视线误差。

15. 根据权利要求14所述的方法,其中对视线误差进行检测包括针对在外科程序期间所述第一解剖跟踪设备和第二解剖跟踪设备的所有位置来模拟所述第一解剖跟踪设备和第二解剖跟踪设备及所述感测设备(40)。

16. 根据权利要求1-4中任一项所述的方法,包括在所述显示器上显示期望的手术室布局;和/或

其中所述引导台包括摄像机,以及所述方法还包括在所述显示器上显示关于所述摄像机的放置的指令;和/或

包括在所述显示器上显示关于患者的放置的指令。

17. 根据权利要求6所述方法,包括:

如果第一解剖跟踪设备和/或第二解剖跟踪设备的实际放置不在预定义容差内,则引导所述第一解剖跟踪设备和/或第二解剖跟踪设备的重新定位。

18. 一种用于根据外科程序信息来布置手术室中的多个对象的系统,所述系统包括:

引导台,所述引导台具有显示器和控制单元;

多个解剖跟踪设备,所述跟踪设备能够与所述引导台通信并且与病人相关联;

其中所述引导台被配置用于:

接收外科程序信息;

基于所述外科程序信息来确定所述多个解剖跟踪设备中的每一个的期望放置,以及

根据所述多个解剖跟踪设备中的每一个的期望放置,引导所述手术室中所述多个解剖跟踪设备中的每一个相对于病人的放置。

19. 根据权利要求18所述的系统,其中所述控制单元被配置为引导所述跟踪设备相对于骨骼的放置。

20. 根据权利要求18所述的系统,其中所述引导台还被配置用于:

引导所述多个解剖跟踪设备中的第一解剖跟踪设备相对于病人的第一骨骼的放置;

引导所述多个解剖跟踪设备中的第二解剖跟踪设备相对于病人的第二骨骼的放置;

显示所述第一解剖跟踪设备和第二解剖跟踪设备相对于所述第一骨骼和第二骨骼的期望放置的表示;和/或

引导所述第一解剖跟踪设备和第二解剖跟踪设备的放置,以避免对所述第一解剖跟踪设备和第二解剖跟踪设备与光学传感器之间的视线的阻碍。

21. 根据权利要求18-20中任一项所述的系统,其中所述引导台被进一步配置用于:
基于所述外科程序信息确定机器人操纵器在手术室中的期望放置,其中所述机器人操纵器包括用于切割骨骼的仪器以及能够与所述引导台通信的仪器跟踪设备;
在对病人进行手术之前,根据机器人操纵器的期望放置,引导机器人操纵器在手术室中的放置,以及
显示机器人操纵器的期望放置的表示。
22. 根据权利要求18-20中任一项所述的系统,其中所述引导台还被配置用于:
接收对要切割的骨骼的标识和要附接至所述骨骼的期望植入物的标识;和/或在所述显示器上向用户显示指令。
23. 根据权利要求20所述的系统,其中所述引导台还被配置用于:
检查所述第一解剖跟踪设备和第二解剖跟踪设备在所述第一骨骼和第二骨骼上的实际放置相对于所述第一解剖跟踪设备和第二解剖跟踪设备的期望放置的误差,以及确定所述误差是否在预定义容差内。
24. 根据权利要求23所述的系统,其中所述引导台还被配置用于:
使所述第一解剖跟踪设备和第二解剖跟踪设备与所述第一骨骼和所述第二骨骼的图像配准。
25. 根据权利要求24所述的系统,其中所述引导台被进一步配置用于:
检测所述第一解剖跟踪设备和第二解剖跟踪设备与所述引导台的感测设备(40)之间的视线误差。
26. 根据权利要求25所述的系统,其中在对视线误差进行检测时,针对在外科程序期间所述第一解剖跟踪设备和第二解剖跟踪设备的所有位置来模拟所述第一解剖跟踪设备和第二解剖跟踪设备及所述感测设备(40)。
27. 根据权利要求18-20中任一项所述的系统,其中所述引导台还被配置为:
在所述显示器上显示期望的手术室布局;和/或
包括摄像机,以及在所述显示器上显示关于所述摄像机的放置的指令;和/或在所述显示器上显示关于患者的放置的指令。
28. 根据权利要求23所述的系统,其中所述引导台还被配置为:
如果所述第一解剖跟踪设备和/或第二解剖跟踪设备的实际放置不在预定义容差内,则引导所述第一解剖跟踪设备和/或第二解剖跟踪设备的重新定位。
29. 根据权利要求19所述的系统,其中所述控制单元被配置为引导具有用于切割所述骨骼的切割工具的加工台的放置。
30. 根据权利要求19所述的系统,其中所述引导台包括光学传感器,
所述多个对象中的每一个适于与能够与所述引导台通信的跟踪元件相关联,
以及所述控制单元被配置为引导所述跟踪元件的放置以避免对所述跟踪元件与所述光学传感器之间的视线的阻碍。
31. 根据权利要求30所述的系统,其中所述多个对象包括第一对象和第二对象,所述第一对象和第二对象分别与第一跟踪元件和第二跟踪元件相关联,所述第一跟踪元件和第二跟踪元件能够与所述引导台通信以使得能够跟踪所述第一对象和第二对象。
32. 根据权利要求31所述的系统,其中所述控制单元被配置为基于由所述光学传感器

接收的来自所述第一跟踪元件和第二跟踪元件的信号来根据所述期望放置对所述手术室中的所述第一对象和第二对象的放置进行引导。

33. 根据权利要求32所述的系统,其中所述控制单元被配置为引导所述第一对象和第二对象以及具有用于切割骨骼的切割工具的加工台的放置。

34. 根据权利要求32所述的系统,其中所述控制单元被配置为相对于第一骨骼和第二骨骼引导所述第一对象和第二对象的放置,其中所述第一对象和第二对象还定义为第一跟踪设备和第二跟踪设备,所述第一跟踪设备和第二跟踪设备各自具有所述跟踪元件中的一个。

35. 根据权利要求34所述的系统,其中所述控制单元被配置为结合所述第一骨骼和第二骨骼上的所述第一跟踪设备和第二跟踪设备的期望放置在所述显示器上显示所述第一骨骼和第二骨骼的表示。

36. 根据权利要求34所述的系统,其中所述控制单元被配置为检查所述第一跟踪设备和第二跟踪设备的放置相对于所述期望放置的误差以及确定所述误差是否在预定义容差内。

37. 根据权利要求30所述的系统,其中所述控制单元被配置为检测所述跟踪元件与所述光学传感器之间的视线误差。

38. 根据权利要求36所述的系统,其中所述控制单元被配置为针对程序期间所述第一跟踪设备和第二跟踪设备的所有位置模拟所述第一跟踪设备和第二跟踪设备及所述光学传感器,以检测视线误差。

用于在外科程序的准备中布置手术室中的对象的系统

[0001] 相关申请

[0002] 本申请要求2013年3月13日提交的美国临时专利申请No.61/779,725的优先权和权益,其全部内容通过引用合并于此。

技术领域

[0003] 本发明通常涉及用于在外科程序的准备中布置手术室中的对象的系统和方法。

背景技术

[0004] 在开始外科程序之前,需要在手术室中适当地布置许多对象。这些对象包括器械、患者、外科人员、仪器等等。在程序开始之前适当布置手术室中的这些对象有助于确保外科程序在没有不必要延迟的情况下进行。传统地,根据可以包括手术室布局的书面协议和与正在执行的特定程序相关联的书面指示来布置对象。

[0005] 在一些外科程序中,诸如感测设备的导航器械(例如,跟踪摄像机、磁场传感器等等)和跟踪设备需要在程序开始之前进行布置。导航系统采用这种导航器械来帮助用户定位对象。例如,导航系统帮助外科医生相对于患者的解剖结构精确地放置外科仪器。使用导航系统的外科手术包括神经外科手术和整形外科手术。典型地,对器械和解剖结构进行跟踪,并在显示器上显示的它们的相对运动。

[0006] 导航系统可以采用光信号、声波、磁场、RF信号等等以跟踪对象的位置和/或取向。跟踪设备附接至正在跟踪的对象。包括感测设备的定位器与跟踪设备协作以确定跟踪设备的位置,并且最终确定对象的位置和/或取向。导航系统通过跟踪设备监控对象的移动。

[0007] 许多导航系统依赖跟踪设备与感测设备之间无阻挡的视线。当视线被阻挡时,从跟踪设备传输的信号没有由感测设备接收。因此,可能发生误差。典型地,在该情况下,导航中断并且向用户传送误差消息直到视线恢复或者系统重置。这可能引起外科程序的推迟。在其它类型的导航系统(诸如依赖感测磁场的导航系统)中,还可能发生关于放置跟踪和/或感测设备的误差。例如,磁场中的金属可能引起确定所跟踪对象的位置和/或取向的不精确性。

[0008] 因此,在本领域中需要帮助布置跟踪设备和/或感测设备以帮助减少可能的误差的系统和方法。在本领域中还需要使用这种系统和方法以基于要执行的特定程序布置手术室中的其它对象。

发明内容

[0009] 在一个实施例中,提供了用于在外科程序的准备中布置手术室中的多个对象的系统。系统包括具有显示器和控制单元的引导台。能够与引导台通信的跟踪元件与多个对象中的第一对象相关联以使得可以跟踪第一对象。引导台的控制单元基于程序信息确定多个对象的期望放置。随后控制单元根据期望放置引导多个对象的放置。

[0010] 在另一个实施例中,提供了用于使用具有显示器的引导台布置手术室中的多个对

象的方法。方法包括向引导台提供外科程序信息。方法还包括基于程序信息确定多个对象的期望放置,其中多个对象中的至少一个包括能够与引导台通信的跟踪元件。根据期望放置引导多个对象的放置。

[0011] 这些实施例的一个优点是以高效方式以及基于要执行的特定程序促进手术室中的对象的布置,以使得对象放置在期望位置中以用于特定程序。

附图说明

[0012] 当关联附图考虑下列具体实施方式时,通过参照下列具体实施方式,本发明的优点将被容易地领会,从而变得更好理解,其中:

[0013] 图1是与机器人操纵器结合使用的引导台的透视图;

[0014] 图2是引导台、跟踪设备、指示器和加工台 (machining station) 的示意图;

[0015] 图3是实施以创建手术前计划并且将手术前计划加载到系统中的步骤的流程图;

[0016] 图4是由引导台实施的步骤的流程图;

[0017] 图5是由引导台实施以帮助布置手术室中的对象的步骤的流程图;

[0018] 图5A是来自提供关于摄像机单元的放置的指令的OR设置软件模块的屏幕截图的图示;

[0019] 图5B是来自提供关于摄像机单元的放置的指令的OR设置软件模块的替代屏幕截图的图示;

[0020] 图5C是来自提供关于放置患者的指令的OR设置软件模块的屏幕截图的图示;

[0021] 图5D是来自提供关于放置跟踪器的指令的OR设置软件模块的屏幕截图的图示;

[0022] 图5E是来自提供关于放置跟踪器的指令的OR设置软件模块的替代屏幕截图的图示;

[0023] 图6是示例的右旋手术室布局的顶视图;

[0024] 图7是示例的左旋手术室布局的顶视图;

[0025] 图8是实施以相对于患者放置跟踪器的步骤的流程图;

[0026] 图9是实施以放置加工台的步骤的流程图;以及

[0027] 图9A是来自提供关于放置加工台的指令的OR设置软件模块的屏幕截图的图示。

具体实施方式

[0028] 公开了用于布置手术室中的对象的系统和方法。参照图1和图2,在一个实施例中,系统包括引导台20以及与各种对象相关联的跟踪元件。跟踪元件能够与引导台20通信以跟踪对象。程序信息被提供至引导台20。程序信息可以来自手术前外科计划和/或在手术中提供。基于程序信息(例如,正在治疗的解剖结构的标识、程序类型-诸如髋关节置换外科手术或者全部或者部分膝关节置换外科手术、植入物类型/大小、患者信息、外科医生偏好等等),引导台20执行确定对象的期望放置并且引导外科人员根据期望放置来放置对象的步骤。本系统和方法的一个优点是减少手术室中的设置时间并且提高外科手术的效率。

[0029] 在图1中,示出了医疗设施的手术室中的引导台20。建立引导台20以跟踪手术室中各种对象的移动。这些对象包括例如,外科仪器22、股骨F以及胫骨T。引导台20跟踪这些对象以便向外科医生显示它们的相对位置和取向,以及在某些情况下,控制或者约束外科仪

器22相对于预定路径或者解剖边界的移动。如将在下面进一步讨论的,引导台20还帮助在开始外科程序之前和/或在手术中布置手术室中的这些对象以及其它对象。

[0030] 引导台20包括容纳导航计算机26或者其它类型的控制单元的计算机推车组件24。导航界面与导航计算机26进行可操作通信。导航界面包括适合位于无菌区域外部的第一显示器28以及适合位于无菌区域内部的第二显示器29。显示器28、29可调节地安装至计算机推车组件24。第一输入设备30和第二输入设备32(诸如鼠标和键盘)可以用于将信息输入到导航计算机26中或者以其它方式选择/控制导航计算机26的某些方面。可设想其它输入装置,包括触摸屏(未示出)或者语音激活。

[0031] 定位器34与导航计算机26进行通信。在所实施例中,定位器34是光学定位器并且包括摄像机单元36(还称为感测设备)。摄像机单元36具有容纳一个或者多个光学位置传感器40的外壳38。在一些实施例中,采用至少两个光学传感器40,优选地采用三个或者更多个。光学传感器40可以是三个分开的电荷耦合设备(CCD)。在一个实施例中,采用三个一维CCD。应当理解,在其它实施例中,还可以围绕手术室布置各自具有单独的CCD或者两个或更多个CCD的单独摄像机单元。CCD检测红外(IR)信号。

[0032] 摄像机单元36安装在可调节臂上以将光学传感器40安置成具有下面讨论的跟踪器的理想地不受阻碍的视场。可调节臂允许摄像机单元36调节至少一个自由度,以及在一些实施例中两个或者更多个自由度。

[0033] 摄像机单元36包括与光学传感器40通信的摄像机控制器42用以从光学传感器40接收信号。摄像机控制器42通过有线连接或者无线连接(未示出)与导航计算机26进行通信。一个这种连接可以是IEEE 1394接口,该IEEE 1394接口是用于高速通信和等时实时数据传送的串行总线接口标准。连接还可以使用公司特定的协议。在其它实施例中,光学传感器40与导航计算机26直接通信。

[0034] 将位置和取向信号和/或数据传输至导航计算机26以便跟踪对象。显示器28、29和摄像机单元36可以如在2010年5月25日颁布的、标题为“Surgery System”的、Malackowski等人的美国专利No.7,725,162中描述的那些一样,该专利通过引用合并于此。

[0035] 导航计算机26可以是个人计算机或者膝上型计算机。导航计算机26具有显示器28、29、中央处理单元(CPU)和/或其它处理器、存储器(未示出)和存储装置(未示出)。如下所述,导航计算机26加载有软件。软件将从摄像机单元36接收的信号/数据转换成表示当前跟踪对象的位置和取向的数据。

[0036] 引导台20与多个跟踪设备44、46、48(此处还称为跟踪器)进行通信。在图示的实施例中,一个跟踪器44牢固地固定至患者的股骨F以及另一个跟踪器46牢固地固定至患者的胫骨T。跟踪器44、46牢固地固定至骨骼的段。跟踪器44、46可以以美国专利No.7,725,162(其通过引用合并于此)中示出的方式附接至股骨F和胫骨T。跟踪器44、46还可以如2013年1月16日提交的、标题为“Tracking Devices and Navigation Systems and Methods for Use Thereof”的美国临时专利申请No.61/753,219(其在此通过引用并入本文)中示出的那些跟踪器一样安装。在另外的实施例中,跟踪器附接至膝盖骨(未示出)以跟踪膝盖骨的位置和取向。在又另外的实施例中,跟踪器44、46可以安装至解剖结构的其它组织类型或者部分。

[0037] 仪器跟踪器48固定地附接至外科仪器22。仪器跟踪器48可以在制造期间集成到外

科仪器22中或者可以在外科过程的准备中单独地安装至外科仪器22。当前借助于仪器跟踪器48跟踪的外科仪器22的工作端可以是旋转钻、电消融装置等等。

[0038] 跟踪器44、46、48可以用内部电池进行电池供电或者可以像摄像机单元36那样具有通过导航计算机26接收电力的引线(优选地接收外部电力)。

[0039] 在所示实施例中,外科仪器22是加工台56的末端效应器。在标题为“Surgical Manipulator Capable of Controlling a Surgical Instrument in either a Semi-Autonomous Mode or a Manual, Boundary Constrained Mode”的美国临时专利申请No.61/679,258中示出了这种布置,该申请的公开内容通过引用合并于此。单独的跟踪器(未示出)可以附接至加工台56的可移动推车以跟踪推车的移动。替换地,通过关节位置传感器(未示出)(诸如位置编码器),引导台20能够基于仪器跟踪器48的位置和取向以及由于仪器跟踪器48相对于加工台56的刚性连接来确定推车的位置。

[0040] 定位器34的光学传感器40从跟踪器44、46、48接收光信号。在图示的实施例中,跟踪器44、46、48是有源跟踪器。在该实施例中,每个跟踪器44、46、48具有至少三个有源跟踪元件或者标志器,用于将光信号传输至光学传感器40。有源标志器可以是例如发射光(诸如红外光)的发光二极管或者LED 50。光学传感器40优选地具有100Hz或者更高的采样率,更优选地具有300Hz或者更高的采样率,以及最优选地具有500Hz或者更高的采样率。在一些实施例中,光学传感器40具有8000Hz的采样率。采样率是光学传感器40从顺序点亮的LED 50接收光信号的速率。在一些实施例中,对于每个跟踪器44、46、48,按照不同的速率发射来自LED 50的光信号。

[0041] 参照图2,LED 50中的每一个连接至位于关联跟踪器44、46、48的壳体(未示出)中的跟踪器控制器62,该跟踪器控制器62向/从导航计算机26传输/接收数据。在一个实施例中,跟踪器控制器62通过与导航计算机26的有线连接来传输数量级为若干兆字节/秒的数据。在其它实施例中,可以使用无线连接。在这些实施例中,导航计算机26具有收发器(未示出)用以从跟踪器控制器62接收数据。

[0042] 在其它实施例中,跟踪器44、46、48可以具有无源标志器(未示出),诸如反射从摄像机单元36发射的光的反射镜。随后,由光学传感器40接收所反射的光。有源和无源跟踪元件在本领域中是众所周知的。

[0043] 导航计算机26包括导航处理器52。摄像机单元36从跟踪器44、46、48的LED 50接收光学信号并且向处理器52输出与跟踪器44、46、48的LED 50相对于定位器34的位置有关的信号。基于所接收的光学信号,导航处理器52生成指示跟踪器44、46、48相对于定位器34的相对位置和取向的数据。在一些实施例中,跟踪器44、46、48还包括陀螺仪传感器60和加速度计70,诸如2013年1月16日提交的、标题为“Tracking Devices and Navigation Systems and Methods for Use Thereof”的美国临时专利申请No.61/753,219(其通过引用并入于此)中示出的跟踪器。

[0044] 应当理解,导航处理器52可以包括一个或者多个处理器,用以控制导航计算机26的操作。处理器可以是任何类型的微处理器或者多处理器系统。术语处理器不旨在将本发明的范围限制于单个处理器。

[0045] 基于LED 50的位置以及先前加载的与患者的解剖结构和外科仪器22相关的数据,导航处理器52确定外科仪器22相对于要应用工作端的组织(例如,股骨F和胫骨T)的位置和

取向。先前加载的数据包括与手术前图像(包括在外科程序之前拍摄的MRI图像、CT扫描等等)相关联的数据。先前加载的数据还包括外科仪器22的工作端与仪器跟踪器48上的LED 50之间的几何关系。使用公知的导航技术用于配准和坐标系变换,患者的解剖结构和外科仪器22的工作端可以配准到定位器34的坐标参考帧中,以便可以使用LED50一起跟踪工作端和解剖结构。

[0046] 在一些实施例中,导航处理器52将位置和/或取向数据转发至操纵器控制器54。如在标题为“Surgical Manipulator Capable of Controlling a Surgical Instrument in either a Semi-Autonomous Mode or a Manual, Boundary Constrained Mode,”的美国临时专利申请No.61/679,258(其公开内容通过引用合并于此)中描述的,操纵器控制器54可以随后使用该数据来控制加工台56。

[0047] 导航处理器52还生成图像信号,该图像信号指示外科仪器工作端相对于外科部位的相对位置。这些图像信号被应用于显示器28、29。显示器28、29基于这些信号生成图像,该图像允许外科医生和外科人员查看外科仪器工作端相对于外科部位的相对位置。如上面讨论的,显示器28、29可以包括允许命令输入的触摸屏或者其它输入/输出设备。

[0048] 参照图2,定位引擎100是软件模块,该软件模块可以被认为是引导台20的一部分。定位引擎100的组件在导航处理器52上运行。在本发明的一些构型中,定位引擎100可以在操纵器控制器54上运行。

[0049] 定位引擎100从摄像机控制器42接收基于光学的信号作为输入,以及在一些实施例中从跟踪器控制器62接收基于非光学的信号作为输入。基于这些信号,定位引擎100确定跟踪器44、46、48在定位器坐标系中的姿态(pose)。定位引擎100将表示跟踪器44、46、48的姿态的信号转发至坐标变换器102。坐标变换器102是在导航处理器52上运行的导航系统软件模块。坐标变换器102参考限定患者的手术前图像与患者跟踪器44、46之间的关系的数据。坐标变换器102还存储指示外科仪器的工作端相对于仪器跟踪器48的姿态的数据。

[0050] 坐标变换器102随后生成指示外科仪器22的工作端相对于应用仪器工作端的组织(例如,骨骼)的位置和取向的数据。表示这些数据的图像信号被转发至显示器28、29,使外科医生和外科人员能够查看该信息。为了避免该数据的中断,将维持跟踪器44、46、48与传感器40之间的视线。如果视线存在阻碍,则会产生误差。

[0051] 引导台20被配置为帮助对象的外科手术前和/或手术中放置,对象诸如在外科程序期间手术室中使用的跟踪器44、46、48。引导台20提供关于对象布置的指令以促进程序效率并且减少外科程序期间对导航的可能阻碍。可以根据来自引导台20的指令布置的其它对象可以包括但不限于,患者、加工台56、外科人员、摄像机单元36、其它仪器、器械或者台等等。由引导台20提供的指令可以基于程序信息,诸如被执行的程序类型、执行程序的外科医生的偏好、植入物类型/大小、患者信息以及其它因素。

[0052] 参照图3,在所实施例中,基于手术前计划提供来自引导台20的指令。在步骤101中创建手术前计划。手术前计划由每个患者的外科医生指定并且详细描述当前执行的程序类型、当前治疗的目标解剖结构、当前植入的植入物(如果有的话)的类型、大小和/或形状、外科医生偏好以及其它信息。

[0053] 手术前计划的创建包括若干步骤。首先,对患者进行诊断以确定针对患者的合适治疗。其次,外科医生指定治疗。在所实施例中,治疗是全膝关节置换。外科医生的指定包

括使用MRI、CT扫描等等对患者的骨骼(即,股骨和胫骨)进行成像。一旦骨骼的成像完成,则使用图像来准备或者选择全膝关节植入的合适设计。设计还可以基于就在外科手术之前的手术室(OR)中执行的患者的运动学研究。

[0054] 设计包括植入物的类型、植入物的大小/形状和将要安装植入物的骨骼上的位置(其包括识别要移除以容纳植入物的组织)。该信息可以以电子形式以计算机可读格式(诸如文本文件、图像文件等等)存储。设计可以由外科医生或者第三方准备或者选择。一旦确定膝关节植入物的设计,外科医生就查看设计,并且如果设计可接受,则批准设计并且安排外科程序。一旦安排了外科程序,手术室就为外科手术作准备(其包括基于手术前计划布置对象)。

[0055] 在其它实施例中,基于外科手术时(即,非手术前)确定的程序信息来布置对象。

[0056] 在步骤103中,将手术前计划存储在引导台20上。可以使用与导航计算机26的有线或者无线因特网连接由闪速存储器设备等等将手术前计划存储在导航计算机26中。在一些情况下,外科医生或者他的或者她的被指派者通过医院或者外科中心安全局域网(以太网)、安全USB闪盘驱动器或者安全无线(WiFi)连接将加密的手术前计划(包括设计信息)传递至引导台20。在一些实施例中,使用引导台20创建手术前计划。

[0057] 参照图4,一旦程序信息(例如,来自手术前计划的信息)存储在导航计算机26中,则可以使用OR设置模块(参见图2)开始设置在手术室中的对象。OR设置模块是导航计算机26上运行的软件模块。外科人员可以使用引导台20的显示器28、29和用户界面来操作OR设置模块。当使用OR设置模块时,外科人员首先将程序信息(例如,手术前计划)加载到OR设置模块中。当加载时,使某些信息对OR设置模块可用。

[0058] 在步骤104中,OR设置模块基于程序信息确定指定的对象布置。可以通过寻找加载到OR设置模块中的某些信息以及将信息与查找表中列出的多个指定布置中的一个匹配来确定指定的对象布置。查找表存储在导航计算机26上。例如,加载的信息可以识别如“TOTAL KNEE-LEFT”的程序类型。OR设置模块被编程以通过在查找表中找到与“TOTAL KNEE-LEFT”相关联的特定布置以基于该程序类型选择指定的对象布置。

[0059] 指定的布置包括高架(overhead)布局(诸如图6和7所示的布局)。这些高架布局可以在导航计算机26中存储为图像文件或者其它文件类型。替换地,高架布局可以是手术前计划的部分和/或连同程序信息一起加载到OR设置模块中。不同布局可以与不同程序类型相关联。不同布局还可以与不同外科医生偏好相关联。例如,图6所示布局用于用右手的外科医生,而图7所示布局用于用左手的外科医生。

[0060] 一旦确定了指定布置,则在步骤105中引导台20提供指令以相应地布置对象。可以按照图5所示顺序实施这些指令。也考虑这些指令的其它顺序。

[0061] 在步骤108中,引导台20显示由OR设置模块确定的高架布局。在显示器28、29上显示高架布局。高架布局为外科人员提供关于对象总体放置的指令,该对象包括总引导台20、患者和手术台、加工台56、外科医生、护士以及其它对象。如在下面进一步描述的,还由引导台20导航地引导跟踪器44、46和加工台56的更精确的安置。

[0062] 既然示出了高架布局,外科人员就可以将引导台20移动到其在高架布局上指示的位置中。一旦就位,则方法移至步骤110,该步骤110引导摄像机单元36的放置。转换至步骤110可能需要来自外科人员的输入,诸如用输入设备选择显示器28、29上的“OK”或者“DONE”

以向OR设置模块指示引导台20就位。

[0063] 摄像机单元36能够围绕至少一个自由度调节以及在一些情况下能够围绕两个或更多个自由度调节。引导台20通过OR设置模块指示外科人员怎样安置摄像机单元36。该指令可以包括显示器28、29上存在的书面指令,用以将摄像机单元36调节至相对于地面的预定角度或者预定高度。参照图5A,用于放置摄像机单元36的指令可以包括显示摄像机单元36的示例性设置的视觉引导。一旦摄像机单元36被适当地放置,则转换至步骤112可能需要来自外科人员的输入,诸如用输入设备选择显示器28、29上的“OK”或者“DONE”以向OR设置模块指示摄像机单元36就位。

[0064] 在一些实施例中,用于移动摄像机单元36的臂的接头可以具有位置编码器,该位置编码器可以由导航计算机26读取并且用于基于推车组件24、地面、调节臂与摄像机单元36之间的已知几何关系来动态地跟踪摄像机单元36相对于地的移动。在该情况下,参照图5B,显示器28、29上的视觉引导可以包括相对于摄像机单元36的期望位置的表示显示摄像机单元36的当前位置的表示(以虚线示出)。当用户调节摄像机单元36的位置时,当前位置的表示在显示器28、29上朝向或者远离期望位置的表示动态地移动。OR设置模块可以向显示器28、29传输显示到达期望位置所需移动的方向(诸如图5B所示的箭头)的图像。一旦摄像机单元36的当前位置在期望位置的预定容差内,则OR设置模块指示已经到达期望位置并且移至步骤112。

[0065] 在步骤112中,将患者带进手术室到手术台上。在全膝关节置换的情况下,患者在麻醉下被带入手术室或者在手术室中施行麻醉。外科工作人员还可以将感兴趣的腿固定在腿保持器中,并且用布帘覆盖患者和器械。在公开为美国专利申请公开No.2013/0019883的标题为“Multi-position Limb Holder”的美国专利申请No.13/554,010中示出了一个这种腿保持器,其通过引用合并于此。

[0066] 关于患者放置的指令可以包括显示器28、29上关于相对于引导台20安置手术台的书面指令。这种指令可以包括在计算机推车组件24与手术台之间建立期望距离或者关于摄像机单元36对准手术台的特定侧。用于放置患者的指令可以包括显示患者相对于摄像机单元36的示例性设置的视觉引导。

[0067] 在一些实施例中,摄影机(未示出)附接至摄像机单元36。使摄影机定向以使得摄像机单元36的视场可以与摄影机的视场相关联。换句话说,可以使两个视场相匹配或者以其它方式相关以使得如果可以在从摄影机流传输的视频图像中看到对象(例如,LED 50),则对象也在摄像机单元36的视场内。来自摄影机的视频图像可以在图5中的步骤中的任何一个期间流传输到显示器28、29。

[0068] 在步骤112中,尽管显示器28、29显示在窗口113中具有从摄影机流传输的视频图像的窗口113,但是显示器28、29上提供的指令还可以包括向外科人员说明在窗口113内放置患者的书面指令。这在图5C中进行了图示。窗口113还可以通过将几何视觉辅助(诸如十字线、边缘线等等)叠加到视频图像上并且提供伴随的书面指令来显示要将手术台的某些边缘或者侧面定位在何处。一旦患者位于窗口内并且手术台适当地对准,则根据手术前计划和/或其它程序信息安置患者。一旦患者在适当位置中,则转换至步骤114可能需要来自外科人员的输入,诸如用输入设备选择显示器28、29上的“OK”或者“DONE”以向OR设置模块指示患者就位。

[0069] 在步骤114中执行跟踪器放置。在图8中示出了由引导台20提供的用于放置跟踪器44、46的指令的一个示例性实施例。首先,在步骤120中,在显示器28、29上示出了股骨F和胫骨T的表示以及期望的跟踪器放置和关联指令。在图5D中示出了这个的示例。一般的骨骼表示用于一般地显示基于例如离膝关节的距离或者离与膝关节相关联的某些解剖学标志的距离(例如,离膝盖骨、胫骨结节等等的距离)的适当放置。显示器28、29上的书面指令可以指示从解剖学标志至跟踪器44、46中的每一个的距离(可以指示从标志到安装至骨骼的每个跟踪器44、46的底座之间的距离)。还可以在显示器28、29上数字地以及视觉地描绘跟踪器44、46(或者其底座)之间的期望距离。在一些实施例中,显示器28、29上的指令包括关于在放置跟踪器44、46之前将腿放置在腿保持器中的书面指令和关于将腿保持器固定就位的指令。在公开为美国专利申请公开No.2013/0019883的标题为“Multi-position Limb Holder”的美国专利申请No.13/554,010中示出了一个这种腿保持器,其通过引用合并于此。

[0070] 上面描述的摄影机可以集成到引导台20的机器视觉系统中,该机器视觉系统具有使用常规机器视觉技术识别患者的腿的能力。参照图5E,一旦腿被识别并且显示在显示器28、29上的窗口113中,引导台20则将跟踪器44、46的期望位置叠加在显示器28、29上(由箭头显示),同时并且连续地显示来自摄影机的视频图像,该视频图像显示外科医生和/或外科人员放置跟踪器44、46(在图5E中未示出实际跟踪器)。

[0071] 在步骤122中,外科人员安置跟踪器44、46。诸如2013年1月16日提交的标题为“Tracking Devices and Navigation Systems and Methods for Use Thereof”的美国临时专利申请No.61/753,219(其通过引用合并于此)中示出的,这可以包括放置骨骼销(pin)和将跟踪器44、46附接至骨骼销,或者这可以包括使用手动仪器在膝关节处形成切口以获得对关节的接入以及安装骨板并且将跟踪器44、46的跟踪元件耦合至骨板。一旦就位,则激活摄像机单元36以开始从跟踪器44、46的LED 50接收位置相关的信号。

[0072] 在步骤124中,导航计算机26测量跟踪器44上的LED 50与跟踪器46上的LED 50之间的距离。这提供跟踪器44、46在骨骼(例如,股骨和胫骨)上相距多远的基本指示。在一个实施例中,测量了最靠近的两个LED 50之间的最短距离和最远的两个LED 50之间的最远距离。在步骤126中,将这些测量距离与距离的预定范围相比较。如果最短和最远测量距离两者落在范围内,在方法进行到步骤128。如果不是,则方法回到步骤120并且根据步骤120中的指令重新定位跟踪器44、46。如果方法回到步骤120,则指令可以另外地包括关于跟踪器44、46过于靠近还是相距太远的细节-给予外科人员关于将跟踪器44、46安置在何处的额外指导。重新定位跟踪器44、46可能仅仅需要将跟踪器44、46围绕一个或者多个可调节自由度调节而不需要将底座(或者骨骼销)从骨骼移除。在极端情况下,跟踪器44、46将需要完全从骨骼移除并且重新安装。

[0073] 一旦跟踪器44、46已经安置在距离的预定范围内,则跟踪器44、46与解剖结构配准。使用指示器P使骨骼表面与参考标志配准在本领域中是公知的并且将不进行详细描述。配准使得手术前MRI或者CT图像与跟踪器44、46上LED 50的位置相关联。因此,可以通过跟踪LED 50的移动跟踪股骨F和胫骨T的移动。

[0074] 一旦股骨F和胫骨T的位置和取向与LED 50配准,则导航计算机26可以模拟股骨F和胫骨T在从屈曲到伸展的运动范围内以及在外科程序期间股骨和胫骨的所有预期位置中的移动。例如,程序可以要求以最大屈曲和伸展放置膝关节。由于传感器40的视场也为导航

计算机26所知,因此导航处理器52可以模拟在腿的最大屈曲和伸展位置处LED 50将定位于何处以及确定LED 50是否将在所有这些位置中的传感器40中的每一个的视场内。换句话说,导航计算机26可以模拟程序期间股骨F和胫骨T的移动并且检测LED 50中的任何一个是否被阻挡在传感器40中的任何一个的视场以外。

[0075] 替换地,与运行模拟相反,显示器28、29上的指令可以要求外科人员实际上将腿在腿保持器中移动至最大伸展和屈曲,同时引导台20跟踪跟踪器44、46上的LED 50。然后通过确定在腿的任何位置处,LED 50中的任何一个是否被阻止向传感器40传输信号来识别阻碍。

[0076] 如果在模拟中预测到阻碍或者在移动腿时实际上检测到阻碍,则方法进行到步骤134。在步骤134中,患者实际骨骼的表示连同当前跟踪器放置以及期望跟踪器放置一起在显示器28、29上显示(类似于图5E,但是现在使用导航位置信息)。在显示器28、29上还显示用于移动或者重新定位跟踪器44、46的指令。在一些情况下,重新定位可能仅仅需要使用跟踪器44、46的调节特性来滑动、倾斜或者旋转跟踪器44、46中的一个的头,而不需要将跟踪器44、46从骨骼完全移除。参见,例如,在2013年1月16日提交的、标题为“Tracking Devices and Navigation Systems and Methods for Use Thereof”的美国临时专利申请No.61/753,219(其通过引用合并于此)中示出的跟踪器的调节特性。在其它情况下,跟踪器44、46中的一个或者两者需要从骨骼移除。

[0077] 一旦重新定位,则再次执行步骤124中的初始误差检查。如果误差是可接受的,则将跟踪器44、46与解剖结构重新配准并且其余步骤依旧继续。在步骤132处,如果没有预测或者检测到阻碍,则方法进行到步骤116。可以在步骤132中执行模拟或者移动之后自动转换至步骤116,或者转换至步骤116可以需要来自外科人员的输入,诸如用输入设备选择显示器28、29上的“OK”或者“DONE”以向OR设置模块指示患者就位。

[0078] 在步骤114之前,可以根据2013年1月16日提交的标题为“Tracking Devices and Navigation Systems and Methods for Use Thereof”的美国临时专利申请No.61/753,219(其通过引用合并于此)中概述的程序设置跟踪器44、46,其可以提高跟踪器44、46在步骤114中的定位期间不需要重新定位的可能性。

[0079] 外科医生还具有再次查看设计、确认该设计与患者匹配以及给出最终批准或者对植入物大小、位置和/或取向进行修订的能力。

[0080] 在步骤116中提供了用于放置加工台56的指令。在图9中的步骤136至142中示出了如何提供这些指令的一个示例。一旦适当地安置了摄像机单元36、患者和跟踪器44、46,则引导台20可以帮助将加工台56引导到相对于要加工的骨骼的位置中。在步骤136中,在显示器28、29上显示了加工台56的期望放置。加工台56的推车还具有与引导台20通信的集成显示器59(参见图1)。加工台显示器59另外显示加工台56的期望放置。诸如图6和7所示,期望放置可以是推车在期望位置中的高架视觉图示。

[0081] 由引导台20使用仪器跟踪器48来跟踪推车的位置和取向。更具体地说,由于仪器跟踪器48与末端效应器的刚性连接以及末端效应器与加工台56的臂/耦合器结构的刚性连接,引导台20能够使用下列数据基于仪器跟踪器48的位置和取向来确定推车的位置和取向:(1)如在标题为“Surgical Manipulator Capable of Controlling a Surgical Instrument in either a Semi-Autonomous Mode or a Manual, Boundary Constrained

Mode,”的美国临时专利申请No.61/679,258(其公开内容通过引用合并于此)中描述的,由位于加工台56中的接头处的位置编码器测量的接头角度数据和/或由运动学模块计算的接头角度数据;以及(2)如在标题为“Surgical Manipulator Capable of Controlling a Surgical Instrument in either a Semi-Autonomous Mode or a Manual, Boundary Constrained Mode,”的美国临时专利申请No.61/679,258(其公开内容通过引用合并于此)中描述的,与加工台56的臂/耦合器结构(例如,虚拟模型数据)相关的数据。替换地,单独的跟踪器(未示出)与推车的虚拟模型附接并且校准以跟踪推车的位置和取向。

[0082] 在任一情况下,在一些实施例中,显示器28、29、59不仅显示推车的期望高架位置还显示了推车的当前位置。图9A示出了显示器28、29、59上显示的推车的表示的一个示例。在图9A中,一个视觉表示是期望位置中示出的推车的图像(由2D矩形表示)。另一个视觉表示是当前位置中示出的推车的图像(由2D矩形表示)。当移动推车时,当前位置中的推车的表示在显示器28、29、59上移动。由引导台20提供的另外的指令可以包括几何图像,诸如箭头,关于将推车移动到期望位置的方向来引导外科人员。

[0083] 在步骤138中,外科人员通过观看显示器28、29、59以及对推车进行移动来将加工台56放置在期望位置中,使得显示器28、29、59上的实际推车位置的视觉表示朝期望位置的视觉表示移动。在步骤140中,OR设置模块检查实际位置与期望位置之间的误差直到推车到达期望位置。如由推车的期望位置的视觉表示与推车的实际位置的视觉表示对准所描绘的(即,使矩形对准),一旦加工台56的实际位置在期望位置的预定容差内,则OR设置模块指示加工台56在期望位置中并且移至步骤118。当推车已经到达期望位置时,显示器28、29、59上的视觉图像可以闪烁或者提供一些其它的视觉效应。

[0084] 在步骤118中,引导台20向外科人员指示他们相对于患者、加工台56、引导台20等等的适当位置。这可以通过重新显示高架布局(诸如图6和7中所示的那些布局)来完成。一旦外科人员就位并且准备好,则可以启动程序-参见图4中的步骤106。

[0085] 在一些实施例中,加工台56是用于从患者的解剖结构(诸如骨骼或者软组织)切除物质的机器人外科切割系统。一旦由引导台20确定切割系统在适当位置中,则切割系统切除要由外科植入物(诸如髌关植入物和膝关节植入物(包括单间室、双间室或者全膝关节植入物))替代的物质。在标题为“Prosthetic Implant and Method of Implantation”的美国专利申请No.13/530,927中示出了这些类型的植入物中的一些,该申请的公开内容通过引用合并于此。引导台20向外科医生指示用于将这些植入物定位在骨骼上并且将植入物固定就位的适当程序,包括使用试验植入物。

[0086] 在其它系统中,仪器22具有切割工具,该切割工具能够在三个自由度上相对于手持壳体移动并且在没有切割悬臂、引导臂或者其它约束机构辅助的情况下,由外科医生的手来手动安置。在标题为“Surgical Instrument Including Housing, a Cutting Accessory that Extends from the Housing and Actuators that Establish the Position of the Cutting Accessory Relative to the Housing”的美国专利申请No.13/600,888(其公开内容通过引用合并于此)中示出了这种系统。

[0087] 在这些实施例中,系统包括具有切割工具的手持外科切割仪器。如标题为“Surgical Instrument Including Housing, a Cutting Accessory that Extends from the Housing and Actuators that Establish the Position of the Cutting

Accessory Relative to the Housing”的美国临时专利申请No.13/600,888(其公开内容通过引用合并于此)所示,控制系统使用内部致动器/电机来控制切割工具以至少3个自由度的移动。引导台20与控制系统进行通信。将一个跟踪器(诸如跟踪器48)安装至仪器。其它跟踪器(诸如跟踪器44、46)安装至患者的解剖结构。

[0088] 在该实施例中,引导台20与手持式外科切割仪器的控制系统进行通信。引导台20将位置和/或取向数据传递至控制系统。位置和/或取向数据表示仪器22相对于解剖结构的位置和/或取向。该通信提供闭环控制以控制解剖结构的切割,使得切割发生在预定义边界(术语预定义边界被理解为包括预定义轨线、体积、线路、其它形状或者几何形状等等)内。

[0089] 在替换实施例中,跟踪器44、46、48可以是用于导航的其它视线跟踪设备或者非视线跟踪设备。跟踪器44、46、48可以采用声波、磁场、RF信号等等来确定位置和/或取向。在这些实施例中的一些中,步骤110涉及与这些其它类型的导航系统相关联的感测设备、发射器、发生器等等的放置。同样地,步骤130和132涉及对来自这些其它类型的导航系统的信号的阻碍或者其它干扰的检查。实质上,无论采用的导航类型怎样,都指示外科人员相对于患者的解剖结构来放置导航系统的跟踪器,以便使阻碍或者干扰最小化或者在可接受的容差内。

[0090] 在一些实施例中,可以相对于固定在手术室中的手术室工作台来布置对象,即,除调节手术室工作台的部分以外,不能容易地移动。在一些实施例中,要根据对象的期望的放置进行布置的对象中的一些或者全部可以定位在手术室外部并且首先需要移到手术室中。在其它实施例中,要根据对象的期望放置进行布置的对象中的一些或者全部可以已经定位在手术室内部,但还未在它们的期望放置中。

[0091] 在一些实施例中,外科手术前被认为是直到为了治疗在手术室中对患者进行任何切割或者切口之前的时间。这种切割可以包括切割皮肤和组织以接入膝关节(为了膝关节置换)或者髋关节(为了髋关节置换)。

[0092] 在一些实施例中,可以诸如通过将对象的带轮推车推到位置中或者将跟踪器手动地附接至患者来手动地执行手术室中对象的布置。在其它实施例中,布置对象可以包括远程地或者通过一些自动化控制(诸如通过使用关联转向控制来移动自动化推车)将对象引导到它们期望的放置中。

[0093] 已经在前面的描述中讨论了若干实施例。然而,此处讨论的实施例并不旨在穷举或者将本发明限制到任何特定形式。所使用的术语旨在具有描述的词语的性质而非限制。根据上面的教导可以进行许多修改和变型并且可以以与具体描述不同的方式实施本发明。

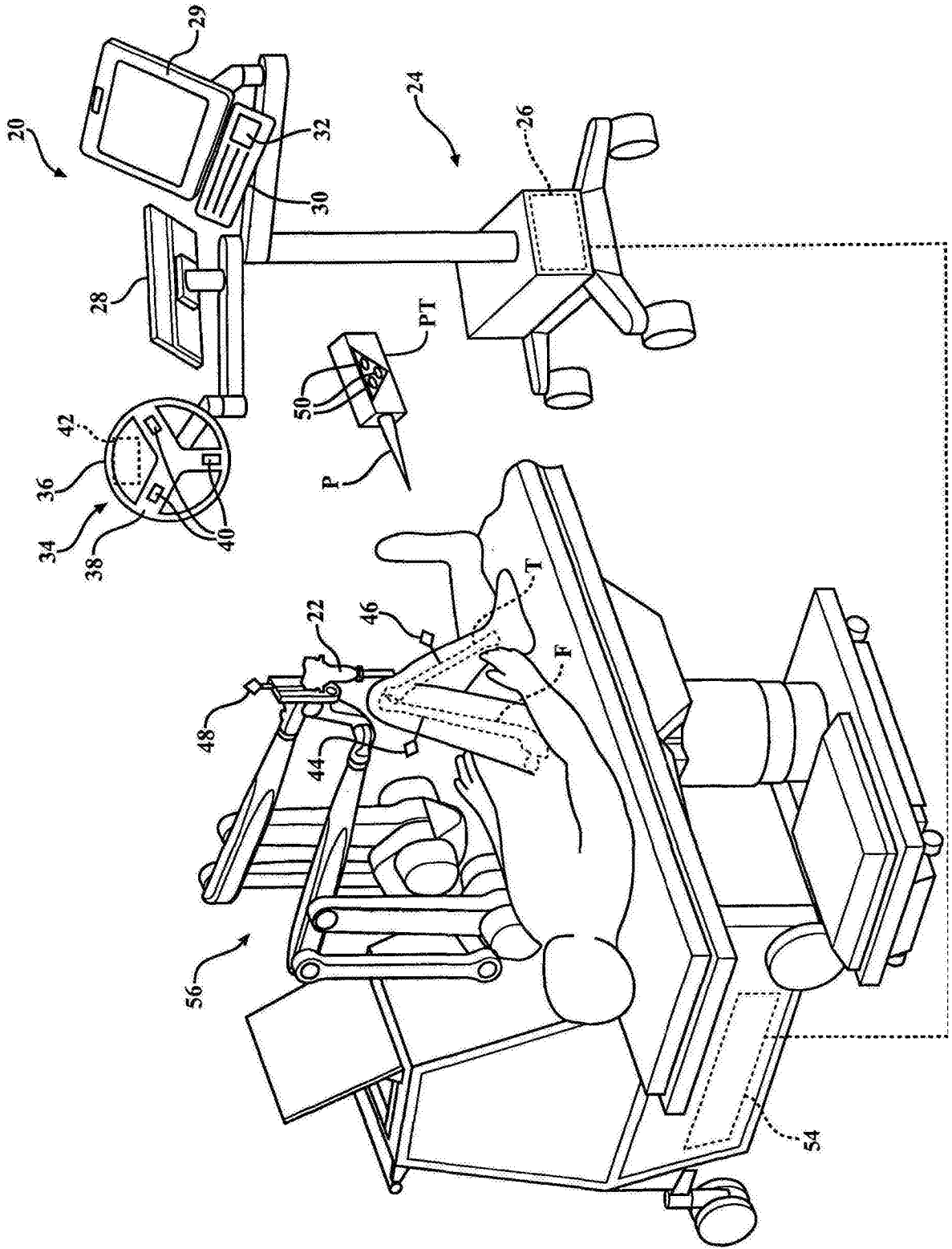


图1

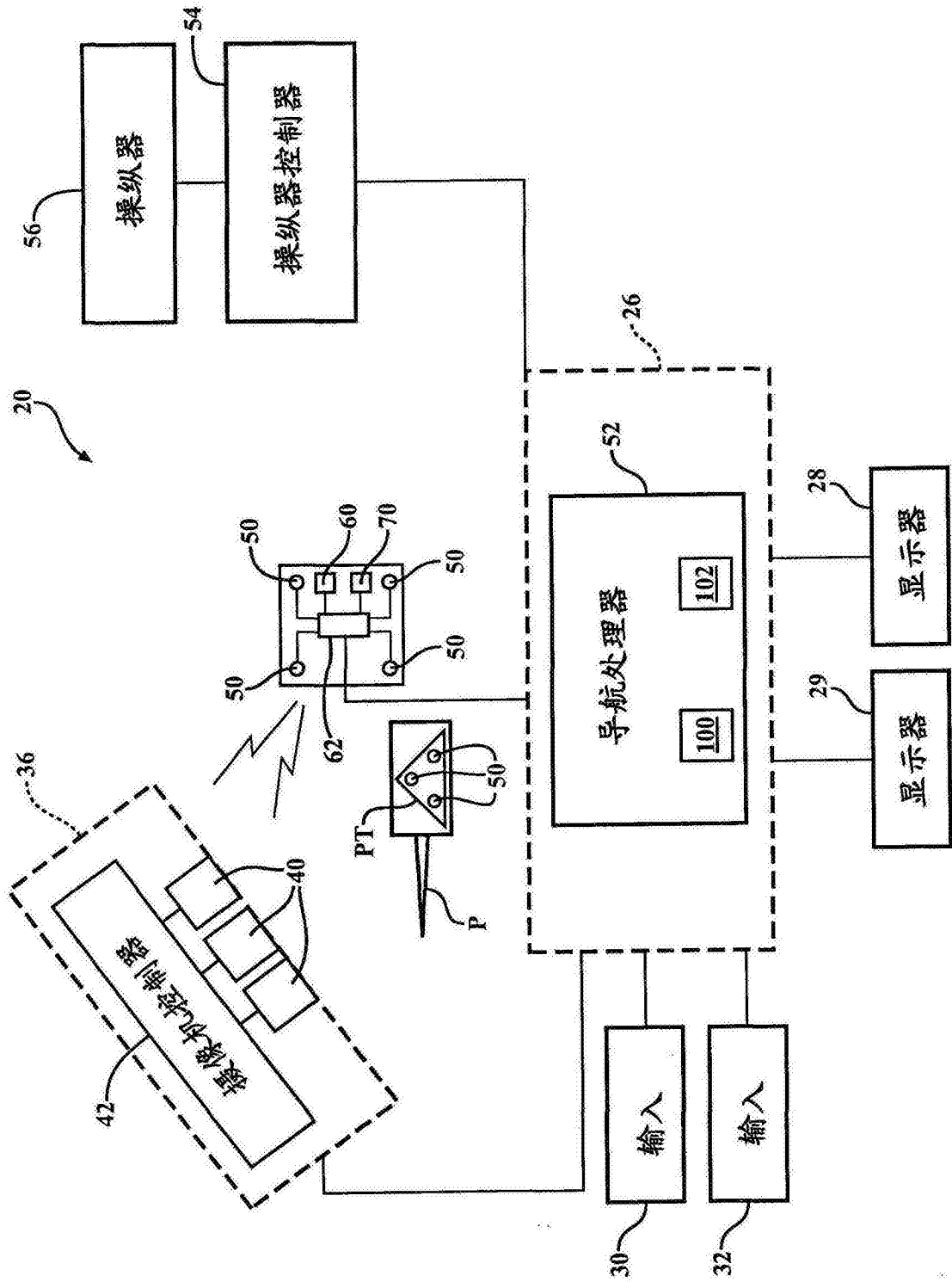


图2

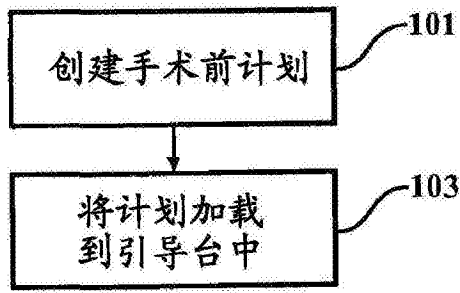


图3

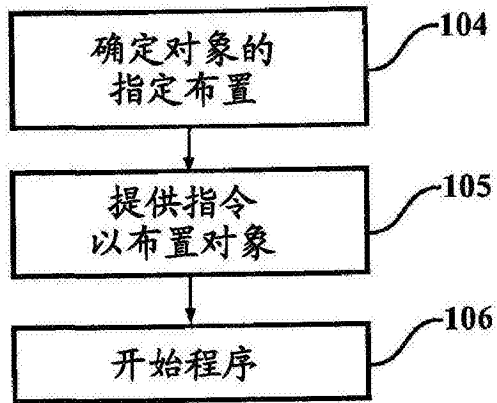


图4

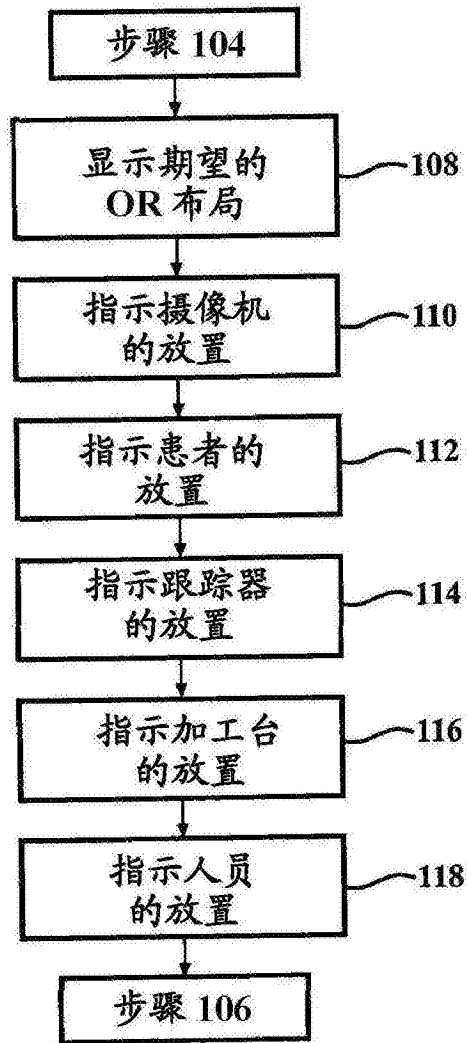


图5

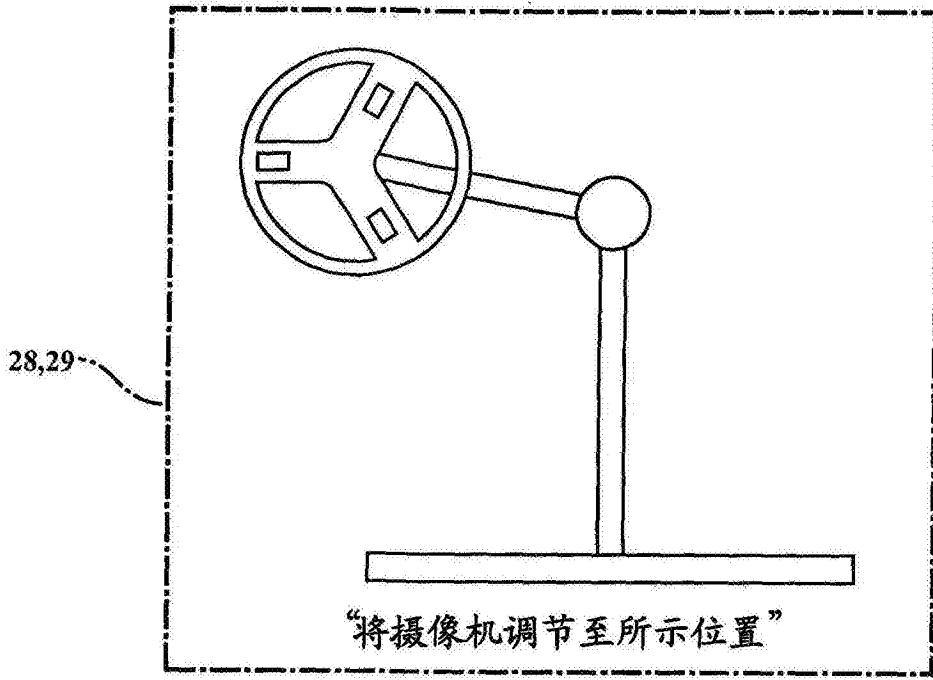


图5A

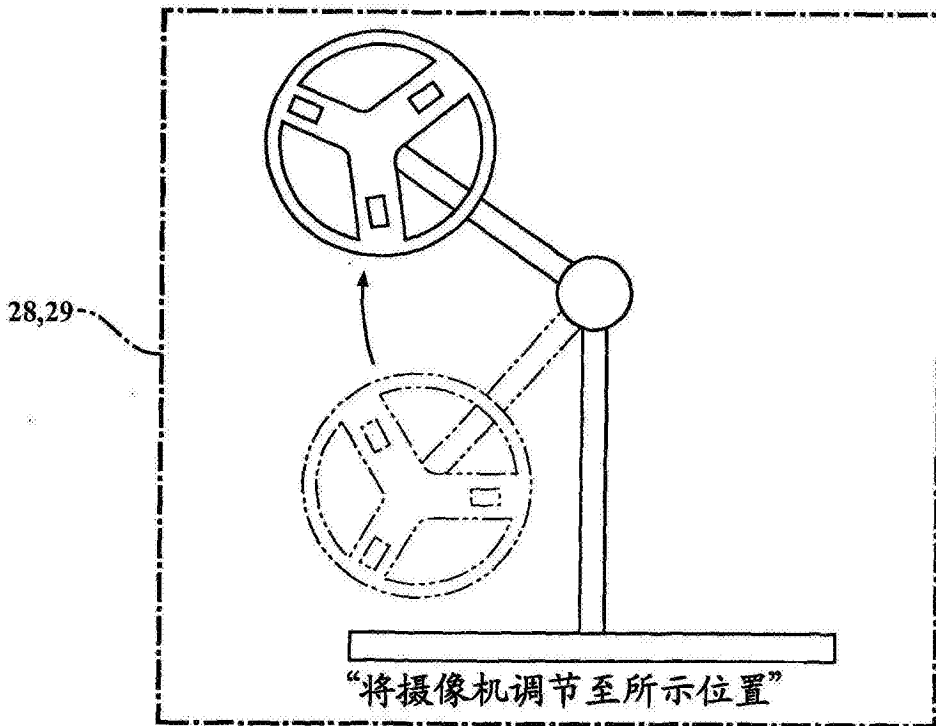


图5B

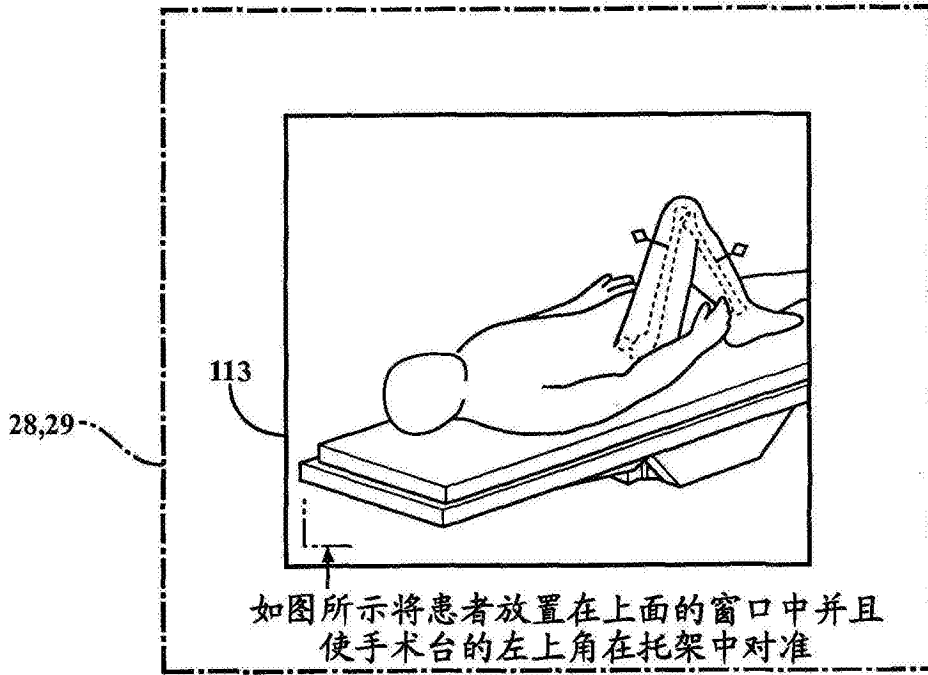


图5C

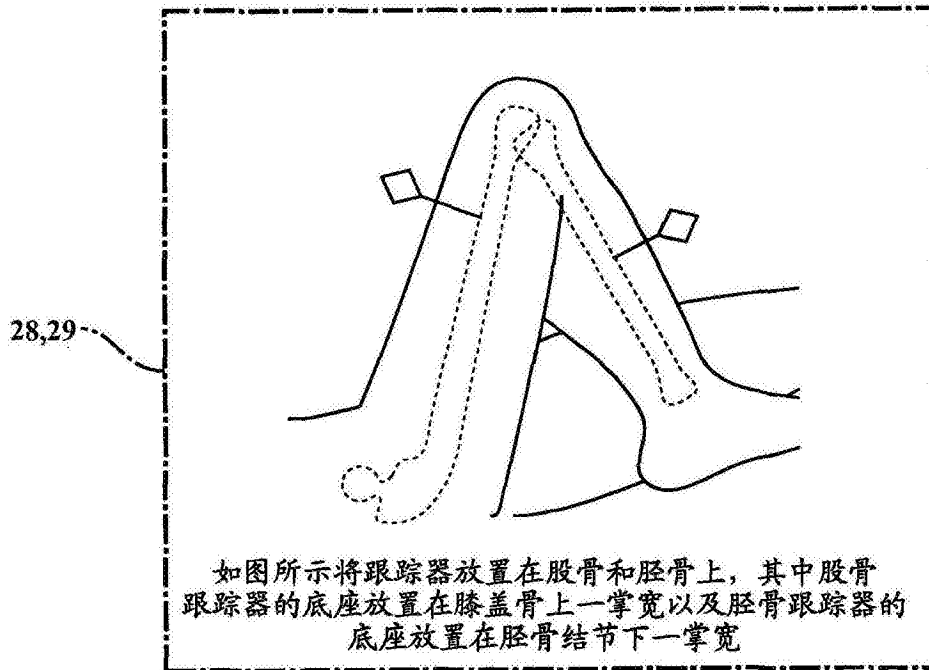


图5D

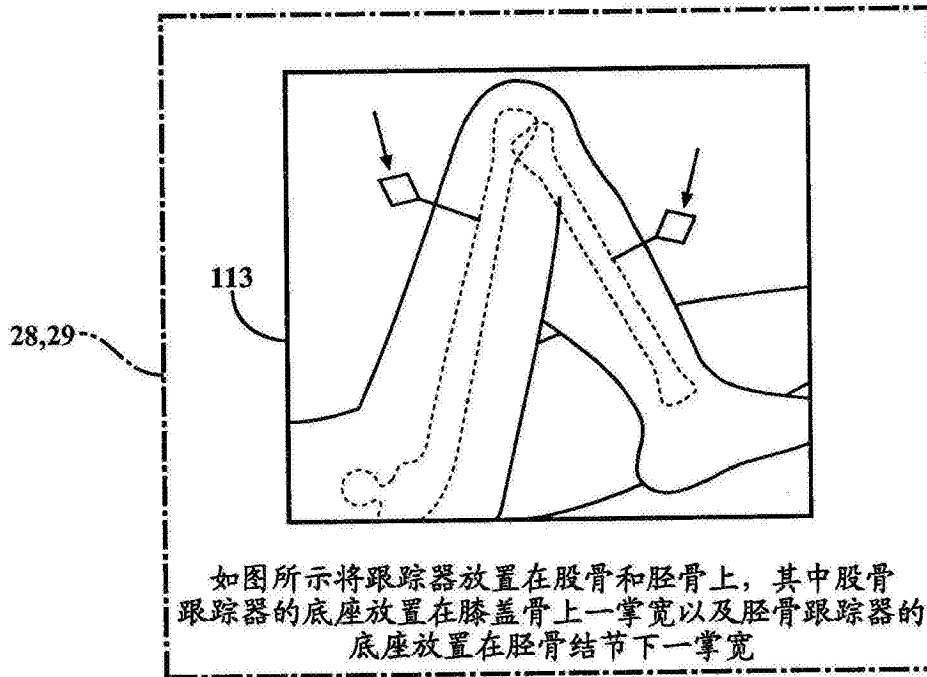


图5E

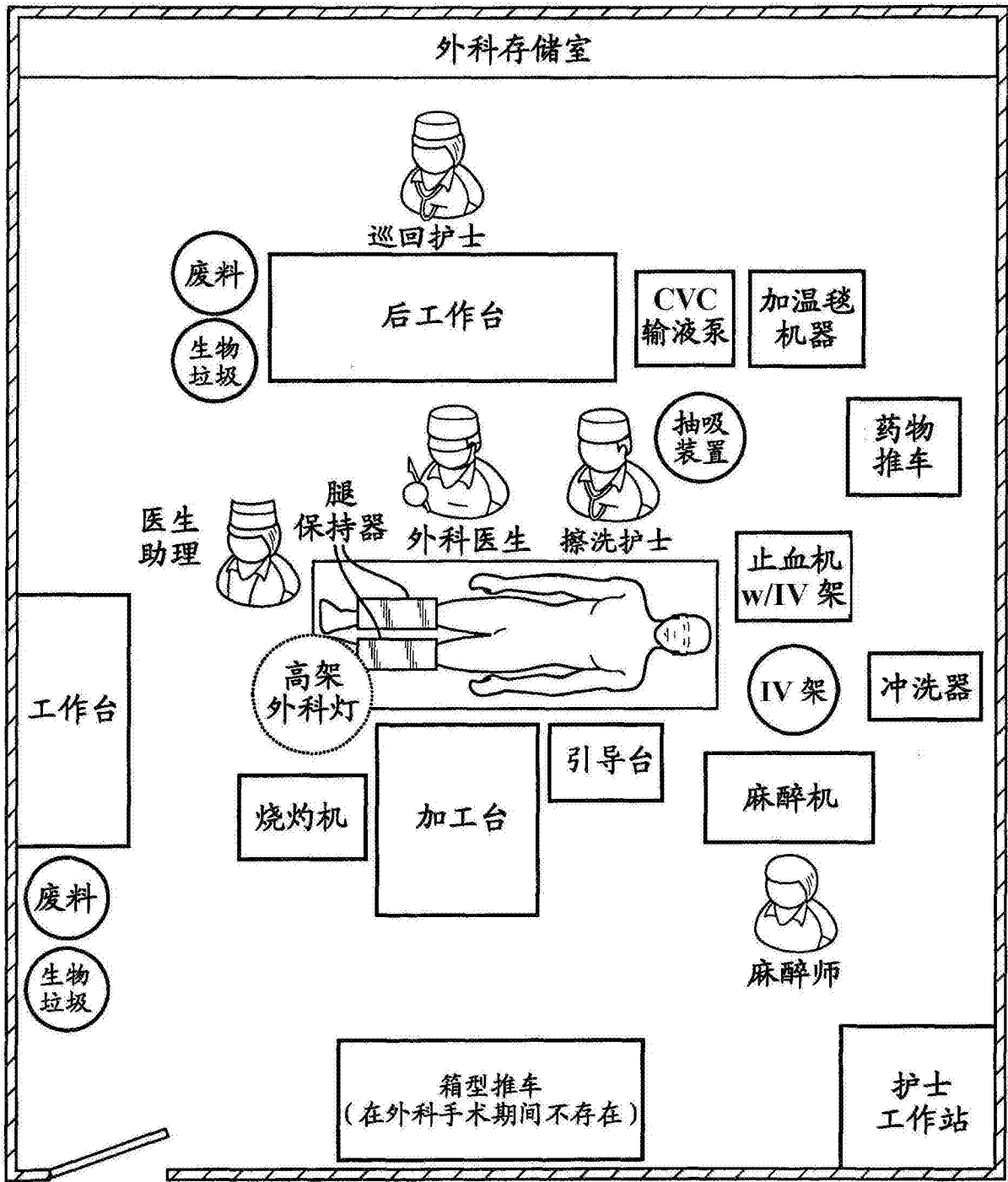


图6

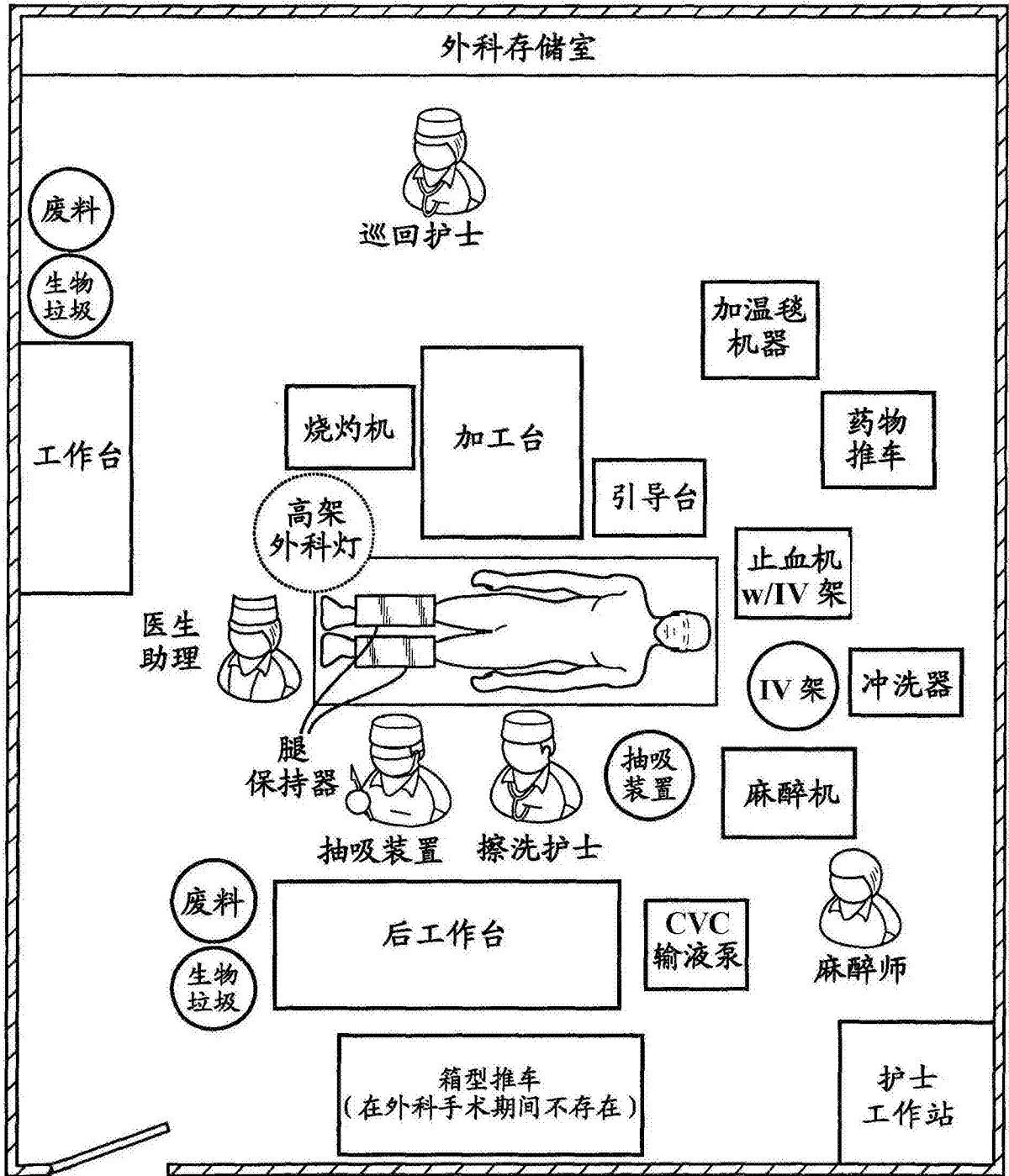


图7

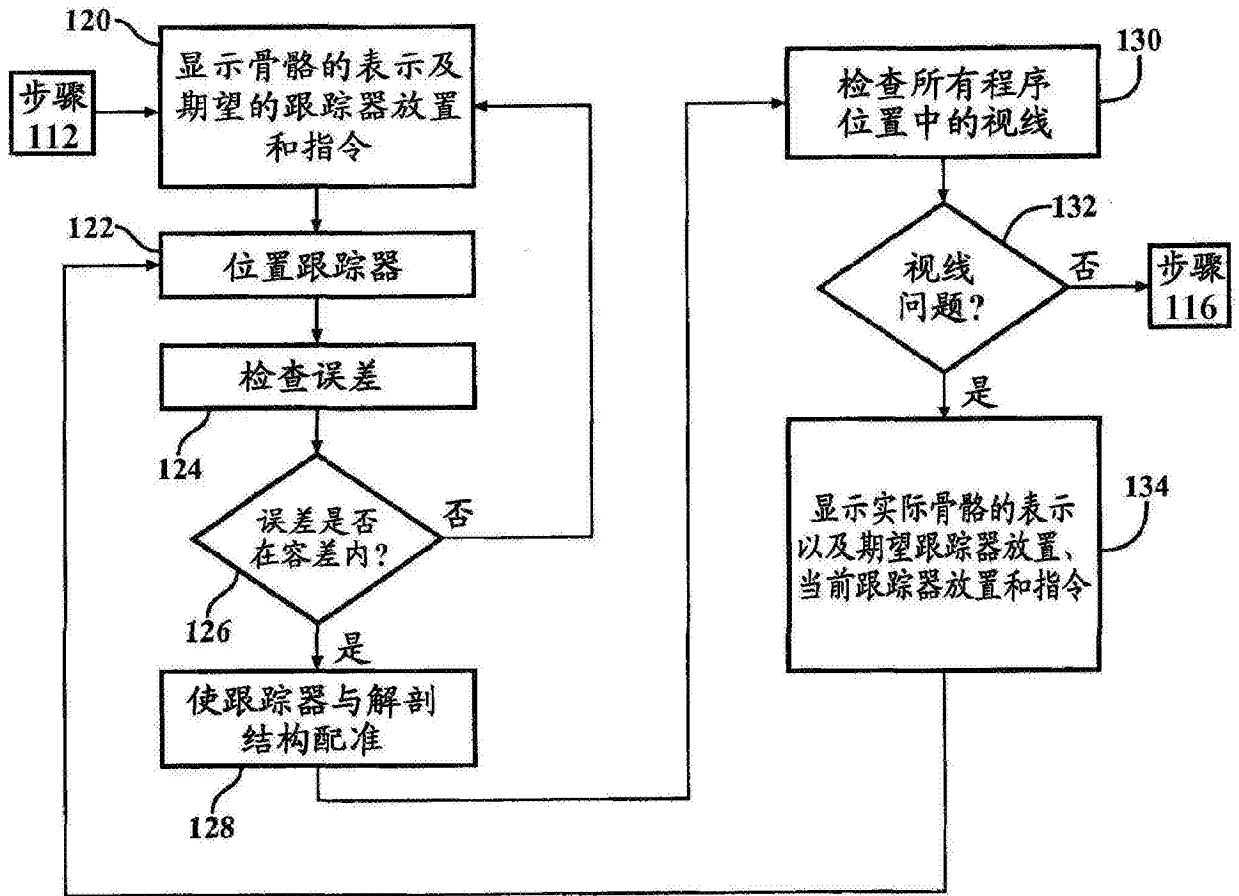


图8

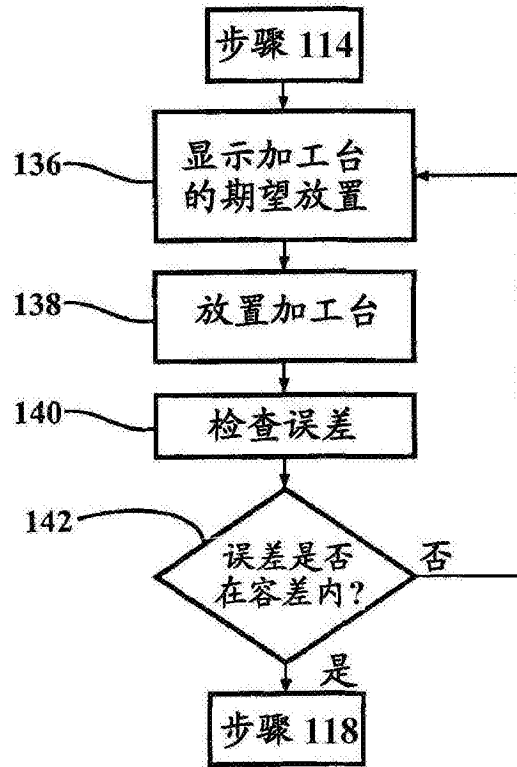


图9

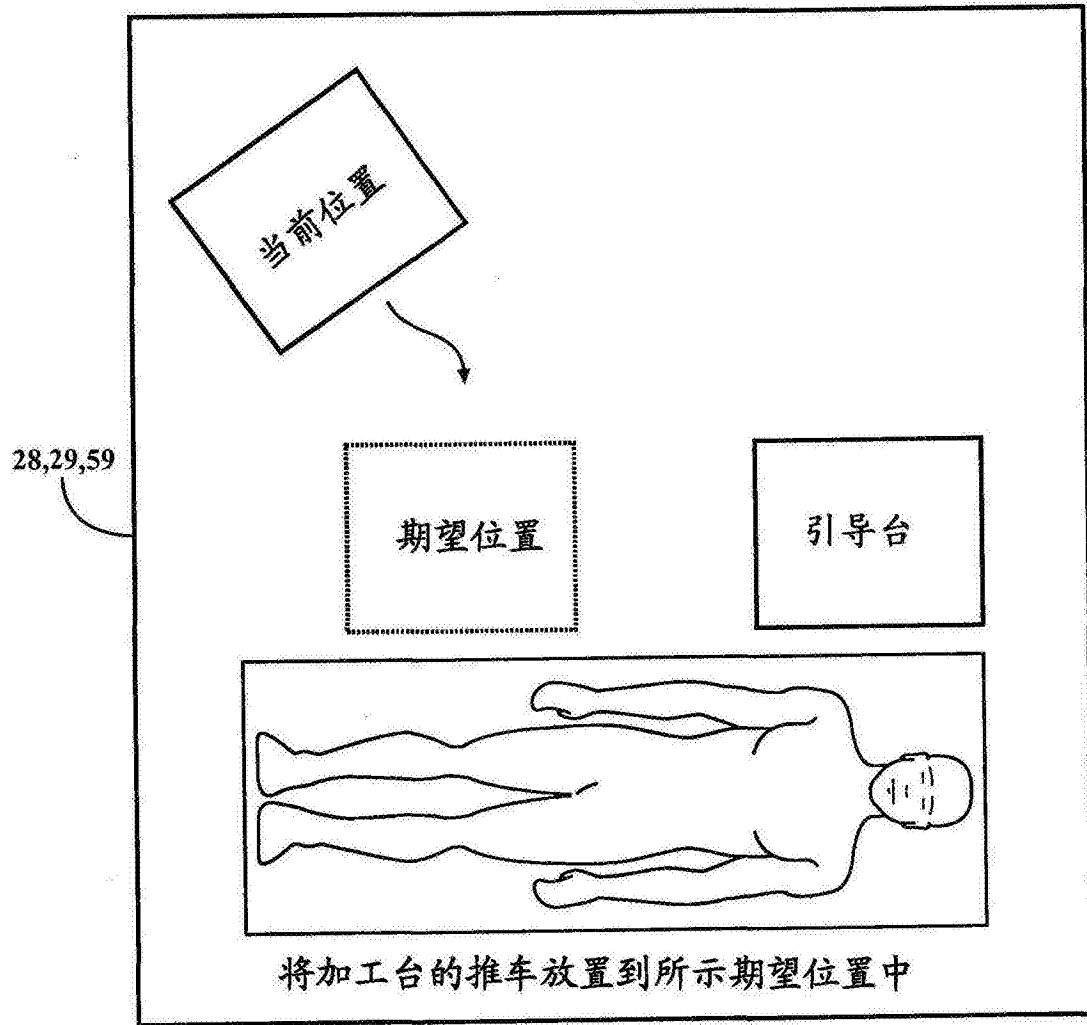


图9A