



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108524003 B

(45) 授权公告日 2020.12.18

(21) 申请号 201810178179.8

(22) 申请日 2018.03.05

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108524003 A

(43) 申请公布日 2018.09.14

(30) 优先权数据
15/448,670 2017.03.03 US

(73) 专利权人 格罗伯斯医疗有限公司
地址 美国宾夕法尼亚州

(72) 发明人 A·伯科威茨 J·福赛斯
S·M·乔许 N·R·克劳福德
N·约翰逊

(74) 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限
责任公司 11287

代理人 江葳

(51) Int.Cl.

A61B 34/30 (2016.01)

A61B 34/20 (2016.01)

(56) 对比文件

WO 2013/192598 A1, 2013.12.27

US 2009/0306499 A1, 2009.12.10

US 2017/0007327 A1, 2017.01.12

CN 102933163 A, 2013.02.13

CN 1536975 A, 2004.10.13

US 2009/0240141 A1, 2009.09.24

CN 106163446 A, 2016.11.23

CN 202027725 U, 2011.11.09

CN 104994805 A, 2015.10.21

审查员 任春颖

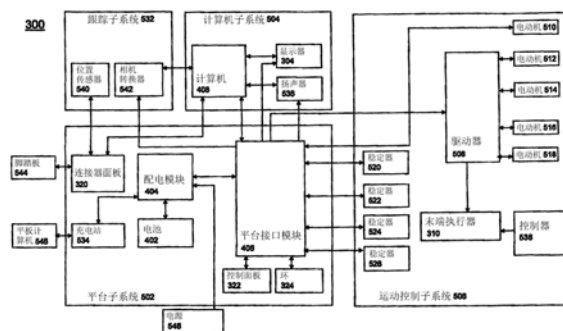
权利要求书1页 说明书14页 附图14页

(54) 发明名称

用于监测患者与外科手术机器人的配准的系统

(57) 摘要

本申请涉及一种用于监测患者与外科手术机器人的配准的系统,并且,提供了一种用于提供监视标记物的装置、系统和方法,所述监视标记物被配置成在机器人辅助的外科手术过程中检测附接到患者的动态参考基的移动。所述监视标记物和所述动态参考基彼此独立地连接到骨结构。



1. 一种用于监测患者与外科手术机器人的配准的系统,所述系统包括:
动态参考基,所述动态参考基包含至少一个阵列标记物;
动态参考基杆,所述动态参考基杆连接到所述动态参考基;以及
监视标记物,所述监视标记物被布置在离所述动态参考基预定距离处,其中,所述监视标记物被配置成独立于所述动态参考基固定到所述患者上,
其中,所述监视标记物被布置在监视标记物杆上,其中,所述监视标记物杆被布置在所述动态参考基杆的空心通道中。
2. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述监视标记物被配置成与所述动态参考基配准。
3. 根据权利要求2所述的系统,其中,所述外科手术机器人确定所述动态参考基已经基于所述预定距离的改变而移动。
4. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述监视标记物与所述动态参考基杆的纵轴偏移。
5. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述监视标记物和所述至少一个阵列标记物各自是光学标记物,所述光学标记物被配置成由与所述外科手术机器人相关联的跟踪相机识别。
6. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述监视标记物杆和所述动态参考基杆插入单一切口中。
7. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述监视标记物杆是金属并且含有被配置成打入所述骨结构中的尖锐尖端。
8. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述监视标记物杆相对于动态参考基杆成角度地布置在所述骨结构中。
9. 根据权利要求8所述的系统,其中,所述监视标记物杆和所述动态参考杆被配置成插入单一切口中。

用于监测患者与外科手术机器人的配准的系统

技术领域

[0001] 本申请是2016年5月18日提交的第15/157,444号美国专利申请的部分继续申请,所述第15/157,444号美国专利申请是2016年4月11日提交的第15/095,883号美国专利申请(被公开为美国专利公开号2016/0220320A1)的部分继续申请,所述第15/095,883号美国专利申请是2013年10月24日提交的第14/062,707号美国专利申请(被公开为美国专利公开号2014/0275955 A1)的部分继续申请,所述第14/062,707号美国专利申请是2013年6月21日提交的第13/924,505号美国专利申请(被公开为美国专利公开号2013/0345718 A1,以及纠正公开为美国专利公开号2016/0242849 A9)的部分继续申请,所述第13/924,505号美国专利申请是非临时专利申请,所述非临时专利申请要求2012年6月21日提交的第61/662,702号美国临时专利申请的优先权并且要求2013年3月15日提交的第61/800,527号美国临时专利申请的优先权,这些申请中的所有申请的全部内容通过引用结合在此。

[0002] 本公开涉及用于机器人辅助的外科手术技术的监视标记物实施方式。

背景技术

[0003] 各种医疗手术需要对身体内的外科手术器械的三维位置进行准确定位以便产生优化的治疗。例如,一些用于融合椎骨的外科手术需要外科医生在特定位置处向骨架钻多个孔。为了实现融合系统中的高级机械完整性并且为了平衡骨架中产生的力,在正确位置钻孔是有必要的。椎骨像大多数骨架一样具有复杂形状,所述复杂形状包含使得很难准确且垂直钻孔的非平面弯曲表面。

[0004] 常规地,使用当前可用的系统和方法,外科医生通过使用引导系统将钻孔管的位置覆盖在患者的解剖结构(例如,患者的骨架)的三维图像上来手动地固持并定位钻孔导管。此手动过程是冗长的、耗时的且易于出错的。另外,外科手术是否可以被认为是成功的很大程度上取决于进行外科手术的外科医生的敏捷度。因此,需要使用机器人辅助的外科手术来更准确地定位外科手术器械并且更准确地描绘与患者的解剖结构有关的那些器械的位置。

[0005] 目前,针对外科手术的有限的机器人辅助是可用的。例如,某些系统允许用户控制机器人致动器。这些系统将外科医生的大幅度运动转换成机器人致动器的微小运动以便在进行外科手术时更准确地定位并稳固外科手术器械。尽管这些系统可以帮助消除手颤抖并且向外科医生提供通过小开口工作的改进的能力,但是像当今可商购的机器人中的许多机器人那样,这些系统是昂贵的、突兀的并且需要对与患者和用户(例如,外科医生)有关的机器人进行繁琐的设置。

[0006] 在一些机器人辅助的系统中,可以使用配准技术以便适当地跟踪与患者的目标解剖结构的2D和/或3D图像有关的外科手术器械。如在本公开的原申请(以上列出的)中之前讨论的,动态参考基(DRB)可以物理地附接到患者的骨结构。在将标记物与患者的解剖图像配准之后,DRB可以被用作参考点,以便适当地显示与患者的解剖图像有关的经导航的外科手术器械的位置。如果DRB转移或移出,则可能需要重新启动配准过程以确保适当配准从而

使得与患者的解剖图像有关的经导航的器械的视觉显示准确到器械的现实生活移动。

[0007] 判定DRB是否已经移出或移动的一种方法是通过使用监视标记物。之前已经在第13/294,505号美国专利申请中描述了对监视标记物的使用,所述申请的内容通过引用结合在此。监视标记物是单独跟踪的标记物,所述单独跟踪的标记物在除了跟踪患者位置的DRB的位置之外的位置中附接到患者。如果患者相对于跟踪相机移动,则将期望监视标记物和DRB一起移动相同量,在DRB与监视标记物之间没有相对移动。然而,监视标记物相对于DRB上的跟踪标记物的移动是对DRB可能已经意外移出指示符。

[0008] 监视标记物可能需要附加准备以及患者在将应用监视标记物的位置处的手术切口。因此,需要允许外科医生使用与用于DRB布置的切口相同的切口将监视标记物附接到患者。为了改善功能,监视标记物可能不严格与DRB接口连接。

[0009] 因此,存在对不严格与DRB接口连接同时仍然有效地检测DRB移出的监视标记物的需要。本公开通过将监视标记物附接到DRB附近的骨骼来实现这一点。例如,使监视标记物位于不接触DRB的杆上。

发明内容

[0010] 为了满足这一需求及其它需求,提供了用于在外科手术过程中检测外科手术器械的无意移动的存在的装置、系统和方法。

[0011] 根据一个示范性实施例,本公开提供了一种用于检查患者与外科手术机器人的配准的准确性的系统。所述系统包含:动态参考基,所述动态参考基包含至少一个阵列标记物;动态参考基杆,所述动态参考基杆连接到所述动态参考基;监视标记物,所述监视标记物被布置在离所述动态参考基预定距离处;以及监视标记物杆,所述监视标记物杆连接到所述监视标记物并且独立于所述动态参考基杆布置。所述监视标记物杆和所述动态参考基附接到骨结构的不同部分。

[0012] 根据另一个示范性实施例,本公开提供了一种用于患者与外科手术机器人的配准的准确性的系统。所述系统包括:动态参考基,所述动态参考基包含至少一个阵列标记物;动态参考基杆,所述动态参考基杆与所述动态参考基相关联;监视标记物,所述监视标记物被布置在离所述动态参考基预定距离处,监视标记物杆与所述监视标记物相关联;以及临时分组元件,所述临时分组元件被配置成收纳所述监视标记物杆和所述动态参考基杆。所述监视标记物杆和所述动态参考基在收纳于所述临时分组元件中时附接到骨结构的不同部分。所述临时分组元件可以被配置成在附接到所述骨结构之后从所述监视标记物杆和动态参考基杆中去除。

[0013] 根据一个进一步示范性实施例,本公开提供了一种用于监测患者与外科手术机器人的配准的系统,所述系统包括:动态参考基,所述动态参考基包含至少一个阵列标记物;动态参考基杆,所述动态参考基杆连接到所述动态参考基;以及监视标记物,所述监视标记物被布置在离所述动态参考基预定距离处,其中,所述监视标记物被配置成独立于所述动态参考基固定到所述患者上。

[0014] 优选地,所述监视标记物被配置成与所述动态参考基配准。

[0015] 优选地,所述外科手术机器人确定所述动态参考基已经基于所述预定距离的改变而移动。

- [0016] 优选地,所述监视标记物与所述动态参考基杆的纵轴偏移。
- [0017] 优选地,所述监视标记物被布置在监视标记物杆上,其中,所述监视标记物杆被布置在所述动态参考基杆的空心通道中。
- [0018] 优选地,所述监视标记物和所述至少一个阵列标记物各自是光学标记物,所述光学标记物被配置成由与所述外科手术机器人相关联的跟踪相机识别。
- [0019] 优选地,所述监视标记物杆和所述动态参考基杆插入单一切口中。
- [0020] 优选地,所述监视标记物杆是金属并且含有被配置成打入所述骨结构中的尖锐尖端。
- [0021] 优选地,所述监视标记物杆相对于动态参考基杆成角度地布置在所述骨结构中。
- [0022] 优选地,所述监视标记物杆和所述动态参考杆被配置成插入单一切口中。
- [0023] 根据另一个进一步示范性实施例,本公开提供了一种用于监测患者与外科手术机器人的配准的系统,所述系统包括:动态参考基,所述动态参考基包含至少一个阵列标记物;动态参考基杆,所述动态参考基杆与所述动态参考基相关联;监视标记物,所述监视标记物被布置在离所述动态参考基预定距离处;监视标记物杆,所述监视标记物杆与所述监视标记物相关联;以及临时分组元件,所述临时分组元件被配置成收纳所述监视标记物杆和所述动态参考基杆,其中,所述监视标记物杆和所述动态参考基在收纳于所述临时分组元件中时在不同进入点处附接到骨结构,并且其中,所述临时分组元件被配置成在附接到所述骨结构之后从所述监视标记物杆和动态参考基杆中去除。
- [0024] 优选地,所述监视标记物被配置成与所述动态参考基配准。
- [0025] 优选地,所述外科手术机器人确定所述动态参考基已经基于所述预定距离的改变而移动。
- [0026] 优选地,所述监视标记物与所述监视标记物杆的纵轴偏移。
- [0027] 优选地,所述临时分组元件被进一步配置成压紧帽,所述压紧帽用于将所述监视标记物杆和所述动态参考基杆附接到所述骨结构。
- [0028] 优选地,所述监视标记物和所述至少一个阵列标记物各自是光学标记物,所述光学标记物被配置成由与所述外科手术机器人相关联的跟踪相机识别。
- [0029] 优选地,所述监视标记物杆和所述动态参考基杆插入单一切口中。
- [0030] 优选地,所述监视标记物杆是金属并且含有被配置成打入所述骨结构中的尖锐尖端。
- [0031] 优选地,所述动态参考基杆包含用于附接到所述骨结构的一个或多个钉。
- [0032] 优选地,所述监视标记物被配置成在去除所述临时分组元件之后连接到所述监视标记物杆,并且在去除所述临时分组元件之后,所述动态参考基连接到所述动态参考基杆。

附图说明

- [0033] 本发明及其某些实施例的以下详细说明可以通过参照以下附图来理解:
- [0034] 图1是机器人系统、患者、外科医生以及在外科手术过程中的其它医疗人员的位置的可能安排的俯视图;
- [0035] 图2示出了根据一个实施例的包含对外科手术机器人以及相对于患者的相机的定位的机器人系统;

- [0036] 图3示出了根据示范性实施例的外科手术机器人系统；
- [0037] 图4示出了根据示范性实施例的外科手术机器人的一部分；
- [0038] 图5示出了根据示范性实施例的外科手术机器人的框图；
- [0039] 图6示出了根据示范性实施例的外科手术机器人；
- [0040] 图7A至图7C示出了根据示范性实施例的末端执行器；
- [0041] 图8示出了根据一个实施例的在将外科手术器械插入末端执行器的导管中之前和之后的外科手术器械和末端执行器；
- [0042] 图9A至图9C示出了根据示范性实施例的末端执行器和机器人臂的部分；
- [0043] 图10示出了根据示范性实施例的动态参考阵列、成像阵列以及其它部件；
- [0044] 图11示出了根据示范性实施例的配准的方法；
- [0045] 图12A和图12B示出了根据示范性实施例的成像装置的实施例；
- [0046] 图13A和图13B示出了根据本公开的示范性实施例的监视标记物；
- [0047] 图14A和图14B示出了根据本公开的示范性实施例的监视标记物；并且
- [0048] 图15示出了根据本公开的示范性实施例的监视标记物。

具体实施方式

[0049] 将理解的是，本公开并不将其应用局限于本文的说明书提出的或附图所示的结构细节和部件安排。本公开的教导可以在其它实施例中使用和实践并且以各种方式实践或执行。另外，将理解的是，本文中使用的用语和术语只是出于说明的目的，不应该被视为进行限制。在本文中“包含(including)”、“包括(comprising)”或“具有”及其变体的使用意在包括其后列出的项目及其等同物和附加项目。除非另有指定或限制，否则术语“安装的”、“连接的”、“支持的”和“联接的”及其变体被广泛使用，并且包括直接的和间接的安装、连接、支持和联接两者。另外，“连接的”和“联接的”不限于物理或机械连接或联接。

[0050] 呈现下面的讨论以使本领域技术人员能够做出和使用本公开的实施例。对所示出实施例的各种修改对于本领域技术人员而言都将是显而易见的，并且在不脱离本公开的实施例的情况下，本文中的原理可以被应用于其它实施例和应用。因此，实施例不旨在限于所示出的实施例，而是被赋予与本文中所公开的原理和特征一致的最宽范围。以下详细描述要参照附图来理解，其中，不同附图中同样的元件具有同样的附图标号。附图不一定按比例绘制，其描绘了所选实施例，但并不意在限制实施例的范围。本领域的技术人员将认识到本文中提供的实例具有很多可用替代实施例并且落在实施例的范围内。

[0051] 现在转到附图，图1和图2示出了根据示范性实施例的外科手术机器人系统100。外科手术机器人系统100可以包含例如外科手术机器人102、一个或多个机器人臂104、底座106、显示器110、末端执行器112(例如，包含导管114和一个或多个跟踪标记物118)。外科手术机器人系统100可以包含患者跟踪装置116，所述患者跟踪装置116还包含一个或多个跟踪标记物118，所述患者跟踪装置116被适配成直接固定到患者210(例如，患者210的骨骼)上。外科手术机器人系统100还可以使用例如定位在相机支架202上的相机200。相机支架202可以具有任何合适的配置以便在期望的位置移动、定向和支撑相机200。相机200可以包含任何合适的一个或多个相机，比如一个或多个红外相机(例如，双焦点或立体摄影测量相机)，所述相机能够识别例如从相机200的视角可见的给定测量体积中的有源和无源跟踪标

记物118。相机200可以扫描给定测量体积并且检测来自标记物118的光以便识别并确定标记物118的三维位置。例如,有源标记物118可以包含由电信号激活的发射红外线的标记物(例如,红外发光二极管(LED)),并且无源标记物118可以包含反射例如由相机200或其它合适的装置上的照明器发出的红外光的向后反射标记物(例如,所述向后反射标记物将入射IR辐射反射到入射光的方向上)。

[0052] 图1和图2示出了手术室环境下的外科手术机器人系统100的放置的可能配置。例如,机器人102可以被定位成靠近或挨着患者210。尽管描绘成靠近患者210的头部,但是将理解的是,机器人102可以被定位在靠近患者210的任何合适的位置处,这取决于患者210经历手术的部位。相机200可以与机器人系统100分离并且被定位在患者210的脚部处。此位置允许相机200具有到手术视野208的直接可视视线。此外,设想相机200可以位于具有到手术视野208的视线的任何合适的位置。在所示出的配置中,外科医生120可以定位在机器人102的对面,但是仍然能够操纵末端执行器112和显示器110。外科手术助手126可以定位在外科医生120的对面,同样能够操纵末端执行器112和显示器110两者。如果有需要,则可以逆转外科医生120和助手126的位置。麻醉师122和护士或擦洗人员124的传统区域依然不受机器人102和相机200的位置的阻碍。

[0053] 关于机器人102的其它部件,显示器110可以附接到外科手术机器人102,并且在其它示范性实施例中,显示器110可以从具有外科手术机器人102的外科手术室内或远处位置中的外科手术机器人102脱离。末端执行器112可以联接到机器人臂104并且由至少一个电动机控制。在示范性实施例中,末端执行器112可以包括导管114,所述导管114能够收纳用于对患者210执行外科手术的外科手术器械608(本文中进一步描述的)并对其进行定向。如本文中所使用的,术语“末端执行器”可与术语“末端实现器”和“实现器元件”互换地使用。尽管通常示出了带有导管114,但是将理解的是,末端执行器112可以替换为适合于在外科手术中使用的任何合适的器械。在一些实施例中,末端执行器112可以包括用于以期望的方式影响外科手术器械608移动的任何已知结构。

[0054] 外科手术机器人102能够控制末端执行器112的位移和方向。机器人102能够沿着例如x轴、y轴和z轴移动末端执行器112。末端执行器112可以被配置成围绕x轴、y轴和z轴以及Z坐标系轴中的一个或多个选择性地旋转(从而使得可以选择性地控制与末端执行器112相关联的欧拉角(例如,翻滚角、俯仰角和/或偏航角)中的一个或多个)。在一些示范性实施例中,选择性地控制末端执行器112的位移和方向可以允许以相比于利用例如仅包括旋转轴的六自由度机器人的传统机器人显著改善的准确度进行医疗手术。例如,外科手术机器人系统100可以用于对患者210进行手术,并且机器人臂104可以被定位在患者210的身体上方,末端执行器112选择性地关于z轴朝向患者210的身体成角度。

[0055] 在一些示范性实施例中,可以动态地更新外科手术器械608的位置,从而使得外科手术机器人102可以知道手术过程中的所有时间处外科手术器械608的位置。因此,在一些示范性实施例中,外科手术机器人102可以在没有来自医师的进一步辅助(除非医师如此期望)的情况下将外科手术器械608快速移动到期望的位置。在一些另外的实施例中,外科手术机器人102可以被配置成在外科手术器械608偏离所选的预先计划的轨迹时纠正外科手术器械608的路径。在一些示范性实施例中,外科手术机器人102可以被配置成允许停止、修改和/或手动控制末端执行器112和/或外科手术器械608的移动。因此,在使用中,在一些示

范性实施例中,医师或其它用户可以操作系统100并且具有停止、修改或手动控制末端执行器112和/或外科手术器械608的自主移动的选项。可以在序列号为13/924,505的共同未决的美国专利申请中发现外科手术机器人系统100的另外细节(包含由外科手术机器人102控制和移动外科手术器械608),所述专利申请通过引用以其全文结合在此。

[0056] 机器人外科手术系统100可以包括一个或多个跟踪标记物118,所述一个或多个跟踪标记物118被配置成跟踪机器人臂104、末端执行器112、患者210和/或外科手术器械608的三维移动。在示范性实施例中,多个跟踪标记物118可以安装在(或以其它方式固定在)机器人102的外表面上,如例如但不限于,在机器人102的底座106上、在机器人臂104上或者在末端执行器112上。在示范性实施例中,多个跟踪标记物118中的至少一个跟踪标记物118可以安装在或以其它方式固定在末端执行器112上。一个或多个跟踪标记物118可以进一步安装在(或以其它方式固定在)患者210上。在示范性实施例中,多个跟踪标记物118可以被定位在患者210上与手术视野208间隔开,以便降低被外科医生、外科手术工具或机器人102的其它部分遮挡的可能性。另外,一个或多个跟踪标记物118可以进一步安装在(或以其它方式固定在)外科手术工具608(例如,螺丝刀、扩张器、植入插件等等)上。因此,跟踪标记物118使被标记物体(例如,末端执行器112、患者210和外科手术工具608)中的每一个能够被机器人102跟踪。在示范性实施例中,系统100可以使用从被标记物体中的每一个处收集的跟踪信息计算例如末端执行器112、外科手术器械608(例如,被定位在末端执行器112的管114中)的方向和位置以及患者210的相对位置。

[0057] 在示范性实施例中,标记物118中的一个或多个可以是光学标记物。在一些实施例中,将一个或多个跟踪标记物118定位在末端执行器112上可以通过用来检查或验证末端执行器112的位置而使位置测量的准确度最大化。可以在序列号为13/924,505的共同未决的美国专利申请中发现外科手术机器人系统100的另外细节(包含控制、移动和跟踪外科手术机器人102和外科手术器械608),所述专利申请通过引用以其全文结合在此。

[0058] 示范性实施例包含联接到外科手术器械608的一个或多个标记物118。在示范性实施例中,例如联接到患者210和外科手术器械608的这些标记物118以及联接到机器人102的末端执行器112的标记物118可以包括常规红外发光二极管(LED)或能够使用可商购的红外光学跟踪系统(比如,Optotrak®)被跟踪的Optotrak®二极管。Optotrak®是加拿大安大略省滑铁卢的北方数字股份有限公司(Northern Digital Inc.)的注册商标。在其它实施例中,标记物118可以包括常规反射球,能够使用可商购的光学跟踪系统(比如,Polaris Spectra)跟踪所述常规反射球。Polaris Spectra也是北方数字股份有限公司的注册商标。在示范性实施例中,联接到末端执行器112的标记物118是有源标记物,所述有源标记物包括可以打开和关闭的红外发光二极管,并且联接到患者210和外科手术器械608的标记物118包括无源反射球。

[0059] 在示范性实施例中,从标记物118发射和/或由所述标记物118反射的光可以被相机200检测到并且可以用于监测被标记物体的位置和移动。在替代性实施例中,标记物118可以包括射频和/或电磁反射器或收发器,并且相机200可以包含射频和/或电磁收发器或被其代替。

[0060] 类似于外科手术机器人系统100,图3示出了符合本公开的示范性实施例的在对接配置下的外科手术机器人系统300和相机支架302。外科手术机器人系统300可以包括机器

人301,所述机器人301包含显示器304、上臂306、下臂308、末端执行器310、垂直柱312、脚轮314、机柜316、平板计算机抽屉318、连接器面板320、控制面板322、以及信息环324。相机支架302可以包括相机326。参照图5更加详细地描述这些部件。图3示出了在对接配置下的外科手术机器人系统300,在所述对接配置下,例如当未使用时相机支架302嵌套有机器人301。本领域技术人员将理解的是,在外科手术过程中,相机326和机器人301可以彼此分离并且定位在任何适当位置处,例如,如图1和图2中示出的。图4示出了符合本公开的示范性实施例的底座400。底座400可以是外科手术机器人系统300的一部分并且包括机柜316。机柜316可以容纳外科手术机器人系统300的某些部件,包括但不限于电池402、配电模块404、平台接口板模块406、计算机408、手柄412和平板计算机抽屉414。参照图5更加详细地描述这些部件之间的连接和关系。

[0061] 图5示出了外科手术机器人系统300的示范性实施例的某些部件的框图。外科手术机器人系统300可以包括平台子系统502、计算机子系统504、运动控制子系统506和跟踪子系统532。平台子系统502可以进一步包括电池402、配电模块404、平台接口板模块406和平板计算机充电站534。计算机子系统504可以进一步包括计算机408、显示器304和扬声器536。运动控制子系统506可以进一步包括驱动电路508、电动机510、512、514、516、518、稳压器520、522、524、526、末端执行器310和控制器538。跟踪子系统532可以进一步包括位置传感器540和相机转换器542。系统300还可以包括脚踏板544和平板计算机546。

[0062] 经由电源548将输入电力供应给系统300,所述电源548可以提供给配电模块404。配电模块404接收输入电力并且被配置成产生提供给系统300的其它模块、部件和子系统的不同电源电压。配电模块404可以被配置成向平台接口模块406提供不同电压源,所述电压源可以提供给其它部件,比如,计算机408、显示器304、扬声器536、用于向例如电动机512、514、516、518和末端执行器310供电的驱动器508、电动机510、环324、相机转换器542以及用于系统300的其它部件,例如,用于冷却机柜316内的电子部件的风扇。

[0063] 配电模块404还可以向其它部件(比如,可以位于平板计算机抽屉318内的平板计算机充电站534)供电。平板计算机充电站534可以与平板计算机546进行无线或有线通信以便向平板计算机546充电。平板计算机546可以由符合本公开并且在本文中描述的外科医生使用。配电模块404还可以连接到电池402,在配电模块404不接收来自输入电源548的电力的情况下,所述电池402充当临时电源。在其它时间,配电模块404可以在必要时用于向电池402充电。

[0064] 平台子系统502的其它部件还可以包含连接器面板320、控制面板322和环324。连接器面板320可以用来将不同装置和部件连接到系统300和/或相关联的部件和模块。连接器面板320可以含有一个或多个端口,所述一个或多个端口接收来自不同部件的线或连接。例如,连接器面板320可以具有可以将系统300接地至其它设备的接地端端口、用于将脚踏板544连接到系统300的端口、用于连接到跟踪子系统532的端口,所述跟踪子系统532可以包括位置传感器540、相机转换器542以及与相机支架302相关联的相机326。连接器面板320还可以包含用于允许USB、以太网(Ethernet)、HDMI与其它部件(比如,计算机408)通信的其它端口。

[0065] 控制面板322可以提供各种按钮或指示器,所述按钮或指示器控制对系统300的操作和/或提供关于系统300的信息。例如,控制面板322可以包含用于对系统300通电或断电、

升高或降低垂直柱312并且升高或降低稳定器520至526的按钮,所述稳定器520至526可以被设计成使脚轮314锁定系统300免于物理移动。其它按钮可以在紧急情况下停止系统300,这可以去除所有电动机电力并且施加机械制动以便阻止所有运动发生。控制面板322还可以具有向用户通知某些系统状况(比如,线路功率指示器或电池402的充电状态)的指示器。

[0066] 环324可以是视觉指示器,所述视觉指示器向系统300的用户通知系统300正在其下操作的不同模式以及对用户的某些警告。

[0067] 计算机子系统504包含计算机408、显示器304和扬声器536。计算机504包含用于操作系统300的操作系统和软件。计算机504可以接收并处理来自其它部件(例如,跟踪子系统532、平台子系统502和/或运动控制子系统506)的信息,以便向用户显示信息。另外,计算机子系统504还可以包含用于向用户提供音频的扬声器536。

[0068] 跟踪子系统532可以包含位置传感器504和转换器542。跟踪子系统532可以与如参照图3描述的包含相机326的相机支架302相对应。位置传感器504可以是相机326。跟踪子系统可以跟踪某些标记物的位置,所述标记物位于系统300的不同部件和/或由用户在外科手术过程中使用的器械上。可以以符合本公开的方式进行此跟踪,包含使用分别跟踪有源或无源元件(比如,LED或反射标记物)的位置的红外技术。可以将具有这些类型的标记物的结构的位置、方向和方位提供给计算机408,这些信息将在显示器304上示出给用户。例如,可以关于患者的解剖结构的三维图像将具有这些类型的标记物并以此方式(所述方式还被称为导航空间)跟踪的外科手术器械608示出给用户。运动控制子系统506可以被配置成物理地移动垂直柱312、上臂306、下臂308或旋转末端执行器310。可以通过使用一个或多个电动机510至518来进行物理移动。例如,电动机510可以被配置成垂直地升高或降低垂直柱312。电动机512可以被配置成围绕与如图3中所示出的垂直柱312的接合点横向地移动上臂308。电动机514可以被配置成围绕与如图3中所示出的上臂308的接合点横向地移动下臂308。电动机516和518可以被配置成以一个可以控制滚动并且一个可以控制倾斜的方式移动末端执行器310,由此,提供可以移动末端执行器310的多个角度。可以由控制器538实现这些移动,所述控制器538可以通过布置在末端执行器310上并且由参与负载传感器的用户激活以便以期望的方式移动系统300的这些负载传感器控制这些移动。

[0069] 此外,系统300可以通过用户在显示器304(所述显示器304可以是触摸屏输入装置)上指示外科手术器械或显示器304上的患者的解剖的三维图像上的部件的位置来提供对垂直柱312、上臂306和下臂308的自动移动。用户可以通过踩踏脚踏板544或某个其它输入装置来发起此自动移动。

[0070] 图6示出了符合示范性实施例的外科手术机器人系统600。外科手术机器人系统600可以包括末端执行器602、机器人臂604、导管606、器械608和机器人底座610。器械工具608可以附接到包含一个或多个跟踪标记物(比如,标记物118)的跟踪阵列612并且具有相关联的轨迹614。轨迹614可以表示器械工具608被配置成一旦其被定位成通过或固定在导管606中就行进的移动路径,例如,将器械工具608插入患者中的路径。在示范性操作中,机器人底座610可以被配置成与机器人臂604和末端执行器602进行电子通信,从而使得外科手术机器人系统600可以辅助用户(例如,外科医生)对患者210进行手术。外科手术机器人系统600可以符合之前描述的外科手术机器人系统100和300。

[0071] 跟踪阵列612可以安装在器械608上以便监测器械工具608的位置和方向。跟踪阵

列612可以附接到器械608并且可以包括跟踪标记物804。如最佳地在图8中所见,跟踪标记物804可以是例如发光二极管和/或其它类型的反射标记物(例如,如本文中其它地方描述的标记物118)。跟踪装置可以是与外科手术机器人系统相关联的一个或多个视线装置。作为实例,跟踪装置可以是与外科手术机器人系统100、300相关联的一个或多个相机200、326并且还可以在限定的域或与机器人臂604、机器人底座610、末端执行器602和/或患者210有关的器械608的相对方向跟踪跟踪阵列612。跟踪装置可以符合与相机支架302和跟踪子系统532连接的所描述的那些结构。

[0072] 图7A、图7B和图7C分别示出了符合示范性实施例的末端执行器602的顶视图、前视图和侧视图。末端执行器602可以包括一个或多个跟踪标记物702。跟踪标记物702可以是发光二极管或其它类型的有源和无源标记物,比如之前已经描述的跟踪标记物118。在示范性实施例中,跟踪标记物702是由电子信号激活的有源发射红外光标记物(例如,红外发光二极管(LED))。因此,跟踪标记物702可以被激活从而使得红外标记物702对相机200、326可见,或者可以被去激活从而使得红外标记物702对相机200、326不可见。因此,当标记物702是有源的时,末端执行器602可以由系统100、300、600控制,并且当标记物702被去激活时,末端执行器602可以在位置中被锁定并且不能够由系统100、300、600移动。

[0073] 标记物702可以以标记物702被一个或多个相机200、326或与外科手术机器人系统100、300、600相关联的其它跟踪装置可见的方式被布置在末端执行器602上或其中。相机200、326或其它跟踪装置可以在末端执行器602移动到不同位置和视角时通过跟随跟踪标记物702的移动来跟踪所述末端执行器602。可以在与外科手术机器人系统100、300、600相关联的显示器110、304上示出标记物702和/或末端执行器602的位置,例如,如图2中所示出的显示器110和/或如图3中所示出的显示器304。此显示器110、304可以允许用户确保末端执行器602位于与机器人臂604、机器人底座610、患者210和/或用户有关的期望位置中。

[0074] 例如,如图7A中所示出的,标记物702可以围绕末端执行器602的表面放置,从而使得放置在远离手术视野208并且面向机器人102、301和相机200、326的跟踪装置能够通过末端执行器602相对于跟踪装置100、300、600的共同方向的范围来观察至少3个标记物702。例如,标记物702以此方式的分布允许末端执行器602在末端执行器602在手术视野208中被平移和旋转时被跟踪装置监测。

[0075] 另外,在示范性实施例中,末端执行器602可以配备有红外(IR)接收器,所述红外接收器可以检测外部相机200、326何时准备好读取标记物702。根据此检测,末端执行器602可以然后照亮标记物702。由IR接收器进行的外部相机200、326准备读取标记物702的检测可以表示需要将标记物702(所述标记物702可以是发光二极管)的工作周期与外部相机200、326同步。这还可以允许机器人系统作为整体的较低功耗,由此,标记物702将仅在适当时间被照亮而不是连续被照亮。另外,在示范性实施例中,标记物702可以被断电以防止与其它导航工具(比如,不同类型的外科手术器械608)的干扰。

[0076] 图8描绘了包含跟踪阵列612和跟踪标记物804的一种类型的外科手术器械608。跟踪标记物804可以具有本文中描述的任何类型,包括但不限于发光二极管或反射球。标记物804被与外科手术机器人系统100、300、600相关联的跟踪装置监测并且可以是视线相机200、326中的一个或多个。相机200、326可以基于跟踪阵列612和标记物804的位置和方向跟踪器械608的位置。用户(比如,外科医生120)可以按以下方式定向器械608:跟踪阵列612和

标记物804被跟踪装置或相机200、326充分识别以便将器械608和标记物804显示在例如示范性外科手术机器人系统的显示器110上。

[0077] 图8中明显的是外科医生120可以将器械608放置到末端执行器602的导管606中并且调整器械608的方式。末端执行器112、310、602的空心管或导管114、606被设定大小并且被配置成容纳外科手术器械608的至少一部分。导管114、606被配置成由机器人臂104定向,从而使得外科手术器械608的插入和轨迹能够到达患者210身体内或身体上的期望解剖目标。外科手术器械608可以包含大体圆柱形器械的至少一部分。尽管螺丝刀被例示为外科手术工具608,但是将理解的是,任何合适的外科手术工具608可以由末端执行器602定位。举例来说,外科手术器械608可以包含导丝、套管、牵引器、钻头、铰刀、螺丝刀、插入工具、去除工具等中的一个或多个。尽管空心管114、606通常被示出为具有圆柱形配置,但是本领域技术人员将理解的是,导管114、606可以具有期望容纳外科手术器械608并访问外科手术部位的任何合适的形状、大小和配置。

[0078] 图9A至图9C示出了末端执行器602以及符合示范性实施例的机器人臂604的一部分。末端执行器602可以进一步包括主体1202和夹具1204。夹具1204可以包括手柄1206、球状物1208、弹簧1210和唇部1212。机器人臂604可以进一步包括凹陷1214、安装板1216、唇部1218和磁铁1220。[0072] 末端执行器602可以通过一个或多个联接器与外科手术机器人系统和机器人臂604接口连接和/或对接。例如,末端执行器602可以通过定位联接器和/或加强联接器与机器人臂604对接。通过这些联接器,末端执行器602可以与柔性且无菌屏障外的机器人臂604紧固。在示范性实施例中,定位联接器可以是磁性运动安装件,并且加强联接器可以是五杆中心夹紧连接件。

[0079] 参照定位联接器,机器人臂604可以包括可以是非磁性材料的安装板1216、一个或多个凹陷1214、唇部1218和磁铁1220。磁铁1220被安装在凹陷1214中的每一个下面。夹具1204的部分可以包括磁性材料并且被一个或多个磁铁1220吸引。通过对夹具1204和机器人臂604的磁吸引,球状物1208变得坐于对应凹陷1214中。例如,如图9B中示出的球状物1208将坐于如图9A中示出的凹陷1214中。此坐于可以被认为磁性辅助的运动联接。磁铁1220可以被配置成足够强来支撑末端执行器602的整个重量,无论末端执行器602的方向如何。定位联接器可以是唯一地约束六自由度的任何类型的运动底座。

[0080] 参照加强联接器,夹具1204的部分可以被配置成固定的接地连接,同样地夹具1204可以充当五杆连接件。关闭夹紧手柄1206可以将末端执行器602紧固到机器人臂604上,同样地,唇部1212和唇部1218以某种方式使夹具1204固定末端执行器602和机器人臂604。当关闭夹紧手柄1206时,弹簧1210可以被拉伸或加压,同时夹具1204位于锁定位置中。锁定位置可以是提供穿过中心的连接件的位置。由于穿过中心的关闭位置,所以在没有施加上到夹紧手柄1206上的力来释放夹具1204的情况下,连接件将不会打开。因此,在锁定位置中,末端执行器602可以稳健地固定到机器人臂604上。

[0081] 弹簧1210可以是承受拉力的弯曲梁。弹簧1210可以包括展现高刚度和高屈服应变的材料,比如,纯PEEK(聚醚醚酮)。末端执行器602与机器人臂604之间的连接件可以在不阻碍对两个联接器的紧固的情况下提供末端执行器602与机器人臂604之间的无菌屏障。

[0082] 加强联接器可以是具有多个弹簧构件的连接件。加强联接器可以门锁有凸轮或基于摩擦力的机构。加强联接器还可以是将支持将末端执行器102紧固到机器人臂604上的极

其强大的电磁铁。加强联接器可以是与末端执行器602和/或机器人臂604完全分离的多条套圈,所述多条套圈在末端执行器602与机器人臂604之间的接口上滑动并且使用螺旋机构、穿过中心连接件或凸轮机构紧固。

[0083] 参照图10和图11,在外科手术之前或过程中,可以进行某些配准过程以便在导航空间和图像空间两者中跟踪物体和患者210的目标解剖结构。为了进行这种配准,可以使用如图10中示出的配准系统1400。

[0084] 为了跟踪患者210的位置,患者跟踪装置116可以包含将固定到患者210的刚性解剖结构上的患者固定器械1402,并且动态参考基(DRB)1404可以牢固地附接到患者固定器械1402。例如,患者固定器械1402可以插入动态参考基1404的开口1406中。动态参考基1404可以含有对跟踪装置(比如,跟踪系统532)可见的标记物1408。这些标记物1408可以是光学标记物或反射球,比如,本文中之前讨论的跟踪标记物118。

[0085] 患者固定器械1402附接到患者210的刚性解剖结构上,并且可以在整个外科手术中保持附接。在示范性实施例中,患者固定器械1402附接到患者210的刚性区域,例如,位于远离经历外科手术的目标解剖结构的骨骼。为了跟踪目标解剖结构,动态参考基1404通过使用临时置于目标解剖结构上或附近的配准固定设备而与目标解剖结构相关联以便将动态参考基1404与目标解剖结构的位置配准。

[0086] 配准固定设备1410通过使用回转臂1412附接到患者固定器械1402。通过将患者固定器械1402插入穿过配准固定设备1410的开口1414来将回转臂1412附接到患者固定器械1402。通过例如将旋钮1416插入穿过回转臂1412的开口1418来将回转臂1412附接到配准固定设备1410。

[0087] 使用回转臂1412,配准固定设备1410可以置于目标解剖结构上并且可以使用配准固定设备1410上的跟踪标记物1420和/或基准点1422来在图像空间和导航空间中确定其位置。配准固定设备1410可以含有在导航空间中可见的许多标记物1420(例如,标记物1420可由跟踪子系统532检测)。跟踪标记物1420可以是如本文中之前描述的在红外光中可见的光学标记物。配准固定设备1410还可以含有在成像空间(例如,三维CT图像)中可见的许多基准点1422(例如,如轴承滚珠)。如参照图11更加详细描述,使用配准固定设备1410,目标解剖结构可以与动态参考基1404相关联,由此允许对导航空间中覆盖到解剖结构的图像上的物体的描述。位于远离目标解剖结构的位置处的动态参考基1404可以变成参考点,由此允许从外科手术区域去除配准固定设备1410和/或回转臂1412。

[0088] 图11提供了符合本公开的配准的示范性方法1500。方法1500开始于步骤1502,其中,可以将目标解剖结构的图形表示(或(多个)图像)输入到系统100、300、600(例如,计算机408)中。图形表示可以是患者210的目标解剖结构的三维CT或荧光扫描,所述三维CT或荧光扫描包含配准固定设备1410和基准点1420的可检测成像图案。

[0089] 在步骤1504处,在成像空间中检测并配准基准点1420的成像图案并将其存储在计算机408中。可选地,此时,在步骤1506处,配准固定设备1410的图形表示可以覆盖到目标解剖结构的图像上。

[0090] 在步骤1508处,通过识别标记物1420来检测并配准配准固定设备1410的导航图案。标记物1420可以是光学标记物,由跟踪子系统532经由位置传感器540通过红外光在导航空间中识别所述光学标记物。因此,在导航空间中配准目标解剖结构的位置、方向和其它

信息。因此,可以通过使用基准点1422在图像空间中并且通过使用标记物1420在导航空间中识别配准固定设备1410。在步骤1510处,将配准固定设备1410在图像空间中的配准转移到导航空间。例如通过使用基准点1422的成像图案相比于标记物1420的导航图案的位置的相对位置来完成此转移。

[0091] 在步骤1512处,配准固定设备1410在导航空间的配准(已经与图像空间配准)被进一步转移到附接到患者固定器械1402的动态配准阵列1404的导航空间。因此,配准固定设备1410可以被去除,并且动态参考基1404可以用于在导航和图像空间两者中跟踪目标解剖结构,因为导航空间与图像空间相关联。

[0092] 在步骤1514和1516处,导航空间可以覆盖到图像空间和具有在导航空间中可见的标记物的物体(例如,具有光学标记物804的外科手术器械608)上。可以通过外科手术器械608在目标解剖结构的图像上的图形表示来跟踪物体。

[0093] 图12A和图12B示出了可以与机器人系统100、300、600结合使用以便获取患者210的手术前、手术中、手术后和/或实时图像数据的成像装置1304。可以使用成像系统1304针对任何适当的手术对任何适当的主题进行成像。成像系统1304可以是任何成像装置,比如,成像装置1306和/或C形臂1308装置。可能期望从多个不同位置处获得患者210的x射线,而不需要对患者210的频繁手动重新定位(在x射线系统中可能需要所述重新定位)。如图12A中所示出的,成像系统1304可以采用C形臂1308的形式,所述C形臂1308包含终止于“C”形状的相反远端1312的细长C形构件。C形构件1130可以进一步包括x射线源1314和图像接受器1316。臂的C形臂1308内的空间可以为医师提供用于照料患者基本上免受来自x射线支撑结构1318的干扰的空间。如图12B中所示出的,成像系统可以包含成像装置1306,所述成像装置1306具有附接到支撑结构成像装置支撑结构1328(比如,具有轮子1332的轮式移动车1330)的台架壳体1324,所述台架壳体1324可以包围图像采集部分(未示出)。图像采集部分可以包含x射线源和/或发射部分以及x射线接收和/或图像接收部分,所述部分可以彼此大约一百八十度的布置并且安装在相对于图像采集部分的轨道的转子(未示出)上。图像采集部分可以可操作用于在图像采集期间旋转三百六十度。图像采集部分可以围绕中心点和/或轴旋转,从而允许从多个方向或多个平面采集患者210的图像数据。尽管本文中例示了某些成像系统1304,但是将理解的是,本领域技术人员之一可以选择任何合适的成像系统。

[0094] 现在参照本公开的图13A至图15,示出了符合本公开的监视标记物的示范性实施例。图13A和图13B描绘了系统2000,所述系统2000包含监视标记物2002、可以是具有阵列标记物2006的跟踪阵列的动态参考基(DRB) 2004、DRB杆2008和监视标记物杆2010。还描绘了患者的骨骼2012。在此配置下,监视标记物2002位于监视标记物杆2010上,所述监视标记物杆2010位于DRB杆2008的主轴的空心中心或通道内。监视标记物杆2010可以由硬金属组成,所述硬金属具有用于用锤敲入骨骼内的尖锐平滑的尖端或者用于钻入骨骼内的末端螺纹尖端。如果DRB 2004被凸起或移出,则具有阵列标记物2006的跟踪阵列将相对于监视标记物2002的位置移动,无论固持DRB 2004的钉多接近骨骼2012和监视标记物2002的监视杆2010的尖端。监视标记物2002所安装的杆2010位于DRB 2004所安装的钉或夹具的空心主轴内。DRB杆2008的空心主轴的壁与监视标记物杆2010之间可能存在宽松的公差。

[0095] 在图13A的示范性实施例中,随着监视标记物杆2010被DRB杆2008包围,DRB2004的移出和弯曲移动可以使DRB 2004挤压监视标记物杆2010并使所述监视标记物杆2010也移

动。然而,由于对于DRB杆2008和监视标记物杆2010而言,到骨骼2012的附接或进入点不同,所以监视标记物杆2010和DRB 2004的旋转轴可能不同,意味着监视标记物2002相对于DRB 2004的位置可能存在可检测的改变,即使这两个结构接触。如果监视标记物杆2010不接触DRB杆2008的空心轴的内壁,则监视标记物2002和跟踪标记物2006的位置的相对移动量在DRB 2004被移出时可能最大。出于更容易的可检测效果,可能有益的是监视标记物杆2010与DRB杆2010的内壁之间具有宽松的公差。还可能有益的是,至少以以下条件开始监视:监视标记物杆2010不接触DRB杆2004的空心壁,即使其将在弯曲期间最终接触。为了帮助确保在插入期间监视标记物杆2010不接触DRB杆2008的空心壁,可能有益的是,使用临时定心导向件(比如,环形块),通过所述定心导向件监视标记物杆2008被插入,并且所述定心导向件迫使监视标记物杆到空心轴的中线。在插入杆之后,导向件可以被去除,从而使得DRB杆2008的空心壁与监视标记物杆2010之间仍然存在宽松的公差。这种导向件可以用在DRB的管区域的顶部、管区域的底部或两者。

[0096] 图13B是具有与DRB杆2008的中线偏移的监视标记物2002的系统2000的另一种配置。此配置可以避免在凸起时夹紧的DRB 2004围绕轴的轴线无意地旋转。如果适当地固持DRB 2004的夹具2014未被充分地紧固并且DRB 2004被干扰(即使很轻),则这种旋转可能发生。在图13A的示范性实施例中,如果在没有DRB 2004纵向地沿着DRB杆2008的任何行进的情况下,DRB 2004围绕DRB杆2008的旋转发生,则因为监视标记物2002的位置在DRB 2004旋转移动的旋转轴上或靠近所述旋转轴,所以在旋转移出期间可能存在监视标记物2002的最小或不可检测的相对移动。在这种情况下,监视标记物2002可以与DRB杆2008的中线或纵轴偏移(例如,1cm或更多),如图13B中所示出的。在此配置下,即使DRB 2004围绕其安装轴的轻微旋转将相对于未移动的监视标记物2002可被检测,因为监视标记物2002不位于DRB 2004的旋转轴上。此配置还给出监视标记物杆2010上的远端区域或用于在钻头的卡盘将被钻入骨骼中时在所述卡盘中夹紧的区域,所述远端区域可以充当头部,从而用锤子敲击以便将其打入骨骼中。如果监视标记物2002中心地附接到杆2010,则盖帽或其它特征将被添加以便允许在不损坏监视标记物2002的表面(所述表面可以涂覆有反射涂料)的情况下将其插入。另外,在插入期间,出于更好的可见性,此配置可以允许监视标记物2002被手动旋转并定位成指向跟踪相机。

[0097] 图14A和图14B示出了包含如之前描述的一些部件的系统2100的示范性实施例。系统2100还包含临时分组元件2102。在系统2100中,监视标记物2002可以通过同一切口附接到患者中,但是不物理地连接到DRB 2004或DRB杆2008。这样进行的一种方式可以是使用临时分组元件2102来固持监视杆2010和DRB杆2008,从而使得这些部件可以作为单元插入。这些部件可以然后在如图14B中示出的去除临时分组元件2102之后变得独立。

[0098] 在图14A中,DRB杆2008和监视标记物杆2010可以在离临时分组元件2102期望的间隔处被一起固持时同时插入骨骼2012中。在已经插入DRB杆2008和监视标记物杆2010之后,可以去除临时分组元件2102,并且可以附接可以在独立的骨骼块中锚定的DRB 2004和监视标记物2002。临时分组元件2102还可以是在插入期间将由锤子敲击的压紧帽。

[0099] 图15示出了示范性实施例2200。在此配置下,可能通过患者的同一切口附接监视标记物2002,但是不物理地连接到DRB 2004。在图15中,可以使用不同插入角,监视标记物杆2010和DRB杆2008的轨迹在同一切口(未示出)内。

[0100] 如参照图13至图15描述的监视标记物2002的附接可以允许通过单一切口而不是需要多个切口对监视标记物的应用(所述应用已经被证明是有益的),所述单一切口可以引起外科手术中的更少时间以及患者的更少的不适。虽然本发明已结合详细示出和描述的优选实施例进行了公开,但其各种修改和改进对于本领域技术人员来说将变得显而易见。因此,本发明的精神和范围并不受以上实例的限制,但将以法律允许的最广泛的含义来理解。

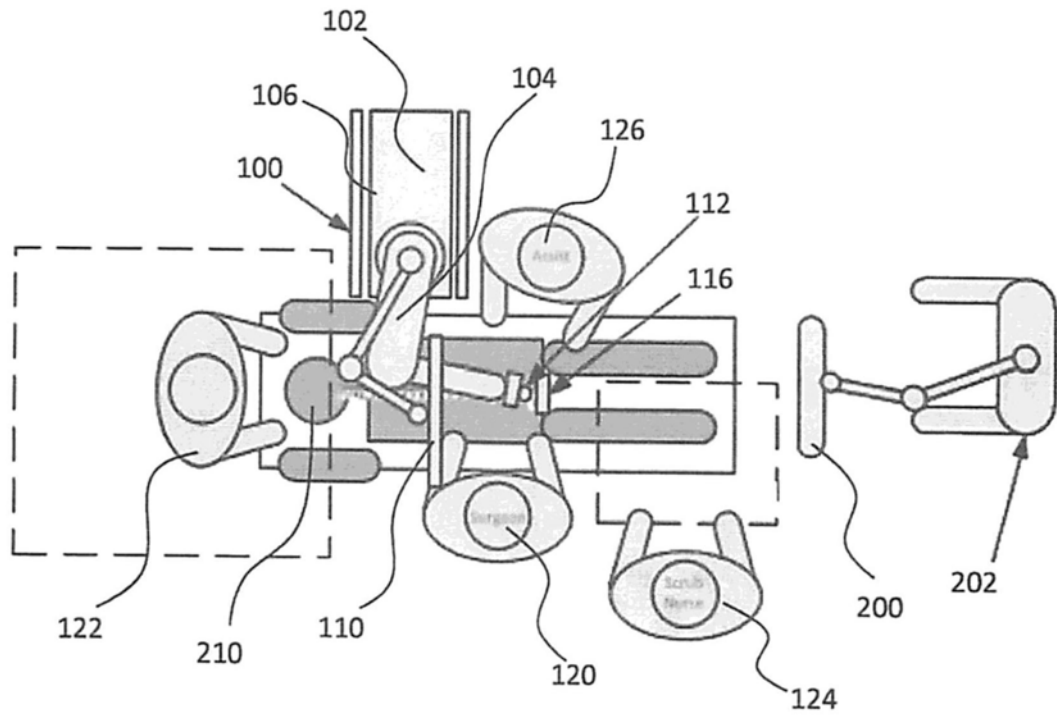


图1

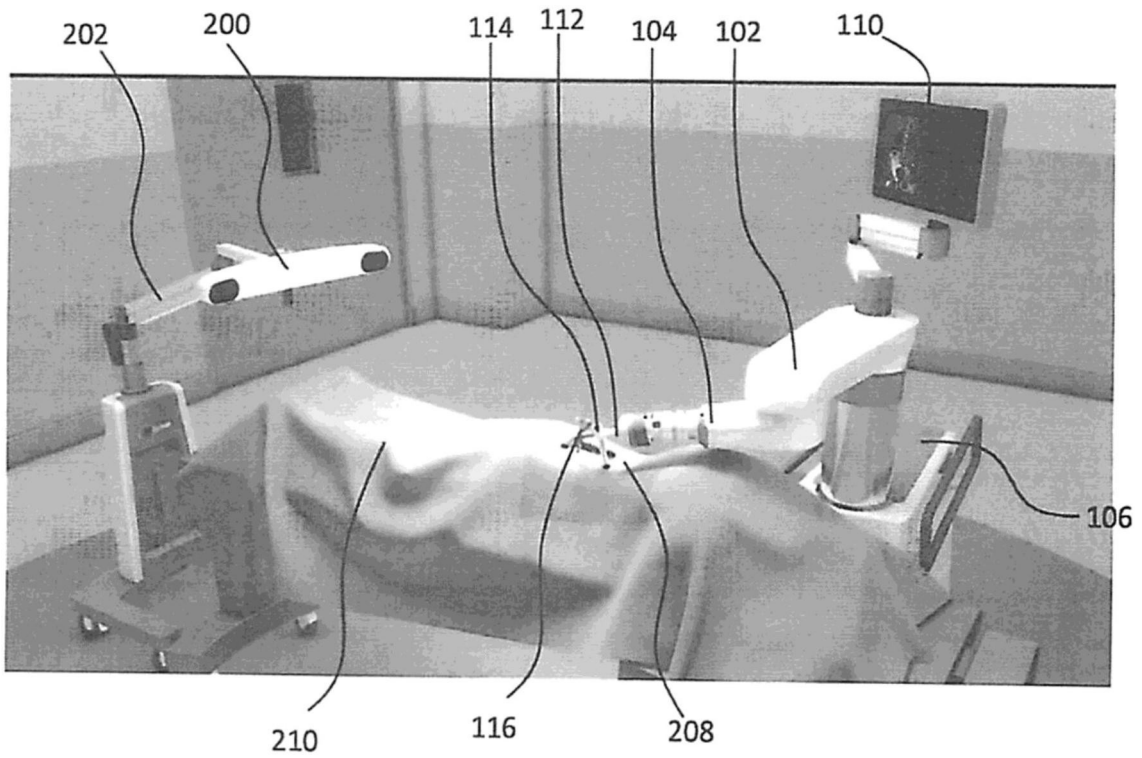


图2

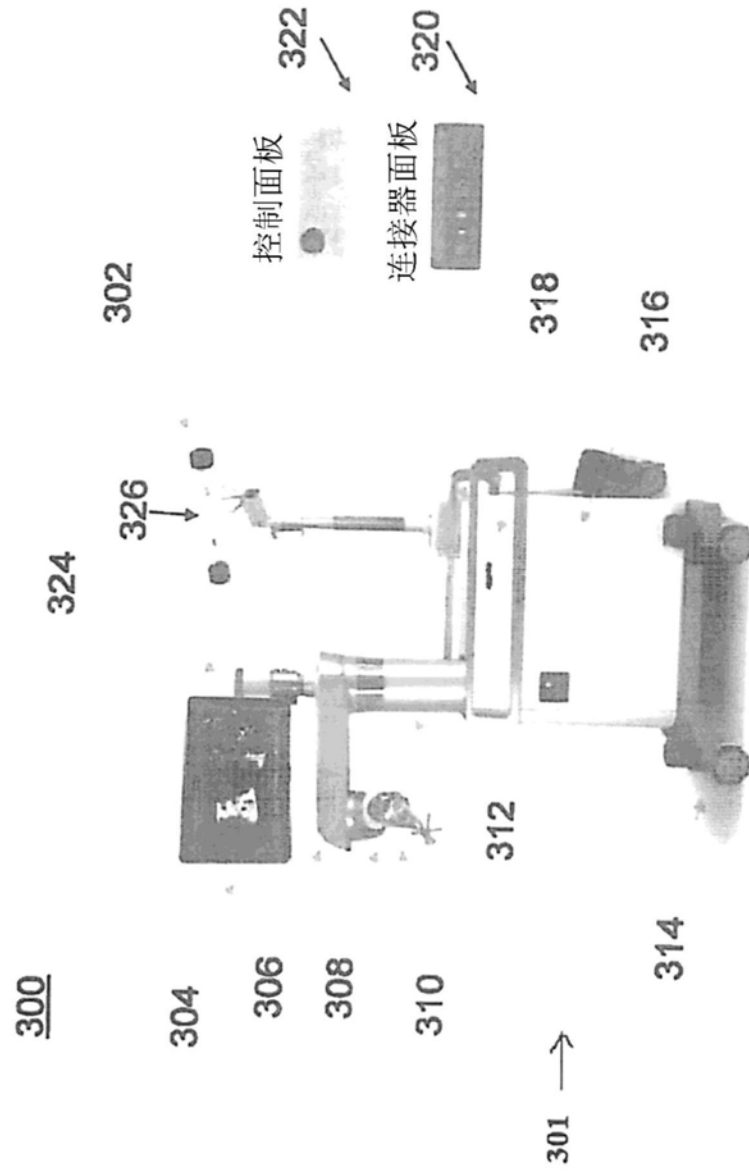


图3

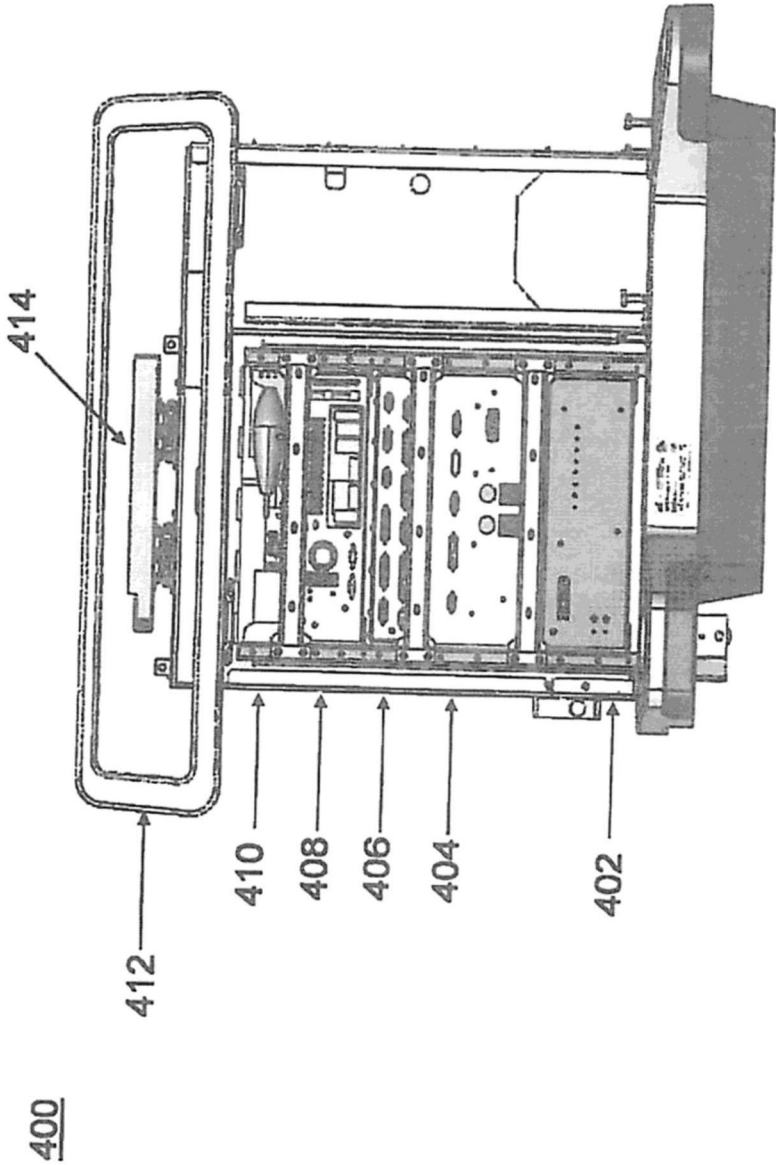


图4

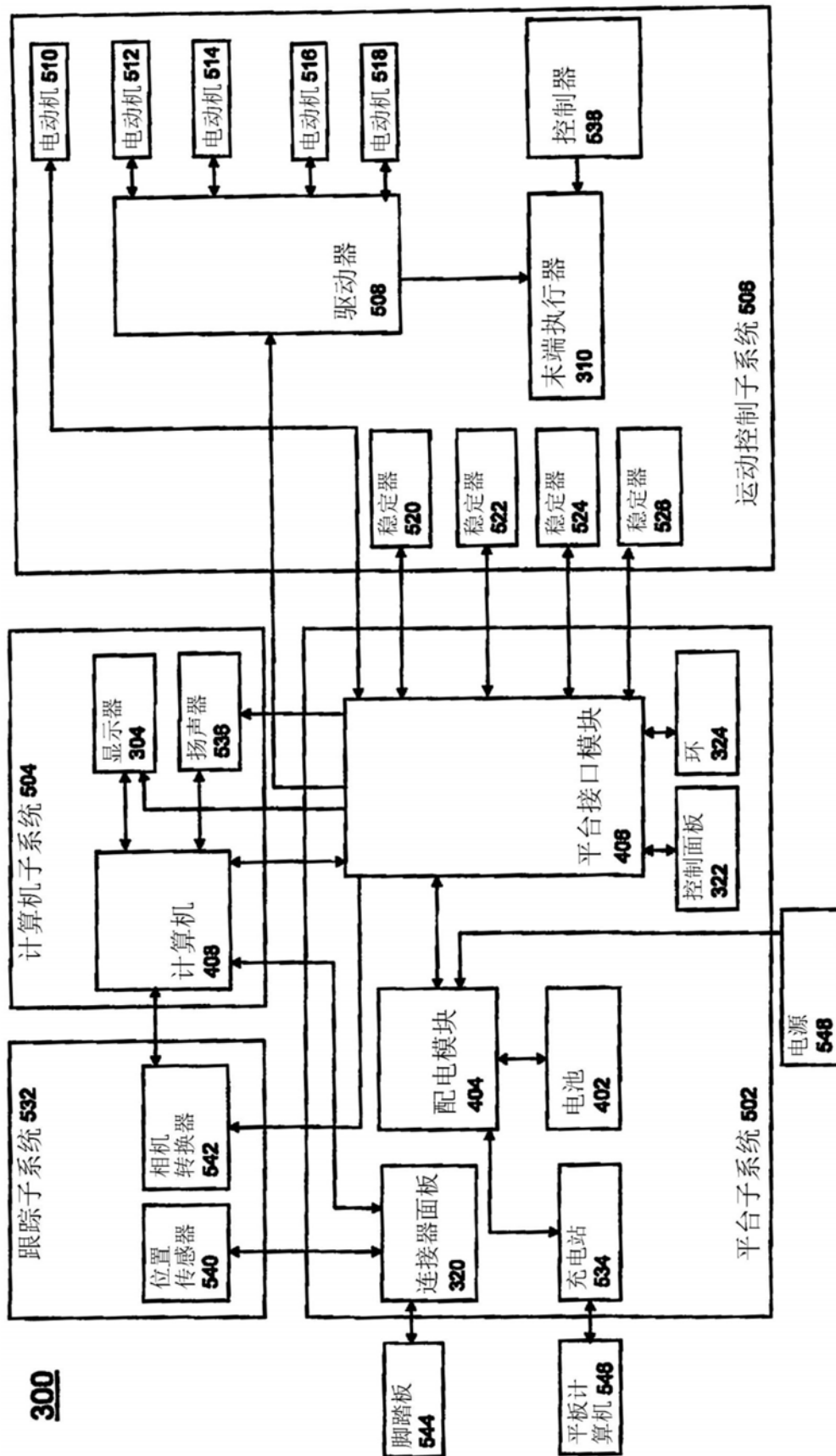


图5

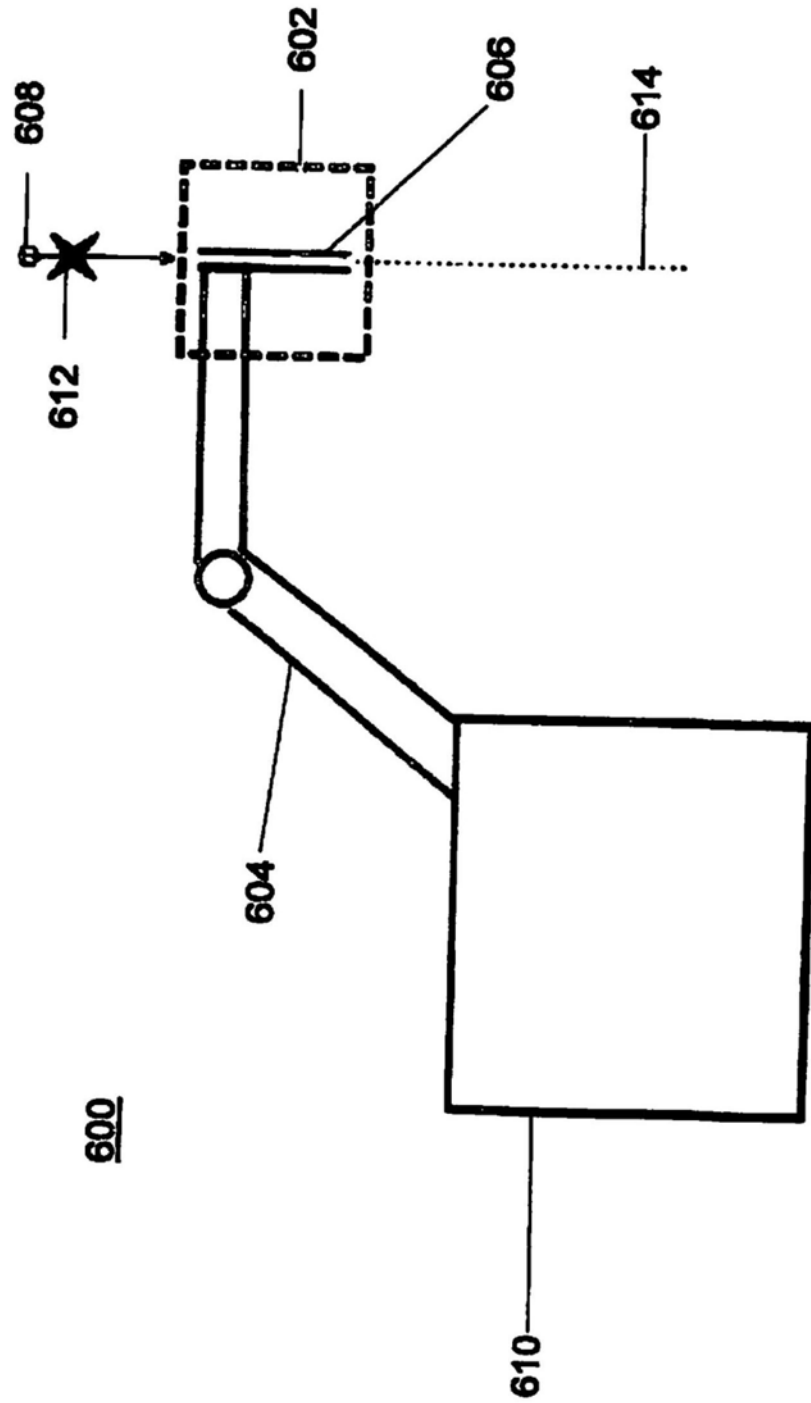


图6

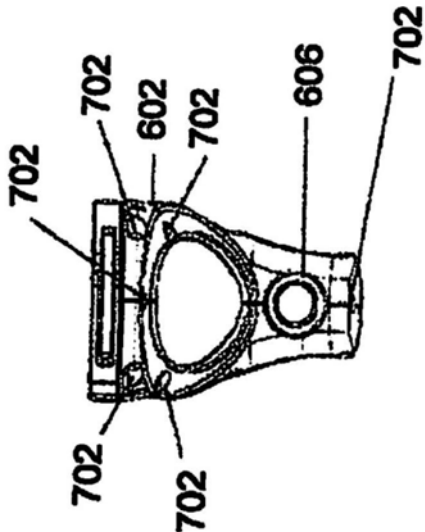


图7A

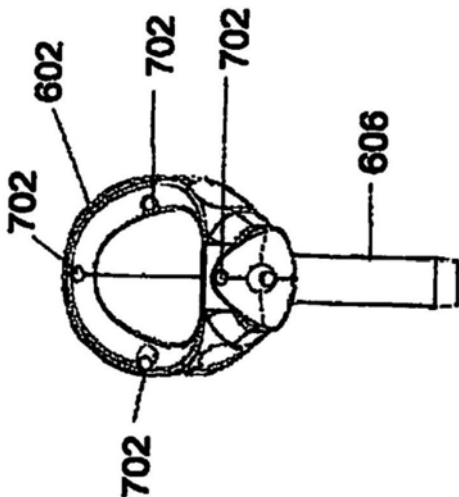


图7B

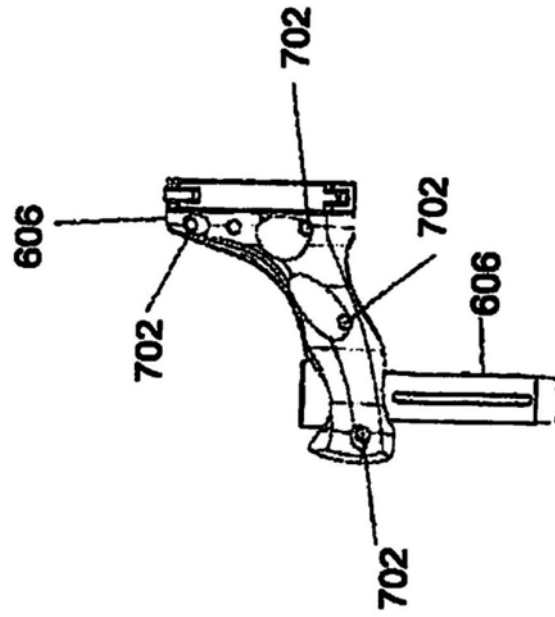


图7C

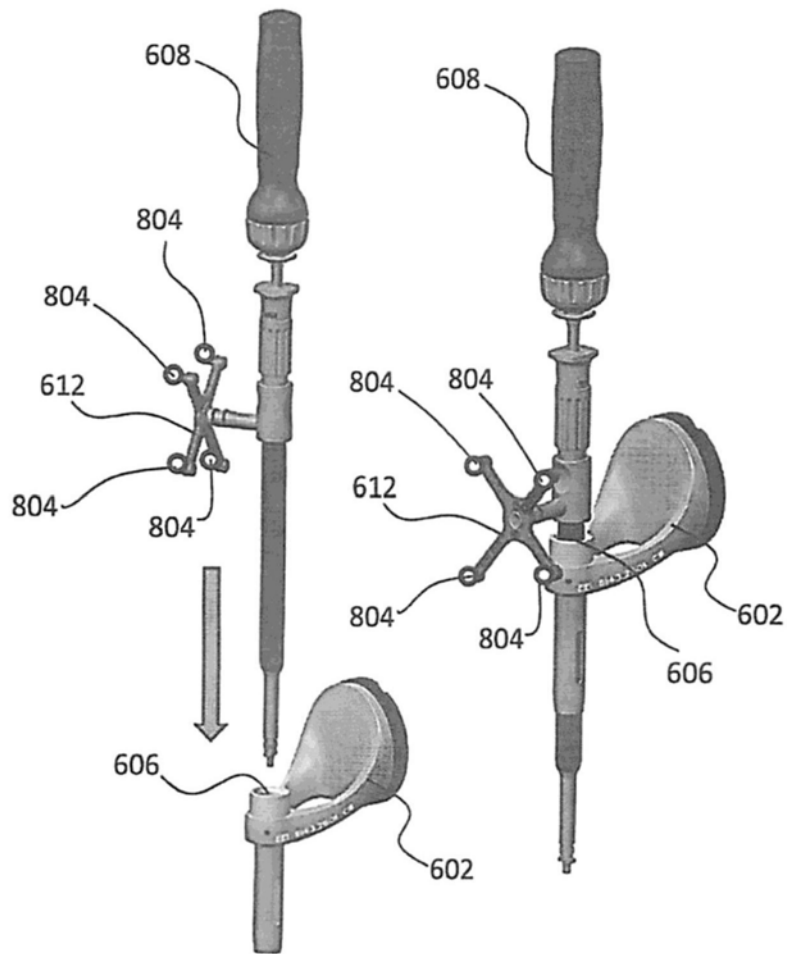
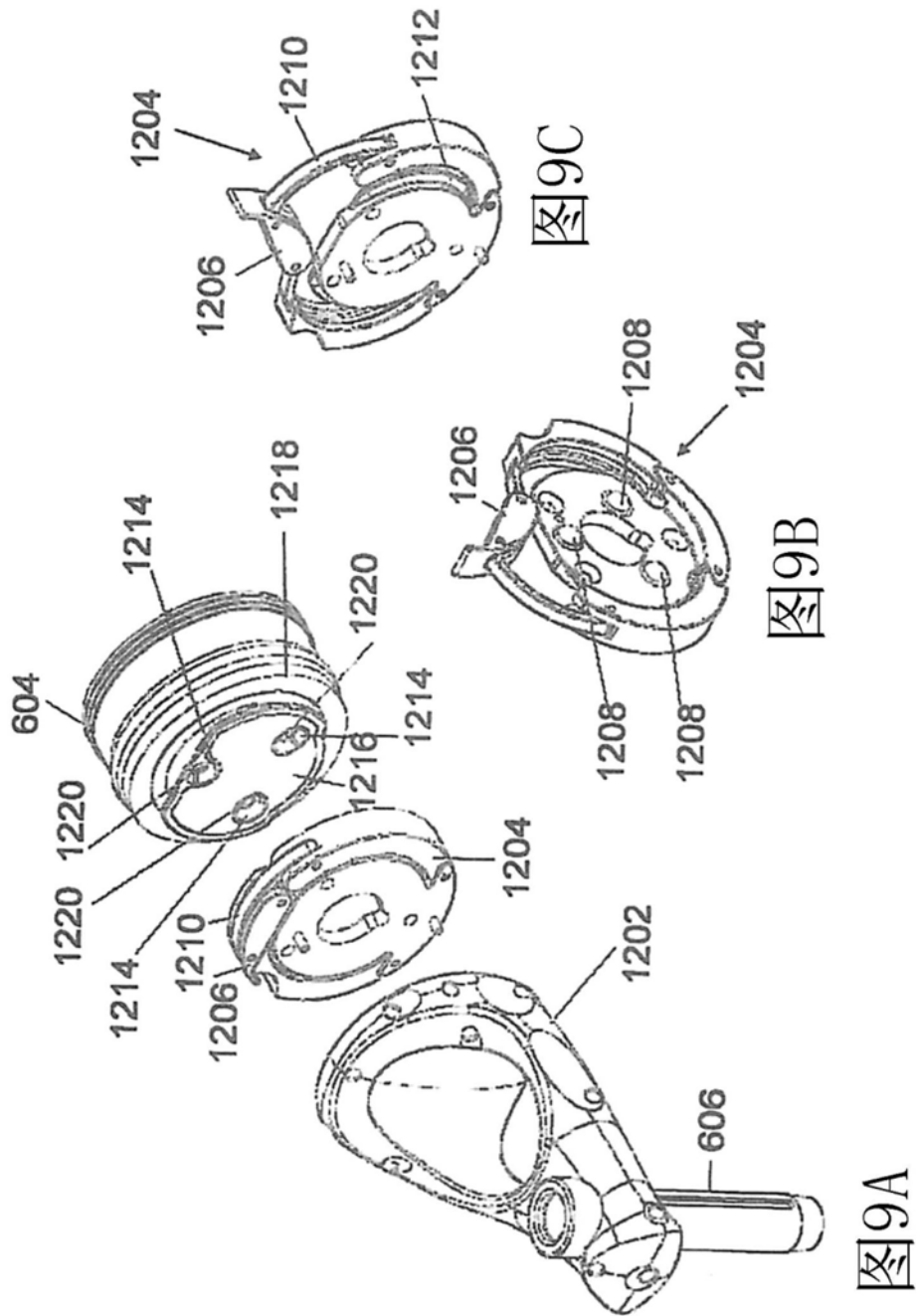


图8



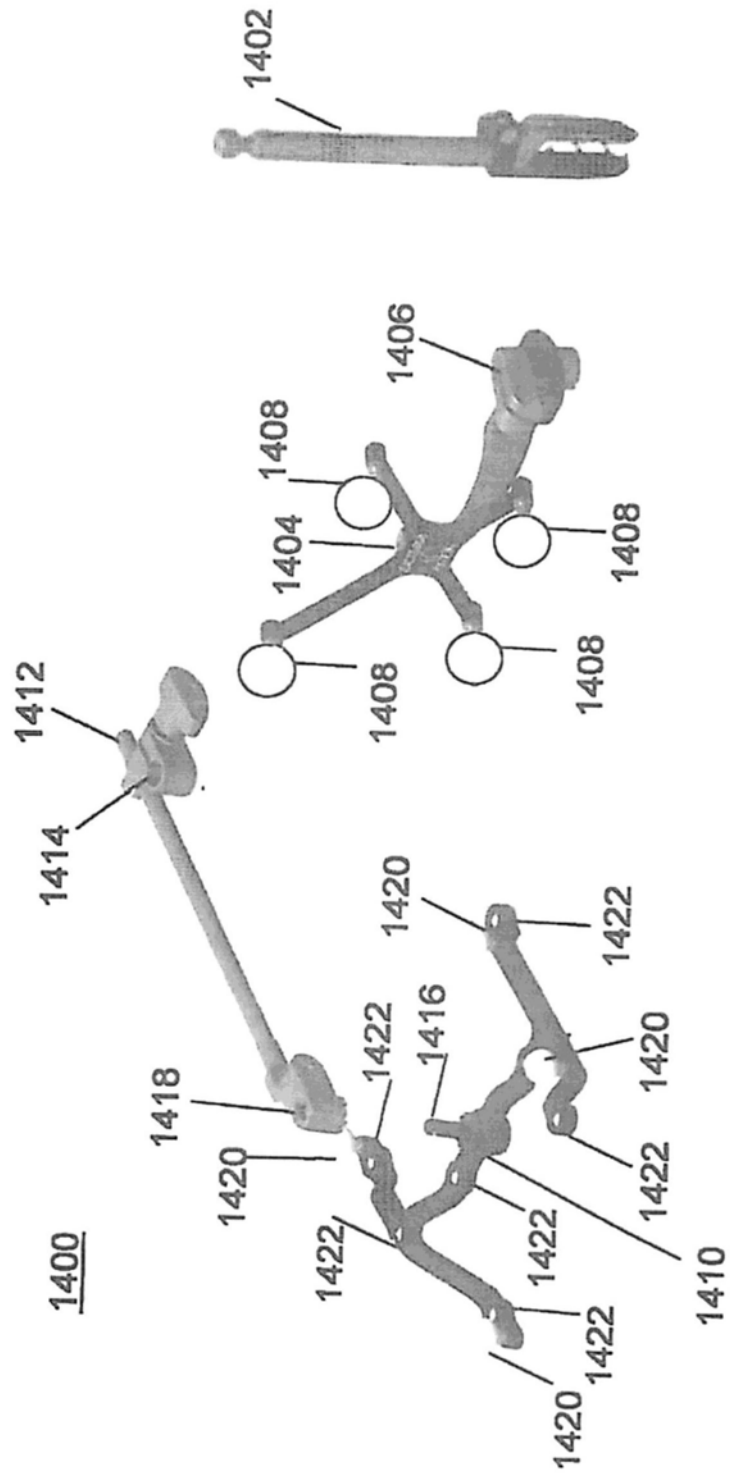


图10

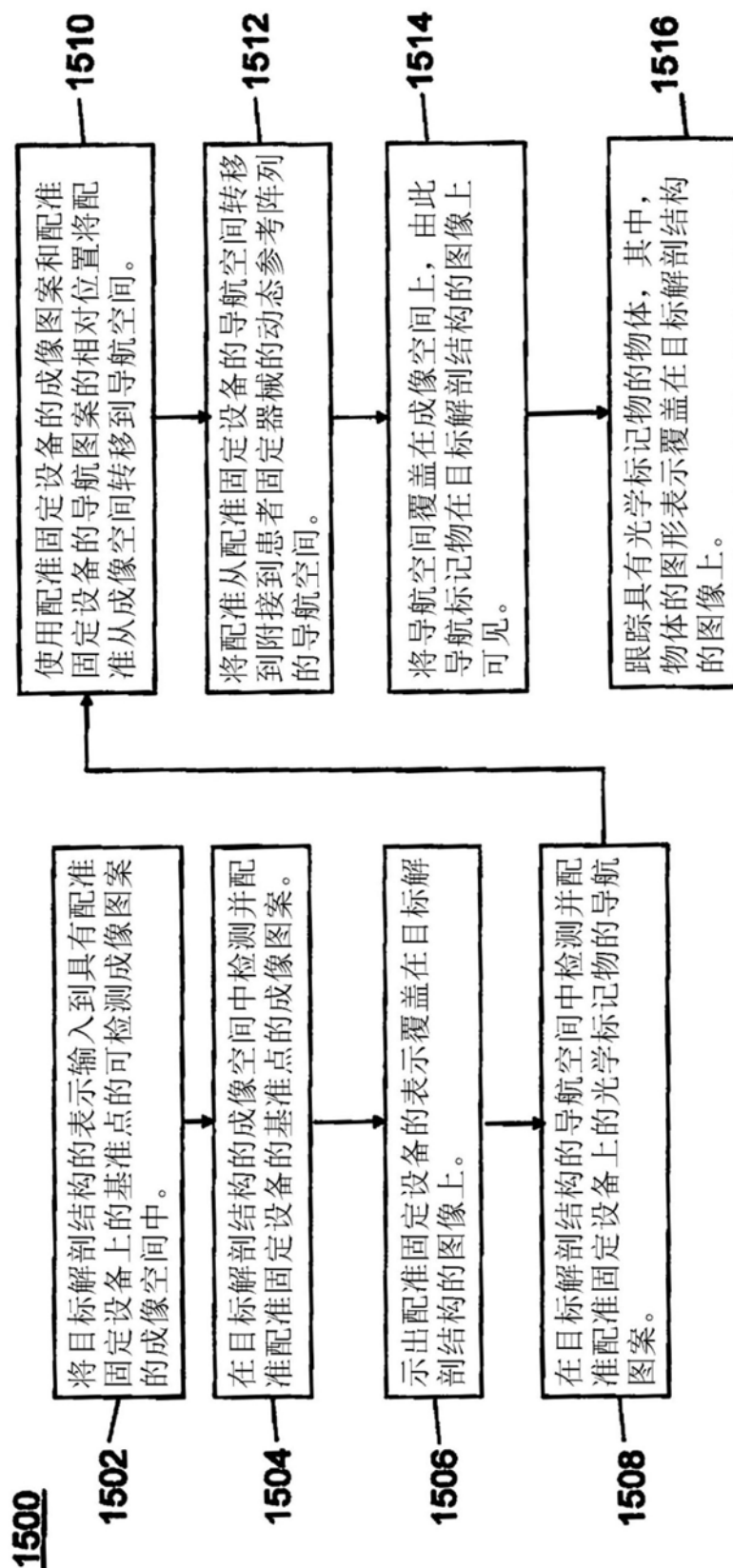


图11

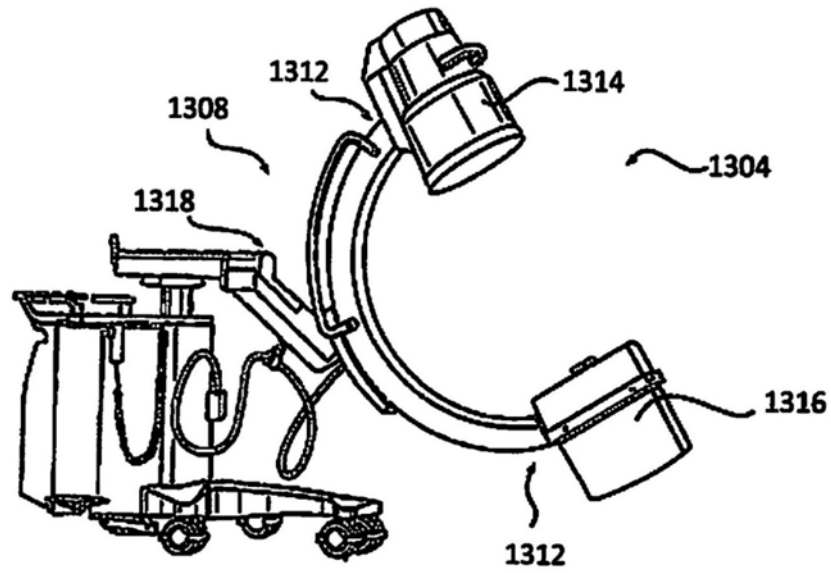


图12A

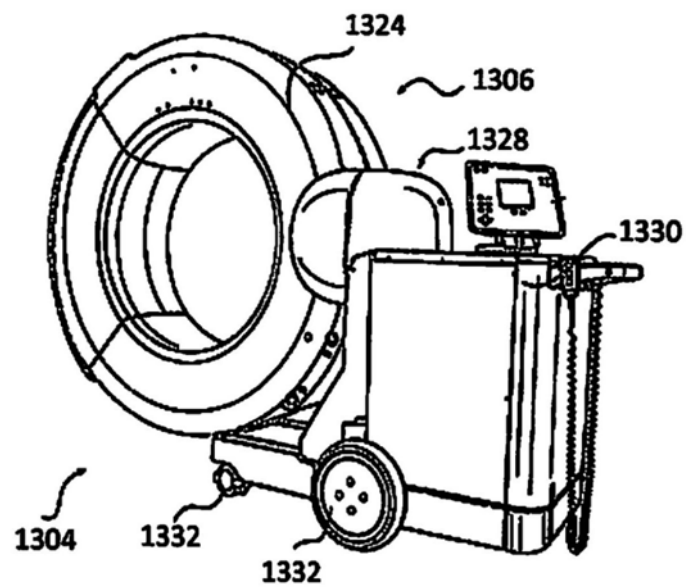


图12B

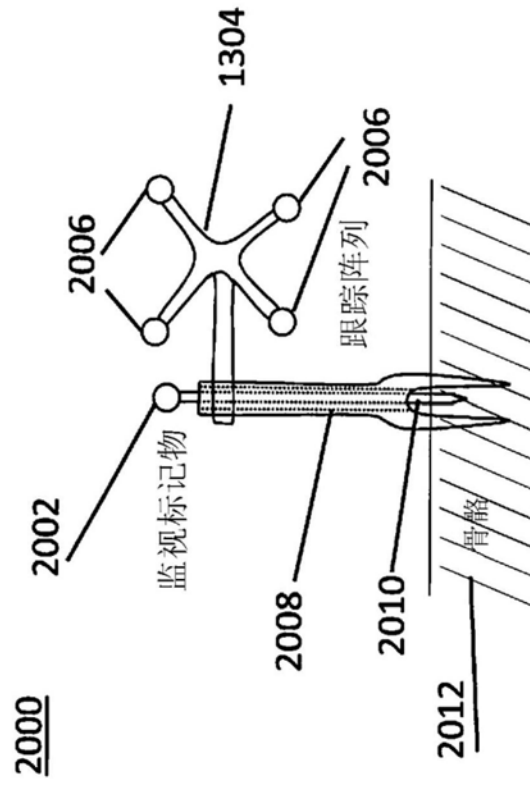


图13A

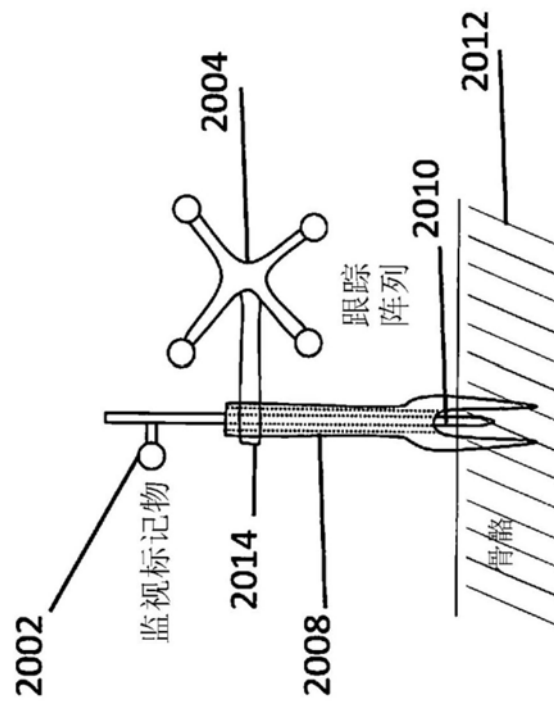


图13B

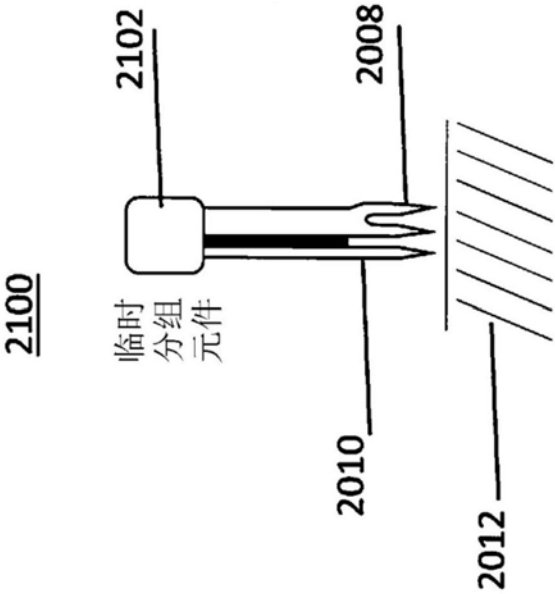


图14A

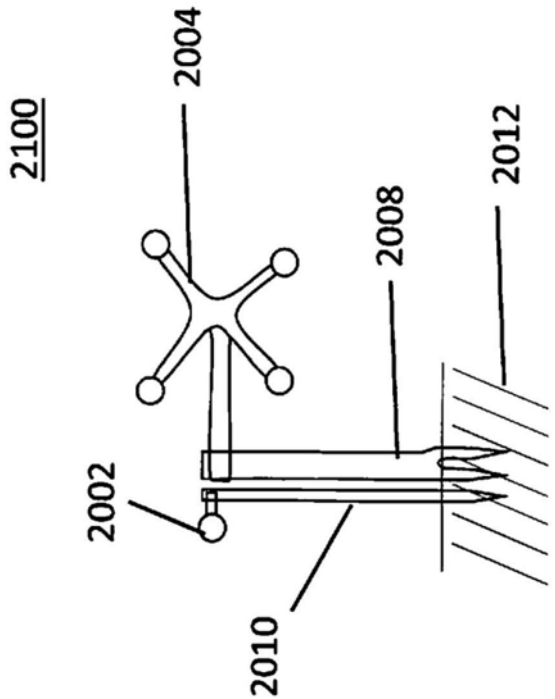


图14B

