



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118576327 A

(43) 申请公布日 2024. 09. 03

(21) 申请号 202410851366.3

(22) 申请日 2016.05.18

(30) 优先权数据

62/163,672 2015.05.19 US

(62) 分案原申请数据

201680028535.7 2016.05.18

(71) 申请人 马科外科公司

地址 美国

(72) 发明人 D·G·鲍林 J·M·斯图尔特

J·A·卡尔普

D·W·马拉克沃斯基

J·L·蒙特祖马德拉巴雷拉

P·勒斯勒尔 J·N·比尔

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所  
有限公司 11038

专利代理师 张丰豪

(51) Int.Cl.

A61B 34/30 (2016.01)

A61B 34/35 (2016.01)

A61B 34/00 (2016.01)

A61B 34/20 (2016.01)

A61B 90/00 (2016.01)

A61B 17/32 (2006.01)

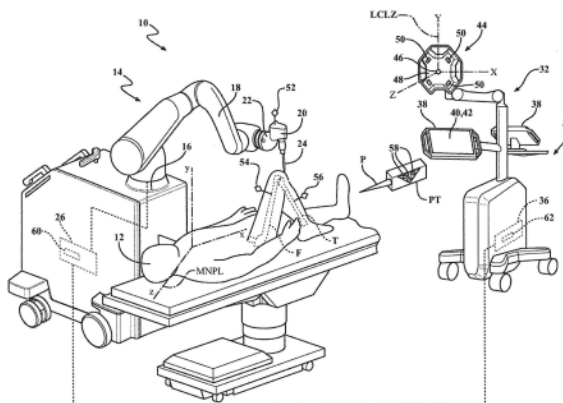
权利要求书6页 说明书13页 附图11页

## (54) 发明名称

操纵解剖体的系统和方法

## (57) 摘要

用于利用工具操纵解剖体的手术系统和方法,包括限定与解剖体有关的第一虚拟边界和与解剖体有关的第二虚拟边界。在第一模式中激活第一虚拟边界。在第一模式中相对于第一虚拟边界约束工具的移动。在第二模式中使第一虚拟边界失效。在第二模式中相对于第二虚拟边界约束工具的移动。



1. 一种用于操纵解剖体的外科手术系统,所述外科手术系统包括:  
外科手术工具;  
机器人操纵器,所述机器人操纵器被配置为支撑和移动所述外科手术工具;和  
一个或多个控制器,所述一个或多个控制器被配置为:  
激活第一虚拟边界,所述第一虚拟边界界定所述解剖体的第一部分,所述第一部分被允许由所述外科手术工具从所述解剖体的被保护以免被所述外科手术工具移除的第二部分移除;  
控制所述机器人操纵器以使所述外科手术工具能够相对于所述第一虚拟边界粗略切割所述第一部分;和  
控制所述机器人操纵器以使所述外科手术工具能够精细切割所述解剖体的所述第二部分。
2. 根据权利要求1所述的外科手术系统,其中,所述一个或多个控制器被配置为:  
激活第二虚拟边界,所述第二虚拟边界界定所述解剖体的所述第二部分,所述第二部分被允许由所述外科手术工具从所述解剖体的被保护以免被所述外科手术工具移除的第三部分移除;和  
控制所述机器人操纵器以使所述外科手术工具能够相对于所述第二虚拟边界精细切割所述第二部分。
3. 根据权利要求2所述的外科手术系统,其中,所述一个或多个控制器被配置为以手动模式控制所述机器人操纵器,以使所述外科手术工具能够相对于所述第二虚拟边界精细切割所述第二部分。
4. 根据权利要求2所述的外科手术系统,其中:  
所述第二虚拟边界对应于所述解剖体的目标表面;和  
所述第一虚拟边界与所述目标表面间隔开。
5. 根据权利要求2所述的外科手术系统,其中,所述一个或多个控制器被配置为:  
以手动模式控制所述机器人操纵器,以使所述外科手术工具能够相对于所述第一虚拟边界粗略切割所述第一部分;  
将所述机器人操纵器的操作从所述手动模式改变为自动模式;和  
以所述自动模式控制所述机器人操纵器,以使所述外科手术工具能够相对于所述第二虚拟边界精细切割所述第二部分。
6. 根据权利要求5所述的外科手术系统,其中,所述一个或多个控制器被配置为在所述手动模式下激活所述第一虚拟边界。
7. 根据权利要求5所述的外科手术系统,其中,所述一个或多个控制器被配置为响应于改变为所述自动模式而使所述第一虚拟边界失效。
8. 根据权利要求5所述的外科手术系统,其中,所述一个或多个控制器被配置为响应于改变为所述自动模式而激活所述第二虚拟边界。
9. 根据权利要求5所述的外科手术系统,其中,所述一个或多个控制器被配置为响应于手动输入而将所述机器人操纵器的操作从所述手动模式改变为所述自动模式。
10. 根据权利要求5所述的外科手术系统,其中,所述一个或多个控制器被配置为:响应于与所述外科手术工具在所述手动模式下粗略切割所述第一部分而移除的解剖体的量相

关的确定,自动地将所述机器人操纵器的操作从所述手动模式改变为所述自动模式。

11. 根据权利要求1所述的外科手术系统,其中,所述一个或多个控制器被配置为:

为所述外科手术工具生成第一工具路径以粗略切割所述第一部分,所述第一工具路径限定第一路径振动频率;

为所述外科手术工具生成第二工具路径以精细切割所述第二部分,所述第二工具路径限定第二路径振动频率;并且

其中,所述第二路径振动频率大于所述第一路径振动频率。

12. 根据权利要求1所述的外科手术系统,其中,所述一个或多个控制器被配置为:

控制所述机器人操纵器根据第一进给速率移动所述外科手术工具以进行粗略切割;

控制所述机器人操纵器根据第二进给速率移动所述外科手术工具以进行精细切割;并

且

其中,所述第一进给速率快于所述第二进给速率。

13. 一种用于操纵解剖体的外科手术系统,所述外科手术系统包括:

外科手术工具;

机器人操纵器,所述机器人操纵器被配置为支撑和移动所述外科手术工具;和

一个或多个控制器,所述一个或多个控制器被配置为:

激活第一虚拟边界,所述第一虚拟边界界定所述解剖体的第一部分,所述第一部分被允许由所述外科手术工具从所述解剖体的被保护以免被所述外科手术工具移除的第二部分移除;

控制所述机器人操纵器以使所述外科手术工具能够相对于所述第一虚拟边界精细切割所述第一部分;和

控制所述机器人操纵器以使所述外科手术工具能够粗略切割所述解剖体的第二部分。

14. 根据权利要求13所述的外科手术系统,其中,所述一个或多个控制器被配置为:

激活第二虚拟边界,所述第二虚拟边界界定所述解剖体的所述第二部分,所述第二部分被允许由所述外科手术工具从所述解剖体的被保护以免被所述外科手术工具移除的第三部分移除;和

控制所述机器人操纵器以使所述外科手术工具能够相对于所述第二虚拟边界粗略切割所述第二部分。

15. 根据权利要求14所述的外科手术系统,其中,所述一个或多个控制器被配置为以手动模式控制所述机器人操纵器,以使所述外科手术工具能够相对于所述第二虚拟边界粗略切割所述第二部分。

16. 根据权利要求14所述的外科手术系统,其中:

所述第二虚拟边界对应于所述解剖体的目标表面;和

所述第一虚拟边界与所述目标表面间隔开。

17. 根据权利要求14所述的外科手术系统,其中,所述一个或多个控制器被配置为:

以自动模式控制所述机器人操纵器,以使所述外科手术工具能够相对于所述第一虚拟边界精细切割所述第一部分;

将所述机器人操纵器的操作从所述自动模式改变为所述手动模式;和

以所述手动模式控制所述机器人操纵器,以使所述外科手术工具能够相对于所述第二

虚拟边界粗略切割所述第二部分。

18. 根据权利要求17所述的外科手术系统,其中,所述一个或多个控制器被配置为在所述自动模式下激活所述第一虚拟边界。

19. 根据权利要求17所述的外科手术系统,其中,所述一个或多个控制器被配置成响应于改变为所述手动模式而使所述第一虚拟边界失效。

20. 根据权利要求17所述的外科手术系统,其中,所述一个或多个控制器被配置为响应于改变为所述手动模式而激活所述第二虚拟边界。

21. 根据权利要求17所述的外科手术系统,其中,所述一个或多个控制器被配置为响应于手动输入将所述机器人操纵器的操作从所述自动模式改变为所述手动模式。

22. 根据权利要求17所述的外科手术系统,其中,所述一个或多个控制器被配置为:响应于与在所述自动模式下通过所述外科手术工具精细切割所述第一部分而移除的解剖体的量相关的确定,自动地将所述机器人操纵器的操作从所述自动模式改变为所述手动模式。

23. 根据权利要求13所述的外科手术系统,其中,所述一个或多个控制器被配置为:

为所述外科手术工具生成第一工具路径以精细切割所述第一部分,所述第一工具路径限定第一路径振动频率;和

为所述外科手术工具生成第二工具路径以粗略切割所述第二部分,所述第二工具路径限定第二路径振动频率;

其中,所述第二路径振动频率小于所述第一路径振动频率。

24. 根据权利要求13所述的外科手术系统,其中,所述一个或多个控制器被配置为:

控制所述机器人操纵器根据第一进给速率移动所述外科手术工具以进行精细切割;和

控制所述机器人操纵器根据第二进给速率移动所述外科手术工具以进行粗略切割;

其中,所述第一进给速率比所述第二进给速率慢。

25. 一种操作用于操纵解剖体的外科手术系统的方法,所述外科手术系统包括外科手术工具、被配置为支撑和移动所述外科手术工具的机器人操纵器、以及一个或多个控制器,所述方法包括使所述一个或多个控制器:

激活第一虚拟边界,所述第一虚拟边界界定所述解剖体的第一部分,所述第一部分被允许由所述外科手术工具从所述解剖体的被保护以免被所述外科手术工具移除的第二部分移除;

控制所述机器人操纵器,以使所述外科手术工具能够相对于所述第一虚拟边界执行所述第一部分的粗略切割;和

控制所述机器人操纵器,以使所述外科手术工具能够执行所述解剖体的所述第二部分的精细切割。

26. 一种操作用于操纵解剖体的外科手术系统的方法,所述外科手术系统包括外科手术工具、被配置为支撑和移动所述外科手术工具的机器人操纵器、以及一个或多个控制器,所述方法包括使所述一个或多个控制器:

激活第一虚拟边界,所述第一虚拟边界界定所述解剖体的第一部分,所述第一部分被允许由所述外科手术工具从所述解剖体的被保护以免被所述外科手术工具移除的第二部分移除;

控制所述机器人操纵器,以使所述外科手术工具能够相对于所述第一虚拟边界执行所述第一部分的精细切割;和

控制所述机器人操纵器,以使所述外科手术工具能够执行所述解剖体的所述第二部分的粗略切割。

27. 一种用于操纵解剖体的外科手术系统,所述外科手术系统包括:

机器人操纵器;

联接到所述机器人操纵器并能够由所述机器人操纵器移动以与所述解剖体相互作用的工具;和

控制器,所述控制器被配置为:

生成与所述解剖体相关联的第一虚拟边界和与所述解剖体相关联的第二虚拟边界;

以手动模式和自动模式控制所述工具的移动;

在所述手动模式下激活所述第一虚拟边界,以相对于所述第一虚拟边界约束所述工具,以能够进行所述解剖体的粗略切割;和

在所述自动模式中使所述第一虚拟边界失效,以相对于所述第二虚拟边界约束所述工具,以能够进行所述解剖体的精细切割。

28. 一种用于操纵解剖体的外科手术系统,所述外科手术系统包括:

机器人操纵器;

联接到所述机器人操纵器并能够由所述机器人操纵器移动以与所述解剖体相互作用的工具;和

控制器,所述控制器被配置为:

生成与所述解剖体的目标表面间隔开的第一虚拟边界和与所述解剖体的目标表面间隔开的第二虚拟边界,其中,与所述第二虚拟边界与所述目标表面间隔开的距离相比,所述第一虚拟边界与所述目标表面间隔开得更远;

以手动模式或自动模式控制所述工具的移动;

在所述手动模式下激活所述第一虚拟边界,以相对于所述第一虚拟边界约束所述工具;和

在所述自动模式中使所述第一虚拟边界失效,以相对于所述第二虚拟边界约束所述工具。

29. 一种外科手术系统,包括:

机器人装置;

联接到所述机器人装置的外科手术工具;

跟踪系统,所述跟踪系统被配置为生成用于第一解剖特征、第二解剖特征和所述外科手术工具的跟踪数据;

控制器,所述控制器被配置为:

将第一虚拟边界与所述第一解剖特征相关联;

将第二虚拟边界与所述第二解剖特征相关联;

确定所述外科手术工具和所述第一虚拟边界之间的第一相互作用;

确定所述外科手术工具和所述第二虚拟边界之间的第二相互作用;和

基于所述第一相互作用和所述第二相互作用来控制所述机器人装置。

30. 一种外科手术系统,包括:  
机器人装置;  
联接到机器人装置的外科手术工具;  
跟踪系统,所述跟踪系统被配置成生成指示第一解剖特征、第二解剖特征和所述外科手术工具的相对位置的数据;  
控制器,所述控制器被配置为:  
基于所述相对位置,确定:(1)所述外科手术工具的虚拟表示和与所述第一解剖特征相关联的第一虚拟边界之间的相互作用,以及(2)所述外科手术工具的虚拟表示和与所述第二解剖特征相关联的第二虚拟边界之间的相互作用;和  
基于所述相互作用来控制所述机器人装置。
31. 一种用于手术跟踪和控制的系统,包括:  
机器人操纵器,所述机器人操纵器被配置为允许终端效应器的手动移动和受控的自动移动;  
跟踪系统,用于确定所述终端效应器相对于坐标系的位置和方向;和  
控制系统,用于:  
确定由所述终端效应器占据的区域,其中,所述区域由至少两个虚拟边界限定;  
响应于与所述区域相关的第一确定,允许所述终端效应器的手动移动并防止所述终端效应器的自动移动;和  
响应于与所述区域相关的第二确定,允许所述终端效应器的手动移动和自动移动。
32. 一种操作系统的方法,所述系统包括具有臂的机器人操纵器、联接到所述臂并能够由所述臂移动以在操作的手动模式和自动模式下与目标位置相互作用的终端效应器、被配置为跟踪所述终端效应器和所述目标位置的导航系统、以及一个或多个控制器,所述一个或多个控制器用于执行以下步骤:  
相对于所述目标位置限定第一虚拟边界;  
在所述手动模式下,防止所述终端效应器穿入所述第一虚拟边界;和  
在所述自动模式下,允许所述终端效应器穿入所述第一虚拟边界。
33. 一种操作系统的方法,所述系统包括机器人操纵器、联接到所述机器人操纵器并能够由所述机器人操纵器移动以在操作的手动模式和自动模式下与目标位置相互作用的终端效应器、配置成跟踪所述终端效应器的位置和所述目标位置的导航系统、以及一个或多个控制器,所述一个或多个控制器用于执行以下步骤:  
相对于所述目标位置限定虚拟边界;  
在所述自动模式下,防止所述终端效应器穿入所述虚拟边界;和  
在所述手动模式下,允许所述终端效应器穿入所述虚拟边界。
34. 一种控制机器人装置的方法,包括:  
生成与多个解剖特征相关联的多个虚拟边界,其中,所述多个虚拟边界同时激活;  
接收指示所述多个解剖特征的相对运动的跟踪数据;  
基于所述跟踪数据更新所述多个虚拟边界的相对位置;  
确定外科手术工具的虚拟表示和所述多个虚拟边界之间的相互作用,所述外科手术工具联接到所述机器人装置;和

基于所述相互作用来控制所述机器人装置。

35. 非暂时性计算机可读存储器,所述非暂时性计算机可读存储器存储指令,当由一个或多个处理器执行所述指令时,所述指令使得所述一个或多个处理器执行操作,所述操作包括:

将第一虚拟边界与第一物体相关联,并将第二虚拟边界与第二物体相关联;

接收指示所述第一物体相对于所述第二物体的运动的数据;

基于所述运动更新所述第一虚拟边界和所述第二虚拟边界的相对位置;

基于所述第一虚拟边界和工具的虚拟表示之间的相互作用,生成被配置成使得机器人装置引导所述工具接触所述第一物体的控制信号;和

基于所述第二虚拟边界和所述工具的虚拟表示之间的相互作用,生成被配置为使得所述机器人装置防止所述工具接触所述第二物体的控制信号。

36. 一种被配置成操纵解剖体的外科手术系统,所述外科手术系统包括:

外科手术工具,所述外科手术工具被配置为与所述解剖体相互作用;

机器人操纵器,所述机器人操纵器被配置为支撑和移动所述外科手术工具;和

一个或多个控制器,所述一个或多个控制器被配置为:

生成界定所述解剖体的允许由所述外科手术工具移除的第一部分的第一虚拟边界;

控制所述机器人操纵器以相对于所述第一虚拟边界并根据第一进给速率自动地移动所述外科手术工具,以移除所述第一部分;

生成第二虚拟边界,所述第二虚拟边界与所述第一虚拟边界间隔开并且界定所述解剖体的允许由所述外科手术工具移除的第二部分;和

控制所述机器人操纵器以相对于所述第二虚拟边界并根据第二进给速率自动地移动所述外科手术工具,以移除所述第二部分,其中,所述第一进给速率不同于所述第二进给速率。

37. 一种被配置成操纵解剖体的外科手术系统,所述外科手术系统包括:

外科手术工具,所述外科手术工具被配置为与所述解剖体相互作用;

机器人操纵器,所述机器人操纵器被配置为支撑和移动所述外科手术工具;和

一个或多个控制器,所述一个或多个控制器被配置为:

生成界定所述解剖体的允许由所述外科手术工具移除的第一部分的第一虚拟边界;

控制所述机器人操纵器以相对于所述第一虚拟边界并根据限定第一路径振动频率的第一工具路径自动地移动所述外科手术工具,以移除所述第一部分;

生成第二虚拟边界,所述第二虚拟边界与所述第一虚拟边界间隔开并且界定所述解剖体的允许由所述外科手术工具移除的第二部分;和

控制所述机器人操纵器以相对于所述第二虚拟边界并根据限定第二路径振动频率的第二工具路径自动地移动所述外科手术工具,以移除所述第二部分,其中,所述第一路径振动频率不同于所述第二路径振动频率。

## 操纵解剖体的系统和方法

[0001] 本申请是名称为“操纵解剖体的系统和方法”、申请日为2016年5月18日、中国申请号为202110323115.4的分案专利申请的分案申请,其中原母案申请是国际申请号为PCT/US2016/033062、中国申请号为201680028535.7、申请日为2016年5月18日、名称为“操纵解剖体的系统和方法”的中国专利申请。

[0002] 相关申请的交叉引用

[0003] 本申请要求在2015年5月19日提交的申请号为62/163,672的美国临时专利申请的优先权和权益,其全部内容在此以援引的方式并入本申请。

### 技术领域

[0004] 本发明整体涉及用于利用手术系统的工具操纵解剖体的系统和方法,并且更加具体地,涉及使用虚拟边界约束工具的系统和方法。

### 背景技术

[0005] 如今,操作者发现使用机器人装置来辅助实施外科手术是有所帮助的。机器人装置通常包括可动臂,所述可动臂具有自由远端,可以以高准确度布置所述自由远端。应用于手术部位的工具附接到臂的自由端部。操作者能够使得臂移动并且因此将工具精确地定位在手术部位,以实施手术。

[0006] 在机器人手术中,使用计算机辅助设计软件在手术之前产生虚拟边界,以界定出在其中可以调遣工具的区域与在其中限制工具的区域。例如,在矫形手术中,可以产生虚拟切割边界,以界定出手术期间由工具移除的骨段和在手术之后保留的骨段。

[0007] 导航系统跟踪工具的移动,以确定工具相对于虚拟边界的位置和/或方向。机器人系统与导航系统配合以引导工具的移动,使得工具不会移动超过虚拟边界。通常在患者骨头的模型中产生虚拟边界并且相对于骨头固定虚拟边界,使得当将模型加载到导航系统中时,导航系统可以通过跟踪骨头的移动来跟踪虚拟边界的移动。

[0008] 操作者通常需要在外科手术期间在不同切割模式中动态控制工具。例如,在一些情况中,操作者可能需要手动模式,以手动控制工具来粗略切割解剖体。在其它情况中,操作者可能需要以自动模式控制工具,以为了自动并且高度准确地切割解剖体。在传统系统中,与解剖体的目标表面相关的虚拟边界不受控制模式的影响而保持有效。换言之,相同的虚拟边界在于是例如以自动模式控制工具还是以手动模式控制工具。操纵器通常不允许工具在任何一种模式中前进超过边界。然而,在一些情况中,操纵器可能无意地允许工具移动越过边界。例如,在手动模式中,操作者可能将大量的力施加在工具上,该力超过了操纵器防止工具移动越过边界的能力。在这种情况下,可能会超过虚拟边界切割解剖体,从而偏离期望的目标表面。

[0009] 本领域需要用于解决至少上述问题的系统和方法。

## 发明内容

[0010] 提供了用于操纵解剖体的系统的一个实施例。所述系统包括具有基部和联动装置的操纵器。工具联接到操纵器并且能够相对于基部移动,以便与解剖体相互作用。控制器构造造成产生与解剖体相关的第一虚拟边界和与解剖体相关的第二虚拟边界。控制器构造造成以第一模式和第二模式控制工具的移动。控制器在第一模式中激活第一虚拟边界,以便相对于第一虚拟边界约束工具。控制器在第二模式中使第一虚拟边界失效,以便相对于第二虚拟边界约束工具。

[0011] 提供了一种操作手术系统的方法的一个实施例,所述手术系统用于利用工具操纵解剖体。该方法包括限定与解剖体相关的第一虚拟边界和与解剖体相关的第二虚拟边界。在第一模式中激活第一虚拟边界。在第一模式中相对于第一虚拟边界约束工具的移动。在第二模式中使第一虚拟边界失效。在第二模式中相对于第二虚拟边界约束工具的移动。

[0012] 所述系统和方法有利地提供了在第一和第二模式中选择性地控制激活中间虚拟边界的可能性。通过这样做,该系统和方法提供了针对第一模式和第二模式中的每一个的不同的虚拟边界构造,从而增加了手术系统的通用性和性能。

## 附图说明

[0013] 当结合附图考虑时,由于本发明通过参照下文详细描述而变得更容易理解,因此本发明的优势将显而易见,其中:

[0014] 图1是根据本发明的一个实施例的、利用工具来操纵患者的解剖体的系统的透视图。

[0015] 图2是根据本发明的一个实施例的、用于控制手术系统的控制器的示意图。

[0016] 图3示出了根据本发明的一个实施例的工具,所述工具沿着工具路径与解剖体相互作用,以形成目标表面。

[0017] 图4示出了第一模式中的系统的操作,在所述第一模式中,相对于中间虚拟边界来约束工具,所述中间虚拟边界相对于目标虚拟边界间隔开。

[0018] 图5示出了第二模式中的系统的操作,在所述第二模式中,相对于目标虚拟边界约束工具,所述目标虚拟边界偏离解剖体的目标表面。

[0019] 图6示出了第一模式中的系统的操作,在所述第一模式中,相对于中间虚拟边界约束工具,并且在所述第一模式中,目标虚拟边界保持激活。

[0020] 图7示出了第二模式中的系统的操作,其中,相对于与解剖体的目标表面对准的目标虚拟边界约束工具。

[0021] 图8示出了第一模式中的系统的操作,其中,相对于中间虚拟边界约束工具,并且其中,目标虚拟边界失效。

[0022] 图9示出了第一模式中的系统的操作,其中,相对于中间虚拟边界约束工具,所述中间虚拟边界的轮廓与目标虚拟边界的轮廓不同。

[0023] 图10示出了第二模式中的系统的操作,其中,相对于目标虚拟边界约束工具,所述目标虚拟边界的轮廓与目标表面的轮廓不同。

[0024] 图11示出了第一模式中的系统的操作,其中,工具被约束在中间虚拟边界和目标虚拟边界之间。

[0025] 图12示出了第一模式中的系统的操作,其中,工具被约束在中间虚拟边界和目标表面之间。

[0026] 图13A至图13C示出了根据一个示例的、在第一模式中在粗略切割(bulk cutting)之后形成的解剖体的特征。

[0027] 图14A至图14C示出了根据一个示例的、在第二模式中精细切割之后形成的解剖体的特征。

[0028] 图15示出了使用三个虚拟边界的系统的操作,所述三个虚拟边界中的每一个均在单个模式中被激活。

[0029] 图16示出了使用多于一个的工具和同时激活的三个虚拟边界的系统的操作。

## 具体实施方式

### [0030] 1、概述

[0031] 参照附图,其中,相同的附图标记表示附图中相同或者类似的元件,贯穿全文示出了用于操纵患者12的解剖体的系统10和方法。如图1所示,系统10是机器人式外科手术切割系统,其用于从患者12的解剖体切割掉物质(如骨头或者软组织)。在图1中,患者12正处于外科手术中。图1中的解剖体包括患者的股骨(F)和胫骨(T)。外科手术可以涉及组织移除。在其它实施例中,外科手术涉及部分或者全部膝盖或者髌关节置换手术。系统10设计成切割掉将通过外科植入体(诸如髌关节和膝盖植入体,包括单髁、双踝或者全膝盖植入体)置换的组织。在题目为“假体性植入体和植入方法”、申请号为13/530,927的美国专利申请中示出了这些植入体类型中的一些,其公开内容以援引的方式并入本申请。本领域技术人员应当理解的是:在此公开的系统和方法可以用于实施外科或者非外科的其它手术、或者可以应用在利用机器人系统的工业应用或者其它应用中。

[0032] 系统10包括操纵器14。操纵器14具有基部16和联动装置18。联动装置18可以包括连杆,所述连杆形成了串联臂或者平行臂构造。工具20联接到操纵器14并且能够相对于基部16移动,以与解剖体相互作用。工具20形成了附接到操纵器14的终端效应器22的一部分。由操作者抓持工具20。在题目为“能够以多种模式控制外科器械的外科操纵器”、专利号为9,119,655的美国专利中描述了操纵器14和工具20的一个示例性布置方案,其全部公开内容在此以援引的方式并入本申请。工具20能够如在题目为“外科机器人操纵器的终端效应器”的在2014年3月15日提交的美国专利申请公报No/2014/0276949中描述的那样,其公开内容在此以引用方式并入本申请。操纵器14和工具20可以布置成替代构造。工具20能够如在2014年3月15日提交的、题目为“外科机器人操纵器的终端效应器”、公布号为2014/0276949的美国专利申请中示出的那样,其全部内容在此以援引的方式并入本申请。工具20包括能量施加器24,所述能量施加器24设计成在手术部位处接触患者12的组织。能量施加器24可以是钻机、锯条、钻头、超声振动末端、或类似物。操纵器14还容纳操纵器计算机26或其它类型的控制单元。

[0033] 参照图2,系统10包括控制器30。控制器30包括用于控制操纵器14的软件和/或硬件。控制器30引导操纵器14的移动并且控制工具20相对于坐标系的方向。在一个实施例中,坐标系是操纵器坐标系MNPL(见图1)。操纵器坐标系MNPL具有原点,原点位于操纵器14上的点处。在题目为“能够以多种模式控制外科器械的外科操纵器”的美国专利No.9,119,655中

描述了操纵器坐标系MNPL的一个示例,其全部公开内容在此以引用的方式并入本申请。

[0034] 系统10还包括导航系统32。在2013年9月24日提交的题目为“包括光学和非光学传感器的导航系统”的美国专利No.9,008,757中描述了导航系统32的一个示例,其全部内容在此以援引方式并入本申请。导航系统32设置成跟踪各种物体的移动。这种物体包括例如工具20和解剖体(例如,股骨F和胫骨T)。导航系统32跟踪这些物体,以收集每个物体在定位器坐标系LCLZ中的位置信息。定位器坐标系LCLZ中的坐标可以使用传统转换技术转换成操纵器坐标系MNPL。导航系统32还能够向操作者显示它们相对位置和方向的虚拟表示。

[0035] 导航系统32包括计算机搬运车(cart)组件34,所述计算机搬运车组件34容纳导航计算机36和/或其它类型的控制单元。导航界面与导航计算机36操作地通信。导航界面包括一个或者多个显示装置38。第一和第二输入装置40、42(诸如键盘和鼠标)可以用于将信息输入到导航计算机36中,或者选择/控制导航计算机36的特定方面。其它输入装置40、42被构思成包括触摸屏(未示出)或声控装置。控制器30可以实施在系统10中的任何适当的装置或者多个装置上,包括但不限于操纵器计算机26、导航计算机36、和其任何组合。

[0036] 导航系统32还包括定位器44,所述定位器44与导航计算机36通信。在一个实施例中,定位器44是光学定位器并且包括摄像机单元46。摄像机单元46具有外壳48,所述外壳容纳一个或者多个光学位置传感器50。系统10包括一个或者多个跟踪器。跟踪器可以包括指示器跟踪器PT、工具跟踪器52、第一患者跟踪器54、和第二患者跟踪器56。跟踪器包括有源标记物58。有源标记物58可以是发光二极管或者LEDs。在其它实施例中,跟踪器52、54、56可以具有无源标记物,诸如反射器,所述反射器反射从摄像机单元46发射的光。本领域中的技术人员将理解的是:可以利用在此没有具体描述的其它适当跟踪系统和方法。

[0037] 在图1的示出实施例中,第一患者跟踪器54牢固地固定到患者12的股骨F,并且第二患者跟踪器56牢固地固定到患者12的胫骨T。患者跟踪器54、56牢固地固定到部分骨头上。工具跟踪器52牢固地附接到工具20。应当理解的是,可以以任何适当方式将跟踪器52、54、56固定到它们的相应部件。

[0038] 跟踪器52、54、56与摄像机单元46通信,以向摄像机单元46提供位置数据。摄像机单元46向导航计算机36提供跟踪器52、54、56的位置数据。在一个实施例中,导航计算机36确定股骨F和胫骨T的位置数据和工具20的位置数据并且将股骨F和胫骨T的位置数据和工具20的位置数据传递给操纵器计算机26。可以使用传统的对准/导航技术通过跟踪器位置数据来确定股骨F、胫骨T和工具20的位置数据。位置数据包括对应于股骨F、胫骨T、工具20和任何其它正被跟踪的物体的位置和/或方向的位置信息。在此描述的位置数据可以是位置数据、方向数据或者位置数据和方向数据的组合。

[0039] 操纵器计算机26通过使用针对工具20的基于导航的数据和针对工具20的基于编码器的位置数据确定转换矩阵而将位置数据从定位器坐标系LCLZ中转换到操纵器坐标系MNPL中。位于操纵器14的接头处的编码器(未示出)用于确定基于编码器的位置数据。操纵器计算机26使用编码器来计算工具20在操纵器坐标系MNPL中的基于编码器的位置和方向。因为还已知了在定位器坐标系LCLZ中的工具20的位置和方向,所以可以产生转换矩阵。

[0040] 如图2所示,控制器30还包括软件模块。软件模块可以是一个或多个计算机程序的一部分,所述计算机程序在操纵器计算机26、导航计算机36、或其组合上运行,以处理数据,以便辅助系统10的控制。软件模块包括存储在操纵器计算机26、导航计算机36或者其组合

上的存储装置中的多组指令,以便由计算机26、36的一个或者多个处理器执行。另外,用于促进和/或与操作者通信的软件模块可以形成所述一个或多个程序的一部分并且可以包括存储在操纵器计算机26、导航计算机36或其组合上的存储装置中的指令。操作者与第一和第二输入装置40、42以及一个或者多个显示装置38相互作用,以与软件模块通信。

[0041] 在一个实施例中,控制器30包括操纵器控制器60,其用于处理数据以便引导操纵器14的移动。操纵器控制器60可以从单个源或者多个源接收数据并且处理数据。

[0042] 控制器30还包括导航控制器62,用于将关于股骨F、胫骨T和工具20的位置数据传递给操纵器控制器60。操纵器控制器60接收并且处理由导航控制器62提供的位置数据,以便引导操纵器14的移动。在一个实施例中,如图1所示,在导航计算机36上实施导航控制器62。

[0043] 操纵器控制器60或者导航控制器62还可以通过显示装置38上显示股骨F和/或胫骨T以及工具20的图像而将患者12和工具20的位置传递给操作者。操纵器计算机26或者导航计算机36还可以在显示装置38上显示指令或者请求信息,使得操作者可以与操纵器计算机26相互作用,以引导操纵器14。

[0044] 如图2所示,控制器30包括边界生成器66。边界生成器66是软件模块,可以在操纵器控制器60上实施所述软件模块,如图2所示。替代地,可以在其它部件(诸如导航控制器62)上实施边界生成器66。如下文详细描述的那样,边界生成器66产生用于约束工具20的虚拟边界。

[0045] 工具路径生成器68是由控制器30(更加具体地,操纵器控制器60)运行的另一个软件模块。工具路径生成器68产生工具路径70,如图3所示,其代表骨头,骨头的一部分被移除以接收植入体。在图3中,由往复的线来表示工具路径70。完成表面的光滑度和质量部分取决于往复的线的相对定位。更加具体地,每条往复通过的线越靠近,则完成表面越精确和光滑。虚线84代表待使用操纵器14移除的骨头的外周。在题目为“能够以多种模式控制外科器械的外科操纵器”的美国专利No.9,119,655中描述了用于生成工具路径70的一个示例性系统和方法,其全部内容在此以援引方式并入本申请。

[0046] II系统和方法概述

[0047] 用于利用工具20操纵解剖体的系统10和方法包括利用控制器30限定与解剖体相关的第一虚拟边界或者中间虚拟边界90以及第二虚拟边界或目标虚拟边界80,如图4和图5所示。中间虚拟边界90与目标虚拟边界80间隔开。如图4所示,在第一模式中激活中间虚拟边界90。在第一模式中相对于中间虚拟边界90约束工具20的移动。如图5所示,在第二模式中使中间虚拟边界90失效。在第二模式中,相对于目标虚拟边界80约束工具20的移动。

[0048] 在题目为“能够以多种模式控制外科器械的外科操纵器”的美国专利No.9,119,655”中解释了用于产生虚拟边界80、90的一个示例性系统和方法,其全部内容在此以援引方式并入本申请。边界生成器66产生限定目标和中间虚拟边界80、90的图谱。这些边界80、90界定工具应该移除的组织 and 工具20不应该移除的组织之间的界限。替代地,这些边界80、90界定了工具20的能量施加器24应当对其施加能量的组织和能量施加器24不应当对其施加能量的组织之间的界限。这样,目标和中间虚拟边界80、90为切割边界或者操纵边界,其限制工具20的移动。通常但不总是,虚拟边界80、90被限定在患者体内12。

[0049] 如全文所示,目标和中间虚拟边界80、90独立地约束工具20在第一和第二模式之

间的移动。即,通过第一模式中的中间虚拟边界90或第二模式中的目标虚拟边界80约束工具20。在题目为“能够以多种模式控制外科器械的外科操纵器”的美国专利No.9,119,655”中解释了约束工具20的移动的方法,其全部内容在此以援引方式并入本申请。

[0050] 外科手术系统10允许在第一模式和第二模式之间切换,以提供针对工具20的不同约束构造。当由第一模式切换到第二模式时,如图5所示,中间虚拟边界9失效,从而留下目标虚拟边界80。因此,在第二模式中,允许工具20抵达目标虚拟边界80,原因在于中间虚拟边界90不约束工具20。当中间虚拟边界90失效时,相对于目标虚拟边界80约束工具20。

[0051] 当从第二模式切换到第一模式时,如图4所示,中间虚拟边界90被激活或者再次激活。当中间虚拟边界90被激活时,相对于中间虚拟边界90约束工具20。因此,在第一模式中,中间虚拟边界90防止工具20抵达目标虚拟边界80。

[0052] 操纵器14构造成从控制器30接收指令并且在第一模式中使得工具20相对于中间虚拟边界90移动和/或在第二模式中相对于目标虚拟边界80移动。导航系统32跟踪工具20在第一模式中相对于中间虚拟边界90的移动和/或跟踪工具20在第二模式中相对于目标虚拟边界80的移动。当工具20移动时,操纵器14和导航系统32配合,以判定工具20是否在第一模式中位于中间虚拟边界90内和/或在第二模式中位于目标虚拟边界80内。操纵器14选择性地限制工具20移动的程度。具体地,控制器30防止操纵器14进行如下移动:所述操纵器14的该移动导致工具20在第一模式中施加在中间虚拟边界90的外部和/或在第二模式中施加在目标虚拟边界80的外部。如果操作者施加将导致工具20在第一模式中前进超过中间虚拟边界90和/或在第二模式中前进超过目标虚拟边界80的力和转矩,则操纵器14不会仿效工具20的该预期定位。

[0053] 如图5所示,目标虚拟边界80与解剖体相关,并且更加具体地,与解剖体的目标表面92相关。相对于目标表面92限定目标虚拟边界80。目标表面92还是移除手术之后的剩余骨头的轮廓并且是即将安装植入体的表面。换言之,目标表面92是在已经完成切割之后剩余组织的连续限定的表面区域。

[0054] 如图5所示,在手术期间,目标虚拟边界80可以与目标表面92略微偏移或者间隔开。在一个实施例中,这样做是为了考虑工具20的尺寸和操纵特征部。工具20的操纵特征部可以导致工具20破坏目标虚拟边界80。为了考虑这种过度延伸,目标虚拟边界80可以从目标表面82平移限定在目标表面92和目标虚拟边界80之间的预定距离。在一个示例中,该距离等于工具20的厚度的一半。在另一个实施例中,目标虚拟边界80可以根据如何跟踪工具20和能量施加器24而从目标表面92略微偏移或者与目标表面92间隔开。例如,可以基于能量施加器24的中心而非基于能量施加器24的外切割表面上的点来跟踪能量施加器24。在这种情况下,目标虚拟边界80从目标表面92偏移适用于中心跟踪,以防止超出目标表面92。例如,当工具20的能量施加器是球形的钻头时,当跟踪钻头的工具中心点(TCP)时,目标虚拟边界偏移钻头的直径的一半。结果,当TCP位于目标虚拟边界80上时,钻头的外表面位于目标表面92上。

[0055] 中间虚拟边界90与目标虚拟边界80间隔开。如图4所示,与目标虚拟边界80与目标表面92间隔开的距离相比,中间虚拟边界90与目标表面92间隔开得更远。实质上,目标虚拟边界80位于目标表面92和中间虚拟边界90之间。因为中间虚拟边界90与目标表面92间隔开得更远,所以较之目标虚拟边界80,相对于中间虚拟边界90会更大程度地约束工具20的移

动。换言之,较之在第二模式中,在第一模式中会更大程度地限制工具20的移动。

[0056] 区域100限定在目标和中间虚拟边界80、90之间,如图4所示。边界80、90可以根据任何适当距离间隔开。在一个示例中,目标和中间虚拟边界80、90间隔开大约1/2毫米,使得区域100的厚度为大约1/2毫米。在某种意义上,中间虚拟边界90可以被认为相对于目标虚拟边界80的偏移边界。通常,控制器30防止工具20在第一模式中穿入到区域100中。无论目标虚拟边界80是否已经激活,均要防止工具20在第一模式中穿入到区域100中。控制30允许工具20在第二模式中穿入到区域100中。可以独立于目标和/或中间虚拟边界80、90被激活或者失效而限定区域100。

[0057] 目标和中间虚拟边界80、90可以具有如图4所示的相同轮廓。具体地,目标和中间虚拟边界80、90具有类似于目标表面92的轮廓。具有类似的轮廓对于促进逐渐形成目标表面92是有用的。

[0058] 显示装置38可以示出目标和中间虚拟边界80、90以及正在处理的解剖体的表示。另外,可以将关于目标和中间虚拟边界80、90的信息转发到操纵器控制器60,以便相对于这些虚拟边界80、90引导工具20的对应移动以及操纵器14,使得工具20不会侵入这些虚拟边界。

[0059] 操纵器控制器60可以连续跟踪目标和中间虚拟边界80、90的移动。在一些情况中,解剖体可以在手术期间从第一位置移动到第二位置。在这些情况中,操纵器控制器60更新与解剖体的第二位置相一致的虚拟边界80、90的位置。

[0060] 在一个实施例中,第一模式和/或第二模式是自动模式或者手动模式。在题目为“能够以多种模式控制外科器械的外科操纵器”的美国专利No.9,119,655”中描述了自动模式和手动模式的示例,其全部内容在此以援引的方式并入本申请。

[0061] 在一个实施例中,在第一模式中,系统10在手动模式中操作。操作者手动地引导、并且操纵器14控制工具20的移动,并且继而控制手术部位处的能量施加器24的移动。操作者物理接触工具20,以致使工具20移动。操纵器14监测由操作者施加在工具20上的力和转矩,以为了定位工具20。由作为操纵器14的一部分的传感器测量这些力和转矩。响应施加的力和转矩,操纵器14使得工具20以如下方式机械地移动:其仿效基于由操作者施加的力和转矩将要发生的移动。相对于中间虚拟边界90约束工具20在第一模式中的移动。在这种情况下,中间虚拟边界90作为触觉边界,并且操纵器14向操作者提供触觉反馈,以向操作者指示中间虚拟边界90的位置。例如,通过操纵器14防止或者阻止工具20移动超过中间虚拟边界90,在抵达中间虚拟边界90时,操作者触觉感知到虚拟壁。

[0062] 在第一模式中的手动操纵过程中的任何时间,或者在完成第一模式中的操纵之后,系统10允许从第一模式切换到第二模式。在一个实施例中,响应于手动输入而产生在第一和第二模式之间的切换。例如,操作者可以使用一些控制形式,以远程管理应当激活第一和第二模式中的哪一个。替代地,可以响应于特定事件或者状况自动实施切换。例如,系统10可以确定已经在第一模式中移除了所需量的组织并且作为响应切换到第二模式。本领域中的技术人员应当理解的是,可以根据在此没有明确描述的其它方法来实施第一和第二模式之间的切换。

[0063] 在第二模式中,在一个实施例中,操纵器14引导工具20的自动移动,并且继而在手术部位处引导能量施加器24移动。操纵器14能够使得工具20在没有操作者辅助的情况下移

动。没有操作者辅助可以表示操作者没有物理接触工具20,以便施加力使得工具20移动。替代地,操作者可以使用一些控制形式,以远程管理移动的启动和停止。例如,操作者可以按下远程控制的按钮,以启动工具20的移动,并且释放按钮以使得工具20停止移动。替代地,操作者可以按压按钮以启动工具20的移动,并且按压按钮以使得工具20停止移动。相对于目标虚拟边界80约束工具20在第二模式中的移动。

[0064] 该系统10和方法有利地提供了选择性控制中间虚拟边界90在第一和第二模式之间的激活的可能性。通过这样做,系统10和方法针对第一和第二模式中的每一个提供了不同的虚拟边界构造。这增加了手术系统的多功能性和操作者的性能。在一些实施例中,这有利地向操作者提供了在第一模式中以粗略操纵方式来使用操纵器14。操作者可以初始时手动操作工具20,以便移除大质量的组织。有时这部分手术称作广泛切除。操作者在已知了中间虚拟边界90约束工具20远离目标表面92的情况下可以采取的措施以实施粗略操纵,这比在自动操纵期间实施的其它可能操纵快很多。一旦手动移除了大部分组织,则系统10可以切换成第二模式,以便以极其准确和受控的方式提供组织的剩余部分的自动操纵。换言之,在第二模式中,操作者可能需要器械的精细定位,以便限定剩余组织的表面。有时这一部分手术称作精细切割,并且这能够实现是因为中间虚拟边界90失效而目标虚拟边界80被激活。

[0065] III其它实施例

[0066] 目标和虚拟边界80、90可以来源于输入到操纵器14、更加具体地输入到边界生成器66的各个输入。输入到边界生成器66的一个输入包括在其上待实施手术的部位的手术前图像。如果操纵器14选择性地移除组织以使得患者12可以装配植入体,则输入到边界生成器66的第二输入是植入体的形状的图谱。这个图谱的初始版本可以来自植入体数据库。植入体的形状限定了应当移除以接收植入体的组织的边界。在植入体是预期装配到患者12骨头的矫正植入体的情况中,这种关系更是如此。

[0067] 输入到边界生成器66中的另一个输入是操作者设置。这些设置可以指示能量施加器24应当施加到哪个组织。如果能量施加器24移除组织,则设置可以确定待移除的组织和在施加能量施加器24之后剩余的组织之间的边界。如果操纵器14辅助装配矫正植入体,则这些设置可以限定植入体应当定位在组织的什么位置。可以使用数据处理单元在手术前输入这些设置。替代地,可以通过与系统10的部件中的一个相联的输入/输出单元(诸如导航界面40、42)输入这些设置。

[0068] 基于上述输入数据和指令,边界生成器66可以产生目标和中间虚拟边界80、90。边界80、90可以是二维或者三维的。例如,目标和中间虚拟边界80、90可以产生为虚拟图谱或者其它三维模型,如图所示。产生的图谱或者模型引导工具20的移动。模型可以显示在显示装置38上,以示出物体的位置。另外,可以将关于模型的信息传送到操纵器控制器60,以便引导工具20相对于目标和中间虚拟边界80、90的对应移动以及操纵器14。

[0069] 在实践中,在开始手术之前,操作者在手术部位处可以设置虚拟的目标和中间虚拟边界80、90的初始版本。在手术开始时,更加精确限定将要实际装配到患者12上的植入体的数据可以加载到边界生成器66中。这种数据可以来自与植入体相关的存储装置,诸如,记忆棒或者RFID标签。这种数据可以是供应到边界生成器66的植入体数据库数据的一部分。这些数据基于特定植入体的制造后测量。这些数据提供了特定植入体的形状的限定,由于

制造上的变化,所述限定可以略微不同于先前获得的植入体形状的库存确定。基于这种植入体特定数据,边界生成器66可以更新目标和中间虚拟边界80、90,以便反映待移除的组织 and 应当保留在原位的组织之间的边界。能够植入到患者12体内的植入体包括在2012年6月22日提交的、题目为“假体植入体和植入方法”、序列号为13/530,927的美国专利申请中示出的那些植入体,其全部内容在此以援引的方式并入本申请。在此公开的植入体能够在移除了适当量的物质(诸如骨头)之后植入在患者12体内。还可以构思其它植入体。

[0070] 在一个实施例中,目标虚拟边界80来自与解剖体相关的坐标系中的点。可以通过将捕获的点中的每一个连接在一起而插值获得目标虚拟边界80。这产生了限定了目标虚拟边界80网络或者网格。如果仅仅捕获了两个点,则目标虚拟边界80可以是点之间的线。如果捕获了三个点,则目标虚拟边界80可以由连接毗邻点的线形成。显示装置38可以提供产生的目标虚拟边界80的形状的虚拟反馈。可以使用输入装置40、42通过诸如移动边界、缩放边界、改变目标虚拟边界80的形状等来控制 and 修改目标虚拟边界80。本领域中的技术人员应当理解的是,可以根据没有在此具体描述的其它方法来产生目标虚拟边界80。

[0071] 在图7和图10中示出了目标虚拟边界80的替代布置方案和构造。在一些示例中,如图7所示,使目标虚拟边界80与解剖体的目标表面92直接对准而非在目标虚拟边界80和目标表面92之间存在偏移可能是适当的。例如,工具20的操纵特征部不能延伸超过目标虚拟边界80。作为附件方案或者替代方案,可以基于位于能量施加器24的外表面上的点而非位于能量施加器24的中心上的点来跟踪工具20。在此类情况中,使目标虚拟边界80与目标表面92对准提供了准确操纵,以产生目标表面92。在另一个实施例中,可以基于勾勒出工具20的外表面的移动范围的包络线来跟踪工具20。例如,在工具20是锯条的情况中,包络线包括锯条的外表面的移动范围,使得在锯条振动期间锯条的外表面的移动被捕获在包络线中。定位目标虚拟边界80可以考虑该包络线。

[0072] 在其它示例中,如图5所示,目标虚拟边界80通常与目标表面92不对准。替代地,目标虚拟边界80与目标表面92间隔开并且超过目标表面92。本领域中的技术人员理解的是,目标虚拟边界80可以具有在此没有具体指出的其它构造。

[0073] 中间虚拟边界90可以与目标虚拟边界80类似的方式形成。替代地,控制器30可以使得中间虚拟边界90从目标虚拟边界80获得。例如,控制器30可以复制目标虚拟边界80,以形成中间虚拟边界90。可以根据任何适当方法修改或者转变目标虚拟边界80的复制物以形成中间虚拟边界90。例如,可以平移、移位、倾斜、缩放、旋转、反射等目标虚拟边界的复制物。本领域中的技术人员应当理解的是,中间虚拟边界90可以根据在此没有具体描述的其它方法从目标虚拟边界80获得。

[0074] 目标虚拟边界80和中间虚拟边界90可以具有任何适当的轮廓。例如,如图5所示,目标虚拟边界80的轮廓类似于目标表面92的轮廓。在图10中,目标虚拟边界80具有平面的或者平坦的轮廓。在图4中,中间虚拟边界90具有的轮廓类似于目标表面92的轮廓。在图9中,中间虚拟边界90具有平面的或者平坦的轮廓。本领域中的技术人员应当理解的是,目标虚拟边界80和中间虚拟边界90可以具有在此没有具体指出的其它轮廓。

[0075] 目标和中间虚拟边界80、90不需要具有相同的轮廓,如图4所示。替代地,边界80、90可以具有彼此不同的轮廓,如图9所示。在图9中,目标虚拟边界80的轮廓与目标表面92的轮廓类似,而中间虚拟边界90的轮廓是平面的。当然,本领域中的技术人员理解的是,边界

80、90中的任意一个轮廓均可以与图9中示出的轮廓不同。可以根据任意适当的技术手动或者自动产生边界80、90中的每一个的轮廓。根据若干因素具有不同的轮廓可以是有用的,所述因素包括但不局限于工具20和/或正使用的模式。

[0076] 鉴于第一模式,数个不同实施例对于目标虚拟边界80来说是可行的。如所述的那样,在第一模式中,中间虚拟边界90被激活并且相对于中间虚拟边界90约束工具20。然而,可以在第一模式中控制目标虚拟边界80的激活或者无效。例如,如图4、6和9所示,可以在中间虚拟边界90处于激活状态的同时在第一模式中激活目标虚拟边界80。在一个示例中,这可以是为了冗余的目的。如所述的那样,中间边界90是系统10的重要特征,原因在于其作为切割边界。中间边界90的实施方案中存在的任何误差均会进而使得目标表面92暴露于误差。通过同时激活目标虚拟边界80,系统10通过使目标虚拟边界80作为中间虚拟边界90的备份而增加了可靠性。在已知了目标虚拟边界80作为冗余的情况中,这还可以允许操纵器14以更高的速度操作。替代地,如图8所示,目标虚拟边界80可以在第一模式中失效。这样做可以保存计算资源,降低实施中的复杂程度等。

[0077] 目标虚拟边界80在第一模式中的控制可以是自动的或者手动的。例如,在第一模式中,操作者可以手动激活目标虚拟边界80或者使目标虚拟边界80失效。替代地,系统10可以根据一些事件或者状态自动地确定激活目标虚拟边界80是否是恰当的。例如,检测到系统10的不稳定性可以在第一模式中触发目标虚拟边界80的自动激活。

[0078] 根据应用和各种其它因素,第一模式和第二模式可以是不同类型(即,手动/自动)或者相同类型。一种这样的因素是操作手术的持续时间,这很大程度受到工具20的供给速率的影响。供给速率是能量施加器24的远端沿着路径段前进的速度。通常,在自动模式中,操纵器14可以更加准确,但是较之手动模式提供了更缓慢的供给速率。在手动模式中,操纵器14可以不够准确,但是较之在自动模式中能够提供更快的供给速率。准确性和供给速率之间的权衡是决定在第一和第二模式期间实施何种控制类型的一个因素。

[0079] 在第一模式和第二模式中,工具20沿着切割路径70的往复振动的频率可以不同。通常,振动频率越大,则切割路径70振动越接近在一起,并且由工具20提供的切割越“精细”。另一方面,振动频率越小,则切割路径70振动间隔开的越远,并且由工具20提供的切割越“粗糙”。

[0080] 通常,当工具20横过切割路径70时,工具20在解剖体(远侧股骨)中形成肋状件110,如图13A至13C和图14A至14C所示。在题目为“骨垫”的美国专利申请No. 14/195,113中示出了此类肋状件的示例,其全部内容在此以援引方式并入本申请。肋状件110的具体三维几何结构由旋转切割工具(诸如钻头)所产生,所述钻头用于制造多个带沟槽的预备件112。在示出的实施例中,多个有沟槽的预备件112遵循由工具20沿着切割路径70的前后移动导致产生的基本直线路径。肋状件110具有高度114、宽度116和多个突出部118。当第一和第二模式呈现不同的切割路径70振动频率时,第一和第二模式产生了具有不同构造的肋状件110。

[0081] 在一个示例中,较之在第一模式中,振动在第二模式中更为频繁。例如,图13A至图13C示出了由第一模式中的粗略切割形成的肋状件110,图14A至图14C示出了由第二模式中的精细切割形成的肋状件110。结果,在第一和第二模式中形成的肋状件110有所不同。具体地,与在第二模式(图14B)中形成的肋状件110相比,在第一模式(图13B)中形成的肋状件

110中的毗邻肋状件110之间的峰至峰的距离更大,在所述第二模式中,肋状件110更为靠近在一起。在第一和第二模式中形成的肋状件110的高度和/或宽度也可以有所不同。例如,粗略切割模式(图13C)中的肋状件110的宽度116大于精细切割模式(图14C)中的肋状件110的宽度116。相反,粗略切割模式(图13C)中的肋状件110的高度114小于精细切割模式(图14C)中的肋状件110的高度114。另外,在第一模式中形成的突出部118的几何结构可以与在第二模式中形成的突出部的几何结构不同。第一和第二模式有利地提供了适于具体应用的不同表面处理。本领域中的技术人员认识到的是,第一和第二模式可以导致除了在此针对肋状件描述的那些特征部之外的解剖体的其它特征部的不同。

[0082] 在一个实施例中,第一模式是自动模式而第二模式是手动模式。工具20的移动在第一模式中自动发生并且被相对于虚拟边界90约束。第一模式中的自动操纵切换到第二模式中的手动操纵。工具20的移动在第二模式中手动发生并且被相对于目标虚拟边界80约束。具体地,操作者可以依赖于外科手术系统10而在第一模式中自动实施组织的大部分操纵。根据需要,操作者可以切换到第二模式中的手动操纵,以便与目标虚拟边界80直接相互作用,所述目标虚拟边界80更加接近目标表面92。通过这样作,操作者能够实施多种手术,例如,在目标表面92上产生不规则的表面处理。系统10和方法允许操作者在目标表面92上制成最终的切口,该切口与利用自动操纵的相比更好地固定植入体。而且,操作者优选地可以不允许系统10完全地自动切割直到目标表面92的组织。因为中间虚拟边界90与目标虚拟边界80间隔开,所以使中间虚拟边界90在第一模式中被激活在自动操纵期间向操作者提供了增加的舒适度。

[0083] 在另一个实施例中,第一模式和第二模式皆为手动模式。在第一模式中手动产生工具20的移动并且相对于中间虚拟边界90约束所述工具20的移动。将第一模式中的手动操作切换到第二模式中的手动操作。尽管在第二模式中保留了手动操纵,但是因为中间虚拟边界90无效,所以边界构造发生变化。在第二模式中,手动产生工具20的移动并且相对于目标虚拟边界80约束工具20的移动。该实施例有利地向操作者提供了在第一和第二模式中以粗略操纵方式使用操纵器14的机会。知道了中间虚拟边界90约束工具20远离目标表面92的操作者可以采取措​​施以实施粗略操纵,所述粗略操纵较之在自动操纵期间的其它可能操纵更加快速并且更加具有侵略性。一旦在第一模式中手动移除了大部分组织,则系统10可以切换到第二模式,以允许手动操纵组织的其余部分。在第二模式中,操作者可以相对于目标虚拟边界80在目标表面92上产生不规则或者精细的表面处理。

[0084] 在又一个实施例中,第一模式和第二模式皆为自动模式。在第一模式中自动产生工具20的移动并且相对于中间虚拟边界90约束工具20的移动。第一模式中的自动操纵切换到第二模式中的自动操纵。尽管切换到第二模式保持了自动操纵,但是通过使得中间虚拟边界90失效而改变边界构造。在第二模式中,自动产生工具20的移动并且相对于目标虚拟边界80约束工具20的移动。该实施例有利地提供了在第一和第二模式中以高度准确且受控方式自动操纵组织的机会。另外,操作者可以在第一模式中自动操纵之后检查组织。换言之,不是使外壳手术装置10完全操纵组织直到目标表面92,第一模式可以用作第一阶段,因此,在第二模式中使得中间虚拟边界90失效之前,操作者检查自动切割的进展和准确性。

[0085] 在一个实施例中,系统和方法实施“n”个模式。例如,系统和方法可以实施三个或者更多个模式。第一模式可以是手动模式。第二模式可以是具有自动粗略切割的自动模式,

例如,如图13A至13C所示。第三模式可以是具有自动精细切割的自动模式,例如,如图14A至14C所示。本领域中的技术人员应当理解的是,“n”个模式中的任意一个均可以是除了在此描述的自动或者手动模式之外的模式。

[0086] 系统和方法可以实施“n”个虚拟边界。例如,系统和方法可以实施三个或者更多个虚拟边界。“n”个虚拟边界可以针对“n”个模式实施。在图15中示出了三个虚拟边界实施方案的一个示例。在图15中,第一虚拟边界90、第二虚拟边界80、和第三虚拟边界120与解剖体相联。在此,第一虚拟边界90设置成促进移除软骨和骨头的表层,第二虚拟边界80用于促进移除骨头的更深层,以为了安置植入体,并且第三虚拟边界120用于促进在准备中形成孔,用于插入桩/钉以固定植入体。第一虚拟边界90在第一模式中被激活。在第一模式中,相对于第一虚拟边界90约束工具20的移动。在第二模式中,第一虚拟边界90无效。第三虚拟边界90在第二模式中保持激活。在第二模式中,相对于第二虚拟边界80约束工具20的移动。第二虚拟边界80在第三模式中失效。在第三模式中,相对于第三虚拟边界120约束工具20的移动。

[0087] 在一些实施例中,“n”个虚拟边界是特定组织。即,虚拟边界构造成相对于不同组织类型约束工具20。例如,“n”个虚拟边界可以相对于软组织、软骨、骨头、韧带等约束工具20。这可以防止由工具20操纵特定组织。

[0088] 附加地或者替代地,“n”个虚拟边界是特定区域/位置。即,虚拟边界构造成相对于不同区域或者位置约束工具20。例如,“n”个虚拟边界可以相对于手术部位处的其它物体(诸如,牵开器、其它工具、跟踪器等)约束工具20。另外,“n”个虚拟边界中的任意一个均可以作为冲洗边界,从而防止工具20进入解剖体承受冲洗的湿位置中。本领域中的技术人员认识到的是,“n”个虚拟边界和“n”个模式可以根据除了在此引用的技术之外的各种其它技术加以实施。

[0089] 在其它实施例中,可以结合多于一个的外科手术工具20使用“n”个虚拟边界。例如,如图16所示,提供了第一外科手术工具20a和第二外科手术工具20b。工具20a、20b以协调和/或同步方式移动。第一虚拟边界90相对于解剖体的上表面限定,第二和第三虚拟边界80、120沿着解剖体的相应右表面和左表面限定。在此,虚拟边界80、90、120可以同时激活。而且,虚拟边界80、90、120可以相互交叉或者碰触。在其它示例中,一个工具20用于操纵,而另一个工具用于组织牵开。在该情况中,一个虚拟边界可以作为操纵约束边界,而另一个虚拟边界作为组织牵开边界以防止牵开工具离开预期牵开区域。

[0090] “n”个虚拟边界中的任意一个均可以相对于解剖体限定,使得虚拟边缘随着解剖体位置变化而移动。这可以使用在此描述的导航和控制技术来完成。

[0091] “n”个虚拟边界可以相对于相同的解剖体限定,例如附图所示。在这些情况中,“n”个虚拟边界中的每一个均随着解剖体移动而跟随解剖体。替代地,“n”个虚拟边界可以相对于不同解剖体限定。例如,一些“n”个虚拟边界可以相对于股骨限定而其它“n”个虚拟边界可以相对于胫骨限定。这可以防止无意地操纵胫骨。在这些情况中,虚拟边界之间的间隔可以根据股骨和胫骨之间的相应移动而变化。

[0092] 控制器30检测第一模式何时切换成第二模式,以及第二模式何时切换成第一模式。控制器30可以向操作者提供警报,以通知操作者是否相对于目标虚拟边界80或中间虚拟边界90约束了工具20。警报可以是视觉的、触觉的、听觉的等。本领域中的技术人员将认识到的是,可以根据在此没有具体描述的各种其它方式实施警报。

[0093] 在一些情况中,在系统10切换到第一模式中的时刻,在第二模式中的工具20可以处于区域100内。在这些情况中,工具20可以被捕获在中间虚拟边界90和目标虚拟边界80或目标表面92之间。在一个示例中,如图11所示,目标虚拟边界80在第一模式中保持激活,使得工具20被捕获在中间虚拟边界90和目标虚拟边界80之间。在另一个示例中,如图12所示,目标虚拟边界80在第一模式中无效,使得工具20被捕获在中间虚拟边界90和目标表面92之间。

[0094] 以这种方式捕获工具20可以是有意或者无意的。当无意时,控制器30可以评估工具20在第二模式切换到第一模式时的位置,以防止捕获工具20。例如,如果工具20在切换到第一模式的时刻处于区域100中,则控制器30可以命令操纵器14从工具100收回工具20,使得工具20被拉动超过中间虚拟边界90。这可以使得中间虚拟边界90暂时失效,以允许工具20离开。在其它情况中,在第一模式中可以有意识地将工具20捕获在区域100内。通过捕获工具20可以将中间虚拟边界90用作上约束或切割边界。为了解释,在第二模式中,工具20可以利用狭窄切口穿入区域100中的组织。此后,第一模式可以被再次激活,以利用中间虚拟边界90将工具20捕获在区域100中。操作者于是在知道了工具20被约束的情况下可以从上面手动或者自动移除区域100中的组织。这种构造可以用于在组织中产生穴等。

[0095] 已经在上述描述中公开了若干实施例。然而,在此讨论的实施例并不意味着排它或者将本发明限制为任何特定形式。已经使用的术语旨在为词语的描述性质而非限制。根据上述教导多种修改方案和变形方案是可行的并且可以以除了具体描述的其它方式之外的方式实践本发明。

[0096] 本发明的多个特征和优势从详细描述中变得显而易见,并且因此所附权利要求涵盖处于本发明的精神和范围内的所有特征和优势。此外,因为对于领域中的技术人员而言多个修改方案和变形方案显而易见,所以其不是将本发明限制为示出和描述的准确构造和操作,并且因此,所有适当的修改方案和等效物均处于本发明的范围内。

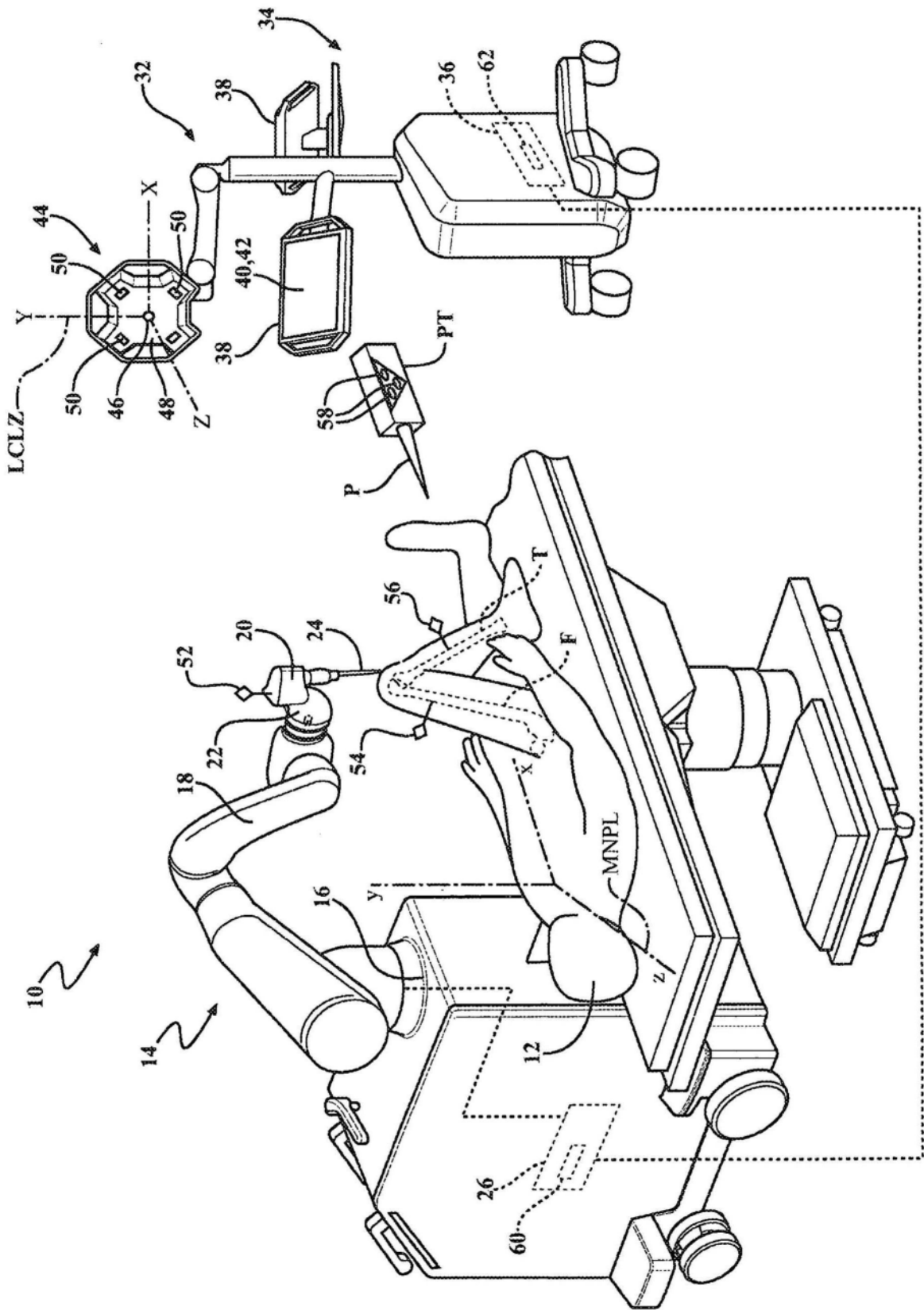


图1

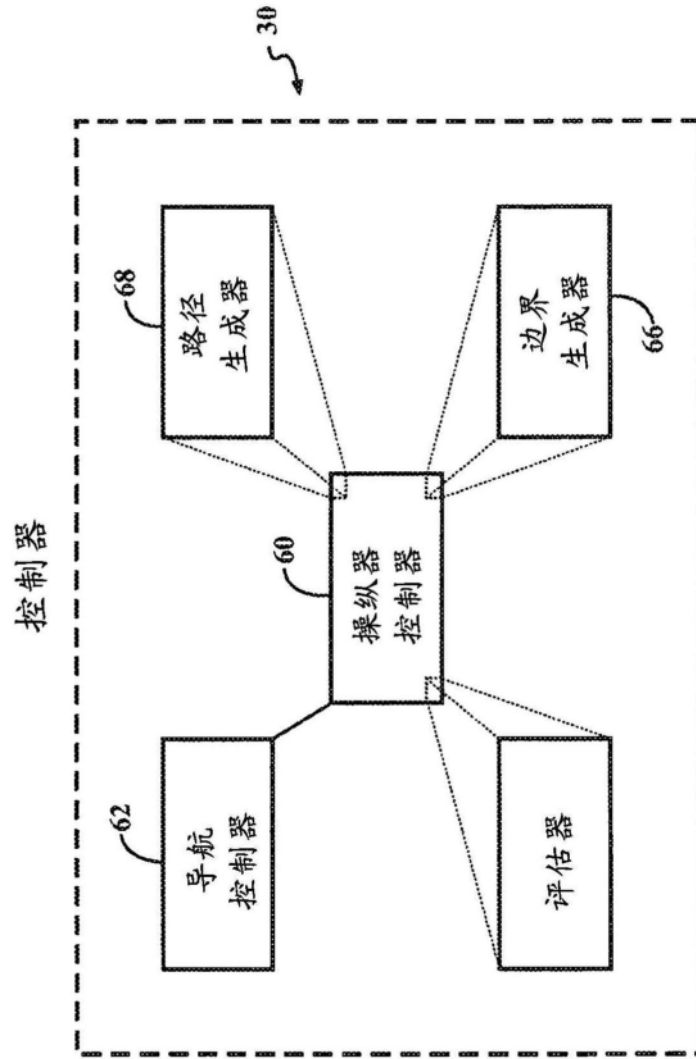


图2

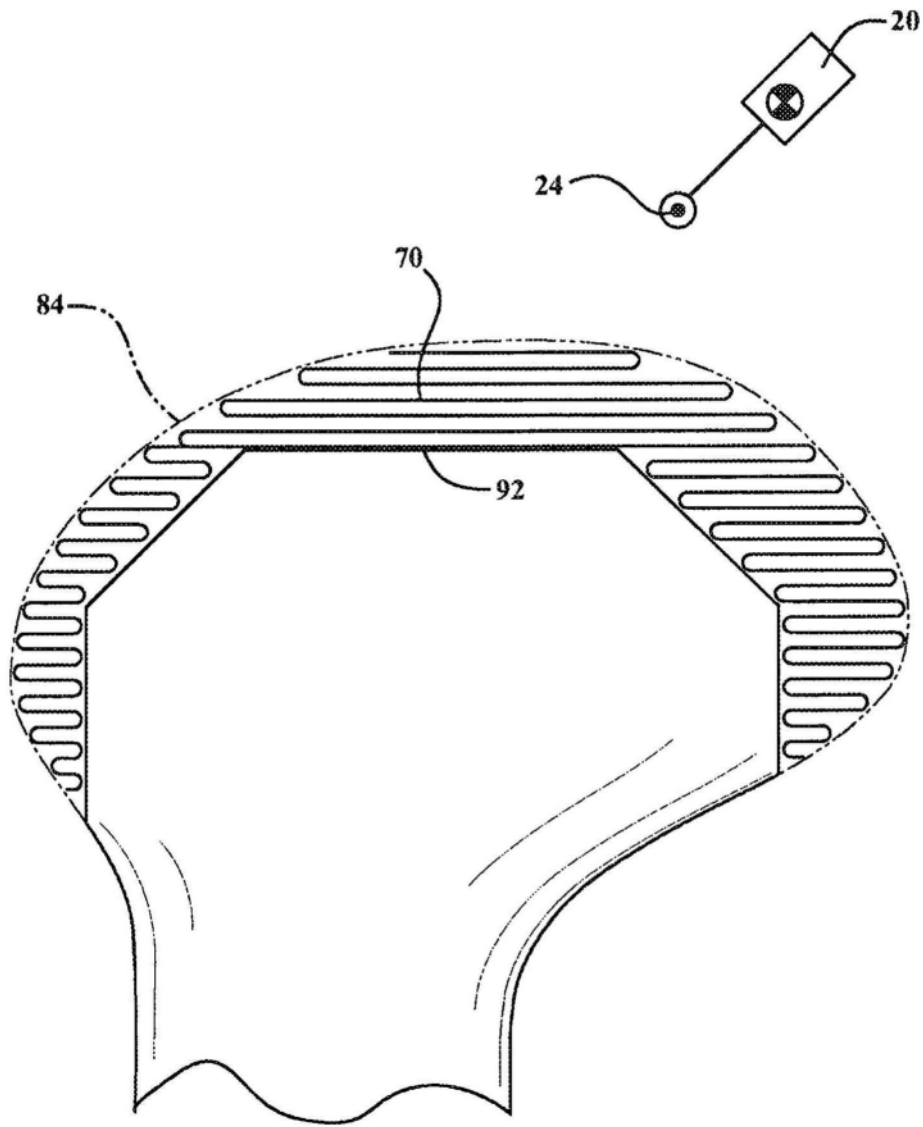


图3

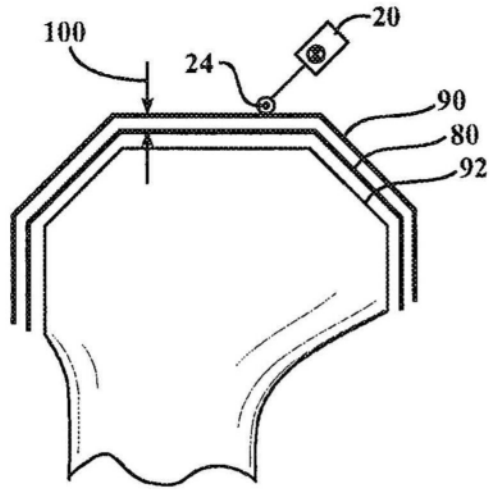


图4

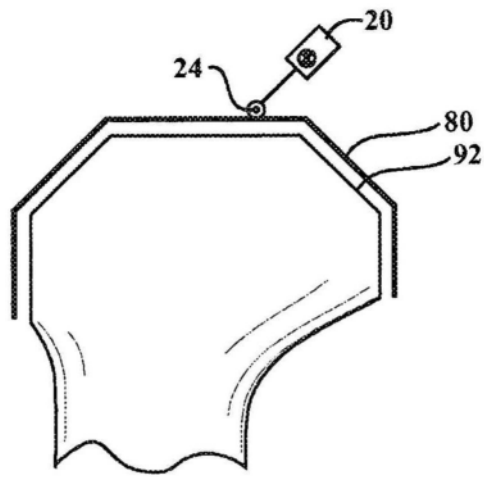


图5

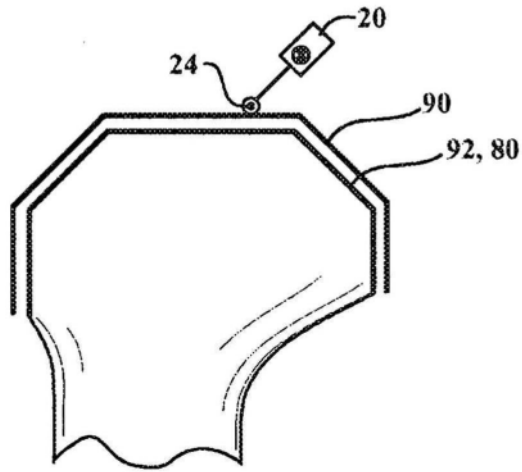


图6

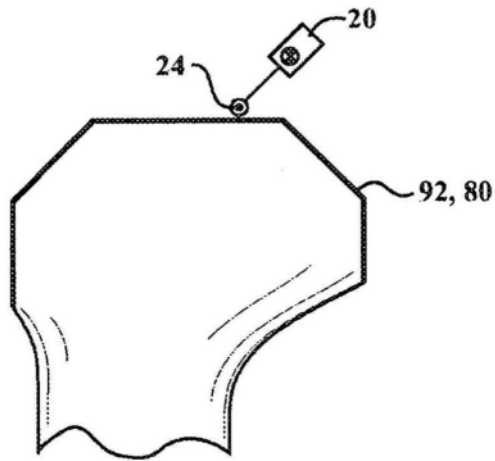


图7

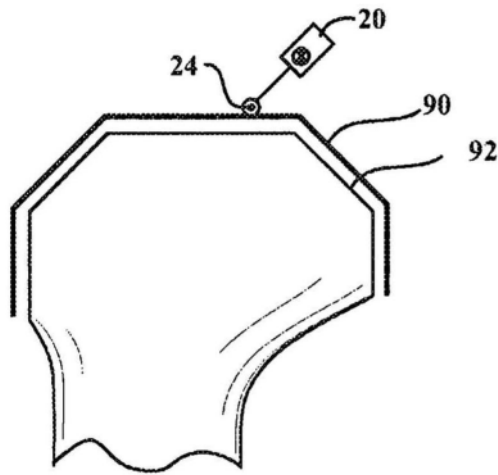


图8

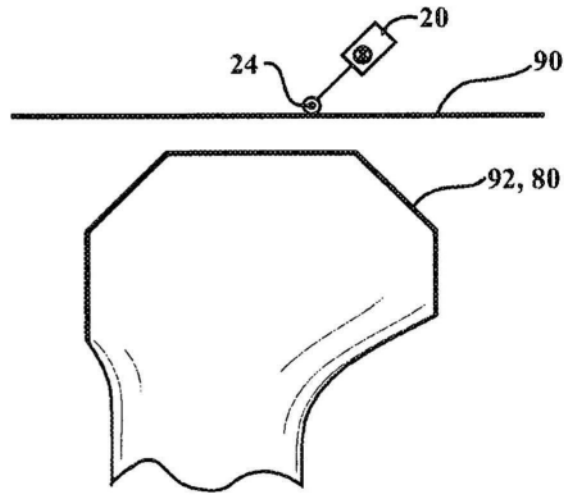


图9

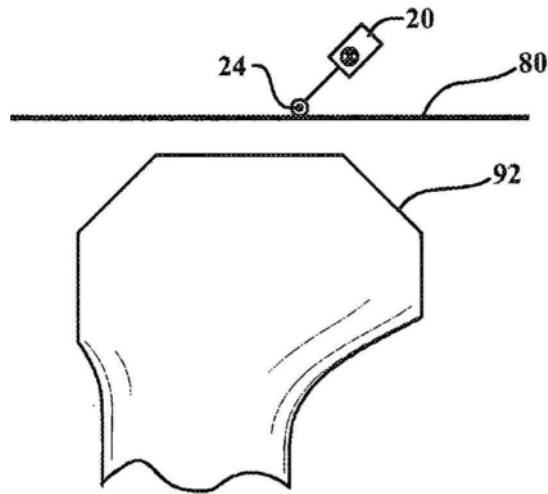


图10

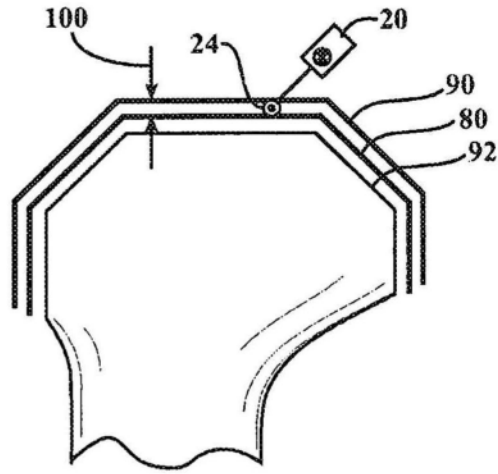


图11

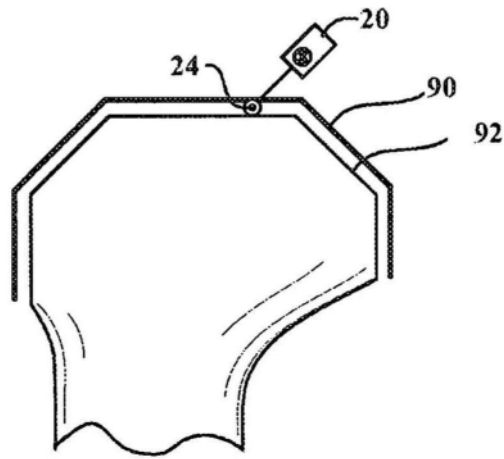


图12

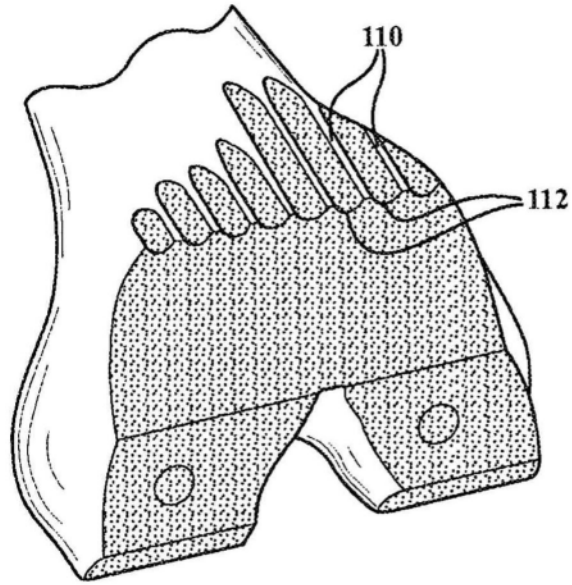


图13A

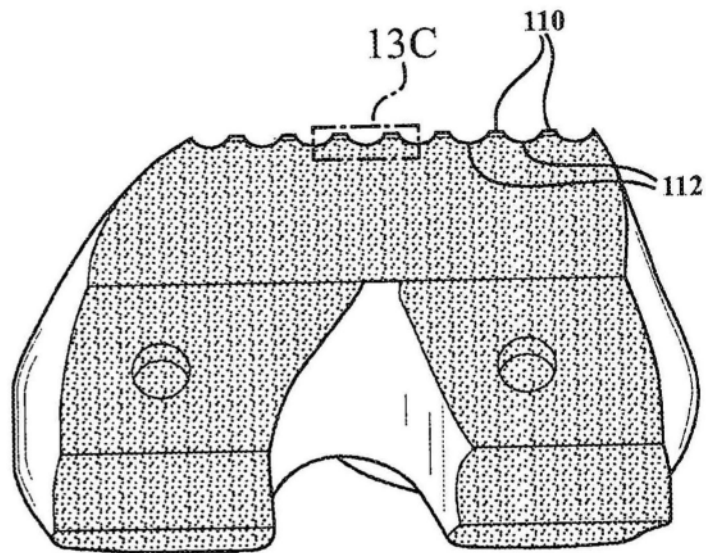


图13B

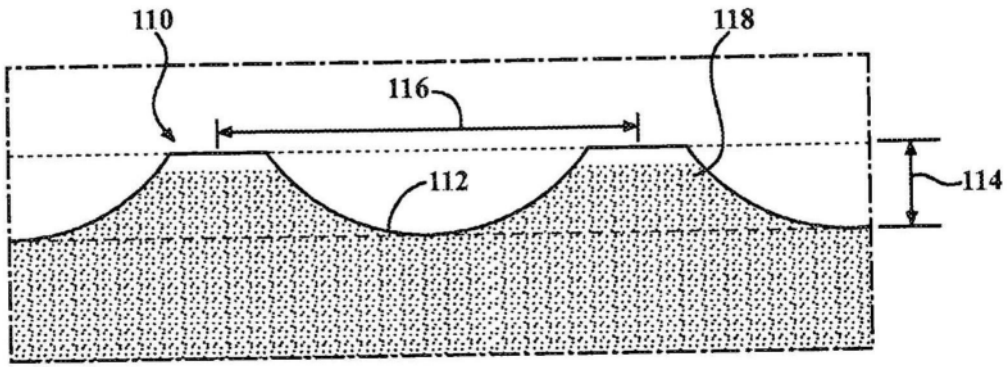


图13C

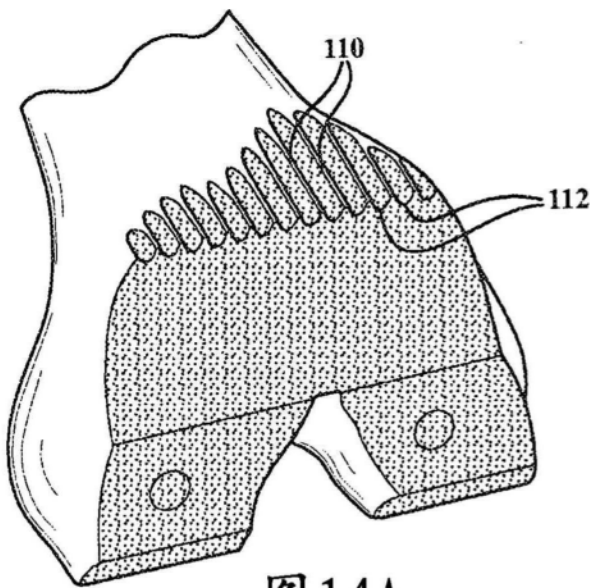


图14A

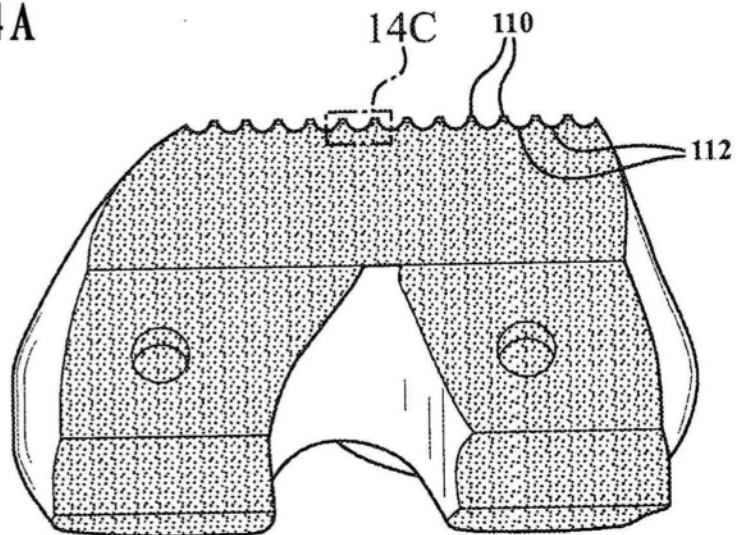


图14B

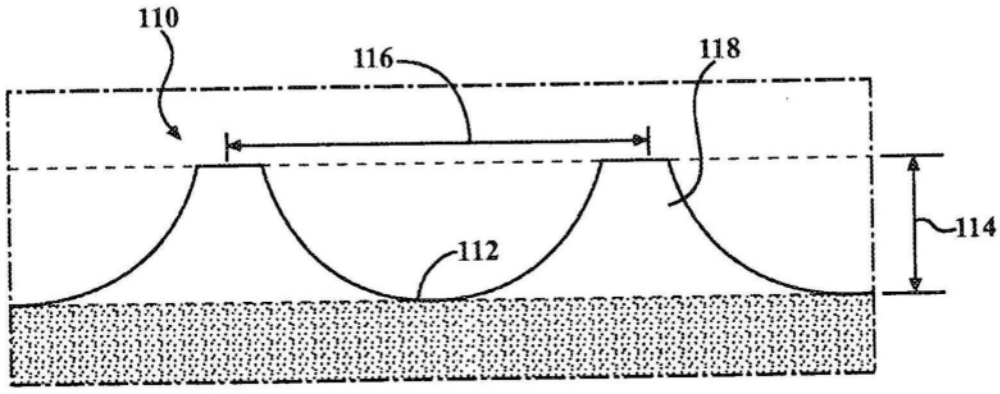


图14C

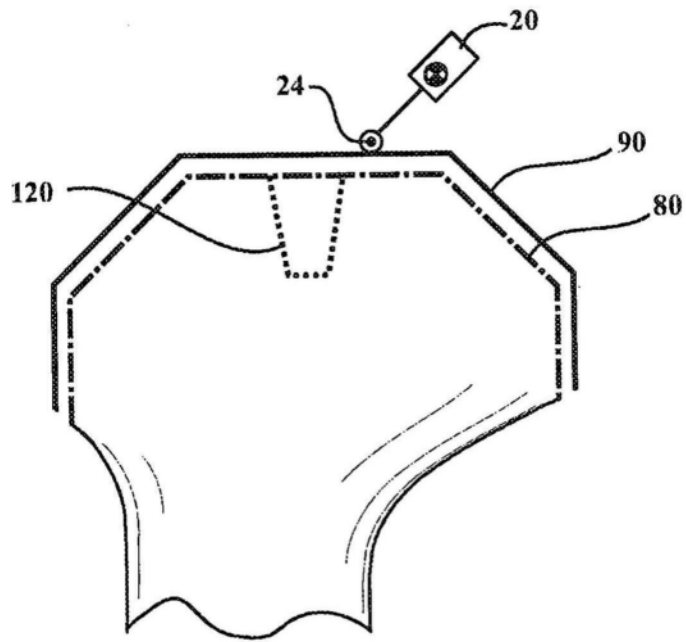


图15

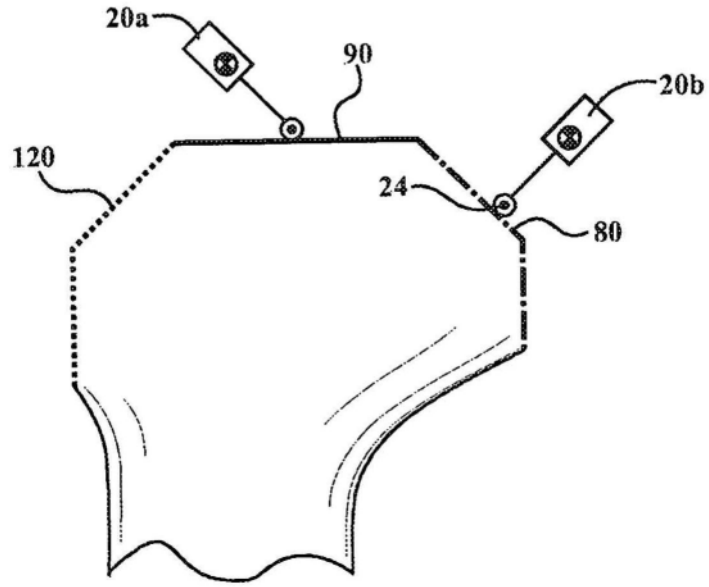


图16