



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105555205 B

(45)授权公告日 2019.10.22

(21)申请号 201480050066.X

(22)申请日 2014.09.11

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 105555205 A

(43)申请公布日 2016.05.04

(30)优先权数据  
61/876,992 2013.09.12 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2016.03.10

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2014/055137 2014.09.11

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02015/038740 EN 2015.03.19

(73)专利权人 直观外科手术操作公司  
地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 S·P·迪玛欧 D·Q·拉克恩  
V·多文戴姆

(74)专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245  
代理人 徐东升 李尚颖

(51)Int.Cl.  
A61B 17/00(2006.01)  
A61B 17/56(2006.01)

审查员 何乐

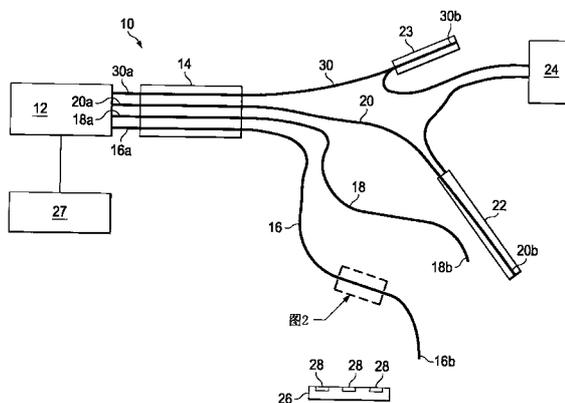
权利要求书1页 说明书12页 附图14页

## (54)发明名称

用于定位可移动目标的形状传感器系统

## (57)摘要

一种方法,其包含接收来自第一形状传感器中的第一细长光纤部段的第一形状数据。第一细长光纤部段延伸在参考固定装置和耦合到患者解剖结构的第一解剖学固定装置之间。该方法进一步包含:根据第一形状数据确定第一解剖学固定装置的姿态,以及追踪第一解剖学固定装置的姿态变化。



1. 一种用于定位可移动目标的形状传感器系统,其包含:  
第一骨固定设备;  
形状传感器参考固定装置;以及  
闭链传感器系统,其包括:  
第一光纤形状传感器设备,其被配置成耦连在所述形状传感器参考固定装置和所述第一骨固定设备之间,所述第一光纤形状传感器设备被配置成提供第一形状数据用于确定所述第一骨固定设备相对于所述形状传感器参考固定装置的姿态;  
第二光纤形状传感器设备,其被配置成耦连在所述形状传感器参考固定装置和与医疗器械耦连的器械固定装置之间,所述第二光纤形状传感器设备被配置成提供第二形状数据用于确定所述器械固定装置相对于所述形状传感器参考固定装置的第一姿态;  
第三光纤形状传感器设备,其被配置成经由第二骨固定设备耦连在所述第一骨固定设备和所述器械固定装置之间,所述第三光纤形状传感器设备被配置成提供第三形状数据用于确定所述器械固定装置相对于所述形状传感器参考固定装置的第二姿态;以及  
控制系统,其被配置成结合所述器械固定装置的所述第一姿态和所述第二姿态以确定所述器械固定装置相对于所述形状传感器参考固定装置的精确姿态。
2. 根据权利要求1所述的形状传感器系统,进一步包含手术帷帘,其中所述第一光纤形状传感器设备被集成到所述手术帷帘中。
3. 根据权利要求2所述的形状传感器系统,其中所述第一骨固定设备被集成到所述手术帷帘中。
4. 根据权利要求1所述的形状传感器系统,其中方位和取向偏移将所述第一光纤形状传感器设备和所述第二光纤形状传感器设备与所述形状传感器参考固定装置在连接器处分开。
5. 根据权利要求1所述的形状传感器系统,其中所述医疗器械是适于数字化点位置的探针。
6. 根据权利要求1所述的形状传感器系统,其中所述医疗器械包括切割设备。
7. 根据权利要求1所述的形状传感器系统,其中所述医疗器械包括消融器械。
8. 根据权利要求1所述的形状传感器系统,其中所述医疗器械包括成像器械。
9. 根据权利要求1所述的形状传感器系统,其中所述第二光纤形状传感器设备在电缆内延伸,所述电缆包括电源部件或通信部件。
10. 根据权利要求1所述的形状传感器系统,其中所述第三形状数据通过所述第一光纤形状传感器设备来传输。
11. 根据权利要求1所述的形状传感器系统,其中所述第一光纤形状传感器设备传输数据信号,所述数据信号包括器械状态、器械识别、使用计数或作用力应变信息中的至少一个。
12. 根据权利要求1所述的形状传感器系统,其中所述第一光纤形状传感器设备通过联接机构可释放地耦连到所述第一骨固定设备。

## 用于定位可移动目标的形状传感器系统

### 技术领域

[0001] 本公开涉及使用形状传感器系统追踪解剖目标和/或介入器械的系统和方法,并且更具体地涉及使用冗余的形状传感器提高形状传感器系统的准确性的系统和方法。

### 背景技术

[0002] 微创医疗技术意图减少在介入程序期间损伤的组织量,从而减少患者恢复时间、不适感和有害的副作用。为了追踪解剖目标、植入设备和/或介入器械(包括手术器械、诊断器械、治疗器械或活检器械)在患者解剖结构内的位置,微创传感器系统可以被使用。在现有系统中,电磁(EM)导航可以用于追踪介入器械、植入设备或目标在患者解剖结构内的运动。虽然EM导航系统对于许多程序是有用的,但是它们可能受到来自手术间中的其它装备的磁场干扰。例如,荧光成像系统或金属器械的C型臂可以产生与EM导航系统的磁场干扰,从而导致介入器械的追踪中的不可接受的误差。在其它现有系统中,光纤形状传感器系统可以用于追踪患者解剖结构中的介入器械的运动。光纤形状传感器系统监测在沿单个光纤的各个点处的应变以确定光纤的形状。根据单个光纤的形状,能够获得沿光纤的各个点的姿态(方位和取向)。由于误差积累,所以与得到的沿单个光纤的各个点的姿态相关的误差可以随距光纤询问器的距离而增加。需要改进的导航系统和方法以便追踪手术环境中的介入器械、植入设备和解剖目标。

### 发明内容

[0003] 本发明的实施例由随附的权利要求概括。

[0004] 在一个实施例中,一种方法包含接收来自第一形状传感器中的第一细长光纤部段的第一形状数据。该第一细长光纤部段延伸在参考固定装置(reference fixture)和耦连到患者解剖结构的第一解剖学固定装置之间。该方法进一步包含根据第一形状数据确定第一解剖学固定装置的姿态和追踪第一解剖学固定装置的姿态变化。

[0005] 在另一个实施例中,一种系统包含骨固定设备、形状传感器参考固定装置以及耦连在形状传感器参考固定装置和骨固定设备之间的光纤形状传感器设备。该光纤形状传感器被配置成提供第一形状数据用于确定骨固定设备的姿态。

[0006] 在另一个实施例中,一种系统包含骨固定设备、形状传感器参考固定装置以及耦连在形状传感器参考固定装置和骨固定设备之间的形状传感器设备。该形状传感器被配置成提供第一形状数据用于确定骨固定设备的姿态。该形状传感器设备包括多个光纤,多个光纤耦连到细长的条带材料从而以预定的空间关系维持多个光纤。

[0007] 在另一个实施例中,一种系统包含骨固定设备、形状传感器参考固定装置以及光纤形状传感器设备,光纤形状传感器设备在近端处耦连到形状传感器参考固定装置并且在远端处可拆卸地耦连到骨固定设备。该光纤形状传感器被配置成提供第一形状数据用于确定骨固定设备的姿态。该系统进一步包含用于将骨固定设备的远端可拆卸地耦连到光纤形状传感器设备的联接器。

[0008] 在另一个实施例中,一种方法包含接收来自第一形状传感器中的第一细长光纤部段的第一形状数据,该第一细长光纤部段延伸在参考固定装置和耦连到医疗器械的器械固定装置之间。该方法还包含根据第一形状数据确定器械固定装置的姿态和追踪器械固定装置的姿态变化。

[0009] 根据下面的具体实施方式,本公开的附加方面、特征和优点将变的显而易见。

### 附图说明

[0010] 当结合附图阅读时,根据下面的具体实施方式,本公开的各方面被最好地理解。特别强调,根据行业内的标准惯例,各种特征未按比例绘制。事实上,为了清晰的讨论,各种特征的尺寸可以被任意地增加或减少。此外,本公开可以在各种示例中重复参考数字和/或字母。这种重复是为了简化和清晰的目的,并且其本身并不指定讨论的各种实施例和/或配置之间的关系。

[0011] 图1是根据本公开的一个实施例的传感器系统。

[0012] 图2是图1的传感器系统的多核芯光纤部件。

[0013] 图3是图2的多核芯光纤部件的横截面视图。

[0014] 图4是根据本公开的另一个实施例的具有多个光纤传感器的传感器系统。

[0015] 图5图示说明使用图4的传感器系统的方法。

[0016] 图6是根据本公开的另一个实施例的具有按顺序链接的光纤传感器的传感器系统。

[0017] 图7是根据本公开的另一个实施例的具有多个光纤传感器的传感器系统。

[0018] 图8是根据本公开的另一个实施例的闭环传感器系统。

[0019] 图9是根据本公开的另一个实施例的并入无菌帷帘的传感器系统。

[0020] 图10是根据本公开的另一个实施例的具有多个冗余的光纤传感器的传感器系统。

[0021] 图11图示说明根据本公开的另一个实施例的条带配置中的多个冗余的光纤传感器。

[0022] 图12图示说明根据本公开的另一个实施例的条带配置中的多个冗余的光纤传感器。

[0023] 图13图示说明根据本公开的另一个实施例的集成到骨固定硬件 (bone fixation hardware) 的光纤传感器。

[0024] 图14图示说明根据本公开的另一个实施例的在骨固定硬件的联接构件处终止的光纤传感器。

[0025] 图15图示说明根据本公开的另一个实施例的在骨固定硬件的联接器处具有应变消除的光纤传感器。

[0026] 图16是根据本公开的一个实施例的机器人介入系统。

### 具体实施方式

[0027] 在本发明的各方面的以下具体实施方式中,许多具体细节被阐明,以便提供对所公开的实施例的全面理解。然而,对本领域技术人员显而易见的是,在没有这些具体细节的情况下,本公开的实施例也可以被实践。在其它情况下,熟知方法、程序、部件和电路未被详

细描述,以免不必要地模糊本发明的实施例的各方面。另外,为了避免不必要的重复描述,根据一个说明性实施例描述的一个或多个部件或动作能够被使用或省略以适用于其它说明性实施例。

[0028] 下面的实施例将根据设备在三维空间中的状态来描述各种设备和设备的各部分。如本文所使用的,术语“方位”指对象或部分对象在三维空间中(例如,沿笛卡尔X、Y、Z坐标的三个平移自由度)的位置。如本文所使用的,术语“取向”指对象或部分对象的可旋转的放置(三个旋转自由度-例如,滚动、俯仰和偏摆)。如本文所使用的,术语“姿态”指对象或部分对象在至少一个平移自由度中的方位并且指对象或部分对象在至少一个旋转自由度中的取向(多达总共六个自由度)。如本文所使用的,术语“形状”指沿细长对象测量的一组姿态、方位或取向。为了说明,本文描述的方法和系统通常在矫形手术方面来描述。然而,相同的系统和方法可以应用于在患者解剖结构的其它区域上进行的程序。

[0029] 用于微创手术程序的传统光学导航程序通常需要具有到解剖参考固定装置和工具导引参考固定装置的直接视线的大摄像机头。若干缺点可能与传统导航途径相关。例如,传统光学追踪系统需要摄像机和参考固定装置的追踪标记之间的连续视线。视线的中断能够导致 workflow 和安全问题。在关节镜手术中,例如,堆满器械和关节镜的小手术区域可能不允许视线光学追踪。传统光学追踪系统还采用必须通过一个或多个骨螺钉固定到患者的参考固定装置。这些参考固定装置可能是笨重的并且限制手术入路。本公开的方法和系统可以用作传统光学追踪系统和方法的替代或增补。通常,本公开的方法和系统涉及形状传感器系统的使用,以定位和追踪在介入程序期间的解剖目标和器械。

[0030] 参考图1,用于例如手术、诊断、治疗、活检、医疗监测或医疗评价的传感器系统总体由参考数字10指示。传感器系统10通常包括询问系统12、参考固定装置14、传感器设备16、18、20、30、介入器械22、数字化探针23、控制系统24、目标固定装置26以及传感器处理和控制系统27。在各种实施例中,传感器系统的这些部件中的一个或多个可以被省略,或者多个相同类型的部件可以被包括。如将在下面详细描述,传感器系统10可以包括冗余的传感器部件,其增加系统的形状感测和姿态确定功能的准确性。冗余的传感器部件还可以识别例如在急弯曲、高张力或显著扭曲的区域中的传感器误差的源和位置并校正那些误差。

[0031] 询问系统12产生光并检测返回的光以确定传感器设备16、18、20、30的当前形状。询问系统12还可以处理返回的数据以便显示给临床医生。这种信息转而能够用于确定其它相关变量,诸如传感器设备所连接的目标或器械的姿态、速度和加速度。传感器设备16、18分别在近端16a、18a处耦连到询问系统12。这些近端可以并置排列或可以分开已知或可测量距离和取向。通过使用已知变换,共用基础坐标系能够被使用。传感器设备16、18还分别具有远端16b、18b。传感器设备20在近端20a处耦连到询问系统12并且在远端20b处耦连到介入器械22。虽然传感器设备20被示出完全地在介入器械内或沿介入器械延伸,但是在各种替代实施例中,传感器设备可以仅部分地在介入器械内或沿介入器械延伸。介入器械22耦连到控制系统24以接收例如电力信号和通信信号。传感器设备30在近端30a处耦连到询问系统12并且在远端30b处耦连到数字化探针23。虽然传感器设备30被示出完全地在探针23内或沿探针23延伸,但是在各种替代实施例中,传感器设备可以仅部分地在探针内或沿探针延伸。数字化探针23耦连到操作的控制系统24,以接收例如电力信号和通信信号。数字化探针23可以用于识别和记录导航界标。

[0032] 传感器设备16、18、20、30中的每一个沿其在近端和远端之间的长度在中间部分处耦合到参考固定装置14。传感器设备16、18、20、30的耦合部分的姿态由参考固定装置14保持和固定。另外，传感器设备16、18、20、30的耦合部分的姿态关于彼此以已知的运动学关系被参考固定装置14维持。例如，传感器和固定装置之间的关系可以被固定，诸如传感器设备不相对于参考固定装置以任何自由度移动。可替代地，传感器和固定装置之间的关系可以是可移动的但已知的，诸如传感器相对于参考固定装置在已知范围内可移动。例如，参考固定装置可以具有带有已知旋转角度的旋转接头，但是传感器彼此和传感器与参考固定装置的相对方位仍然是已知的。参考固定装置14可以由例如刚性金属、聚合物或陶瓷材料形成，并且可以包括凹槽、管、夹钳和/或其它机械连接器，其它机械连接器接收一部分传感器设备并且使这部分传感器设备关于固定装置和关于其它耦合的传感器设备维持在固定关系。在一个示例中，参考固定装置可以由铝板形成，该铝板具有若干机械加工的紧密配合的平行凹槽，其中传感器设备可以粘合或以其它方式附接到平行凹槽。因此，在传感器设备耦合到参考固定装置14的位置处，耦合的传感器设备之间的方位和取向偏移是已知的。在各种替代实施例中，参考固定装置14可以被定位为邻近患者并与患者一起成像以在图像内提供参考基准。

[0033] 在使用中，目标固定装置26被锚固到患者解剖学的解剖结构。目标固定装置26包括用于将一个或多个传感器设备16、18的一部分固定到目标固定装置并使传感器设备的固定部分维持在预定义形状或姿态的连接器28。传感器设备可以粘合、机械保持或以其它方式附接在目标固定装置内。在一个示例中，目标固定装置可以是小铝板，该铝板具有多个紧密配合的凹槽，其中传感器设备的部分以固定的运动学关系维持在这些凹槽中。在稍后的实施例中描述目标固定装置与骨固定设备的附加配置。

[0034] 传感器设备16、18、20、30每个均可以包括具有一个或多个光核芯的单个光纤。替代地，每个传感器设备可以包括多个光纤，每个光纤具有一个或多个光核芯。如图2和图3所示，单个光纤50可以具有在包层66内的多个光核芯52、54、56、58、60、62、64。在一个实施例中，多核芯光纤具有大约 $200\mu\text{m}$ 的直径。在其它实施例中，尺寸可以更大或更小。在替代实施例中，传感器设备可以具有多于或少于七个核芯。

[0035] 单核芯或多核芯光纤中的每个核芯可以是具有分离这些核芯的包层和足够距离的单模，使得每个核芯中的光不与其它核芯中携带的光显著相互作用。每个核芯可以包括光纤布拉格光栅 (FBG) 以提供一维或多维的应变测量。用于监测光纤在三维内的形状和相对方位的不同系统和方法在以下文献中描述：2005年7月13日提交的题为“Fiber optic position and shape sensing device and method relating thereto”的美国专利申请 No.11/180,389；2004年7月16日提交的题为“Fiber-optic shape and relative position sensing”的美国临时专利申请 No.60/588,336 和 1998年6月17日提交的题为“Optical Fibre Bend Sensor”的美国专利 No.6,389,187，上述文献通过参考以其整体并入本文。在其它替代方案中，采用其它应变感测技术（诸如，瑞利散射、拉曼散射、布里渊散射和荧光散射）的传感器可以是合适的。

[0036] 在一些实施例中，FBG的阵列被提供在每个核芯内。每个FBG包含核芯的折射率/指数 (refractive index) 的一系列调制，以便产生折光率/指数 (refractive index) 的空间周期性。间隔可以被选择，使得由于每次指数变化产生的部分反射对于窄带波长来说相干

地增加,并且因而仅反射该窄带波长,而通过更宽的频带。在FBG的制造期间,调制被间隔已知距离,从而引起已知频带波长的反射。然而,当光纤核芯上引起应变时,调制的间隔将根据核芯中的应变而变化。可替代地,随光纤的弯曲而改变的反向散射或其它光学现象能够用于确定每个核芯内的应变。

[0037] 因此,为了测量应变,沿着光纤核芯发射光,并且测量返回的光的特性。在该实施例中,询问器12产生并且接收每个核芯的返回的光。在替代实施例中,多于一个询问器可以被使用。FBG产生反射波长,反射波长是光纤上的应变和其温度的函数。这种FBG技术可从多种渠道(诸如英格兰Bracknell的Smart Fibres Ltd.)商业获得。2006年7月20日提交的公开“Robotic Surgery System Including Position Sensors Using Fiber Bragg Gratings”的美国专利No.7,930,065描述了在机器人手术的方位传感器中使用FBG技术,上述专利通过参考以其整体并入本文。

[0038] 当应用于多核芯光纤时,光纤的弯曲引起核芯上的应变,该应变能够通过监测每个核芯中的波长漂移(wavelength shift)而被测量。由于两个或多个核芯在光纤中离轴设置,光纤的弯曲引起每个核芯上的不同应变。这些应变是光纤的局部弯曲度的函数。例如,如果包含FBG的核芯的区域位于光纤被弯曲的点处,则这些包含FBG的核芯的区域能够用于确定在那些点处的弯曲量。这些数据与FBG区域的已知间隔相结合能够用于重建光纤的形状。根据传感器设备的形状,传感器设备的远端16b、18b、20b、30b或其它轴向部分的方位和取向可以被确定。

[0039] 再次参考图1,传感器处理和控制系统27包括至少一个处理器(未示出),通常为多个处理器,用于处理从询问系统12接收的信息。系统27包括实施本文描述的一些或全部方法的程序化指令。虽然系统27在图1的简化示意图中被示为单个框,但是该系统可以包含多个数据处理电路,其中一部分处理可选地在不同位置处被执行。多种集中式或分布式数据处理架构中的任一种可以被采用。类似地,程序化指令可以被实施为多个独立程序或子例程,或它们可以被集成到本文描述的机器人系统的多个其它方面。

[0040] 图4图示说明根据本公开的一个实施例的传感器系统10的配置500。在该实施例中,三个传感器设备附连到共用参考固定装置并延伸到不同工具或解剖位置。如将描述的,测量的传感器设备的形状用于确定每个传感器设备的远端的方位和取向。然后,每个传感器设备的远端之间的相对位置能够被确定和追踪。为了说明,通常在对患者腿的矫形手术方面描述本文描述的系统和方法。然而,相同的系统和方法可以应用于在患者解剖结构的其它区域上进行的程序。在这种配置中,传感器设备16、18、20的近端16a、18a、20a相应地连接到询问系统12。传感器设备16、18、20通过参考固定装置14被保持在固定或已知的运动学姿态。在参考固定装置处的传感器设备16、18、20之间的方位和取向偏移可以被测量。传感器设备16的远端16b在患者股骨40上的位置处被固定到目标固定装置32a。传感器设备18的远端18b在患者胫骨42上的位置处被固定到目标固定装置32b。传感器设备20的远端20b通过目标固定装置32c耦连到器械22的手持件。器械22可以是例如骨准备工具,诸如钻(burr)、锥(drill)、锯、刮刀或其它骨磨磋器械。在其它各种实施例中,器械22可以是例如组织切割器械、组织消融器械(例如,使用激光、射频(RF)、微波、等离子体或超声能量)、组织接近器械、组织活检或采样器械、组织阻抗测量器械、组织成像器械或治疗器械。目标固定装置32a、32b、32c分别使传感器设备16、18、20的远端关于目标固定装置保持在固定的运

动学姿态。

[0041] 图5图示说明使用配置500中的系统10追踪运动中的解剖目标和器械目标的相对位置的方法550。在552处,提供配置500中的系统10。在554处,获得参考固定装置14处的传感器设备16的已知或固定姿态。在556处,询问传感器设备16,以确定参考固定装置14和目标固定装置32a之间的传感器设备的形状。更具体地,FBG应变测量用于确定局部弯曲测量,该局部弯曲测量限定在沿光纤长度的特定位置处的光纤中的弯曲。该系列局部弯曲测量被整合(integrate)以确定沿光纤的形状。在558处,使用确定的传感器设备16形状,获得目标固定装置32a处(相对于基础坐标系14)的传感器设备16的姿态。例如,在传感器设备通过参考固定装置14保持在固定姿态的情况下,传感器设备的合形状可以被累积地应用于参考固定装置处的固定姿态,以确定目标固定装置32a处的传感器设备的姿态。更详细地,形状感测验证在传感器设备的离散区段处的形状的估计。由所有离散形状估计而产生的变换被整合(integrate)以获得端点姿态:

$$[0042] \quad {}^{base}T_{tip} = {}^{base}T_1 \cdot \prod_{i=1}^n {}^iT_{i+1} \cdot {}^nT_{tip}$$

[0043] 其中 ${}^{base}T_{tip}$ 是形状传感器的基准(例如,在参考固定装置14处固定的坐标系)和远侧尖端之间的齐次变换。 ${}^iT_{i+1}$ 是由在长度区段*i*处的传感器估计的局部形状变换。关于计算变换矩阵( ${}^iT_{i+1}$ )的进一步的信息在2008年6月30日提交的题为“Fiber Optic Shape Sensor”的美国专利7,720,322中公开,上述专利通过参考以其整体并入本文。校准过程可以被额外地执行以校正参考固定装置14和在询问系统12处的传感器设备16的近端16a之间的已知偏移。

[0044] 因此,目标固定装置处的传感器设备16的姿态可以在参考固定装置14的参考系中被确定。使用类似技术,目标固定装置32b处的传感器设备18的姿态和目标固定装置32c处的传感器设备20的姿态关于参考固定装置14被确定。

[0045] 在560处,当目标固定装置相对于参考固定装置移动时,目标固定装置32a、32b和32c的相对位置可以被追踪。例如,在处置病人的程序期间,腿可以放在可移动承载器44中。当承载器44在各种离散或非离散方位之间移动时,股骨40和胫骨42移动。当骨移动时,附连的目标固定装置和传感器设备也移动,并且目标固定装置的方位由传感器设备16、18追踪。当器械22移动以处置患者的腿时,目标固定装置32c由传感器设备20移动和追踪。因此,器械关于股骨和胫骨上的目标固定装置的相对位置可以被追踪。

[0046] 图6图示说明根据本公开的一个实施例的传感器系统600。在该实施例中,按顺序链接的形状传感器设备可以减少由多个独立可移动的形状传感器设备引起的手术区域的任何干扰。在传感器系统600的配置中,传感器设备602包括区段604、606、608。区段604包括在参考固定装置14和固定到患者的股骨的目标固定装置32a之间延伸的至少一个光纤。区段606包括在目标固定装置32a和固定到患者的胫骨的目标固定装置32b之间延伸的至少一个单独的光纤。区段608包括在目标固定装置32b和附接到手术器械22的手持件的目标固定装置32c之间延伸的至少一个单独的光纤。区段604中的光纤的远端点可以与区段606中的光纤的近端点并置排列。可替代地,区段604中的光纤的远端点可以以已知距离和取向与区段606中的光纤的近端点分离。例如,端点之间可以存在固定的已知机械几何,端点的位置可以相对于彼此或相对于参考系被追踪或测量。在端点之间具有已知关系的情况下,端

点之间的变换可以被串接。

[0047] 在一个实施例中,微型询问器可以被耦连到目标固定装置32a和32b。主询问器12可以询问形状传感器604以确定目标固定装置32a的姿态。目标固定装置32a处的微型询问器可以询问形状传感器606以确定传感器606的形状和目标固定装置32b关于目标固定装置32a的姿态。关于区段606的形状和目标固定装置32b的姿态的数据可以例如在专用通信光纤或多核芯光纤的选定核芯上作为电信号通过区段604传送到控制系统27或无线地传送到控制系统27。关于区段604和606的形状信息可以被结合以确定目标固定装置32b相对于参考固定装置14的姿态。目标固定装置32b处的微型询问器可以询问形状传感器608,以确定传感器608的形状和目标固定装置32c关于目标固定装置32b的姿态。关于区段608的形状和目标固定装置32c的姿态的数据可以例如在专用通信光纤或多核芯光纤的选定核芯上作为电信号通过区段604、606传送到控制系统27或无线地传送到控制系统27。关于区段604、606、608的形状信息可以被结合以确定目标固定装置32c相对于参考固定装置14的姿态。固定装置32c的姿态通过计算固定装置32c、固定装置32b、固定装置32a和参考固定装置14之间的变换而被确定。例如,在确定传感器608的形状和固定装置32c在固定装置32b的参考系中的姿态之后,固定装置32c的姿态(基于传感器606的形状)被变换到固定装置32a的参考系中。然后,固定装置32c在固定装置32a的参考系中的姿态(基于传感器604的形状)被变换到参考固定装置14的参考系中。

[0048] 可替代地,目标固定装置32a、32b处的每个微型询问器可以配备有无线通信设备以将形状数据无线地传输至控制系统27。在又一替代方案中,微型询问器可以被省略,并且形状传感器设备602的区段可以通过光学耦合器来耦连,该光学耦合器允许连接件两端的询问。随着患者腿在手术程序期间移动,传感器系统600追踪目标固定装置32a、32b、32c的相对方位。传感器系统600的配置可以减少衰减损失,因为相比于(具有大体沿着其整体长度的光栅的)较长的各个形状传感器延伸在参考固定装置和各个目标固定装置之间的实施例,系统中存在整体较少的FBG。

[0049] 在各种替代实施例中,光纤的任何区段还可以携带非形状相关的数据。例如,光纤还可以携带关于设备状态(例如,通电、断电、闲置)的信号传输信息、器械或目标识别信息以及(例如,器械、传感器设备和/或目标固定装置的)使用计数。非形状相关的数据可以例如在多核芯光纤的专用核芯上传输,或可以与形状相关的数据多路复用以经由共用核芯传输。光纤还可以传输来自接收外力的光纤区段的应变信息。例如,来自器械手持件上的挠曲元件的应变信息可以经由光纤被传输并用于估计施加到挠曲元件的线性力或扭矩。关于使用光学应变感测测量由用户施加到器械或由器械施加到患者组织的力或扭矩的进一步信息在2006年9月29日提交的题为“Force and Torque Sensing For Surgical Instruments”的美国专利申请No.11/537,241和2007年9月29日提交的题为“Force Sensing for Surgical Instruments”的美国专利No.8,375,808中公开,上述文献通过参考以其整体并入本文。

[0050] 在各种替代实施例中,传感器设备和目标固定装置可以在单次使用之后任意处理/丢弃。在进一步的替代实施例中,传感器设备的光纤可以并入器械(诸如钻、锥、锯或其它动力的或网络化的器械)的现有电力或通信电缆。

[0051] 图7图示说明根据本公开的实施例的传感器系统650。在传感器系统650的配置中,

链接的传感器设备652包括交错区段654、656、658。区段654包括在参考固定装置14、目标固定装置32a、目标固定装置32b和目标固定装置32c之间延伸的至少一个光纤。光栅可以仅沿目标固定装置32b和32c之间的区段654的部分延伸。当区段654由询问器12询问时,仅关于固定装置32b和32c之间的区段654的部分的形状信息被返回。相比于在光栅沿区段654的整个长度延伸时应预期的衰减损失,FBG的这种受限使用可以减少衰减损失。非光栅光纤经历相对低的信号损失。区段656包括在参考固定装置14、目标固定装置32a和目标固定装置32b之间延伸的至少一个光纤。光栅可以仅沿目标固定装置32a和32b之间的区段656的部分延伸。当区段656由询问器12询问时,仅关于固定装置32a和32b之间的区段656部分的形状信息被返回。区段658包括在参考固定装置14和目标固定装置32a之间延伸的至少一个光纤。光栅可以沿参考固定装置14和目标固定装置32a之间的区段656的长度延伸。当区段658由询问器12询问时,仅关于参考固定装置14和目标固定装置32a之间的区段658的部分的形状信息被返回。来自区段658和656的形状信息与来自区段654的形状信息被结合,以确定目标固定装置32c的姿态。来自区段658和656的形状信息被结合,以确定目标固定装置32b的姿态。来自区段658的形状信息提供目标固定装置32a的姿态信息。随着患者腿在手术程序期间移动,传感器系统650追踪目标固定装置32a、32b、32c的相对方位。

[0052] 图8图示说明根据本公开的实施例的传感器系统700。在该闭链实施例中,冗余的传感器设备与链接的形状传感器设备702一起使用以减少测量误差。在传感器系统700的配置中,传感器设备702包括区段704、706、708。区段704、706、708的形状和目标固定装置32a、32b、32c的姿态可以如上针对系统600和650所述那样被确定。在该实施例中,传感器设备710延伸在参考固定装置14和目标固定装置32a之间。传感器设备712延伸在参考固定装置14和目标固定装置32c之间。通过使用先前描述的技术,传感器设备710被询问以确定传感器形状和目标固定装置32a的姿态。由冗余的传感器设备710确定的目标固定装置32a的确定姿态可以被求平均或以其它方式与由传感器区段704确定的目标固定装置32a的姿态结合。因此,冗余的传感器设备710可以用于提高目标固定装置32a的确定姿态的准确性。传感器设备712被询问以确定传感器形状和目标固定装置32c的姿态。由冗余的传感器设备712确定的目标固定装置32c的确定姿态可以被求平均或以其它方式与由传感器区段704、706、708的累积确定的目标固定装置32a的姿态结合。因此,冗余的传感器设备712可以用于提高目标固定装置32c的确定姿态的准确性或检测光纤中的误差或断裂。冗余的传感器设备还可以提供对系统可操作性的检查,因为闭链应当测量返回到参考固定装置14的变换。

[0053] 任何上述传感器系统可以被集成到无菌帷帘以减少与延伸到手术区域内的独立的传感器设备相关联的任何干扰。图9图示说明集成到无菌手术帷帘720的传感器系统600。在该实施例中,传感器区段604、606被系到、嵌入或以其它方式附连到沿传感器区段的长度的手术帷帘720,使得传感器区段随帷帘移动。延伸到器械的区段608可以部分地附连到手术帷帘720或可以独立于帷帘可移动。帷帘720可以用目标固定装置32a、32b的区域中的粘合材料而粘附到腿。可替代地,帷帘720可以通过直接连接到目标固定装置32a、32b而保持在适当位置。

[0054] 图10图示说明根据本公开的实施例的传感器系统750。在该实施例中,三个冗余的传感器设备752、754、756被附连到共用参考固定装置14并延伸到不同工具或解剖位置。每个传感器设备包括多个(在该实施例中为三个)光纤形状传感器。光纤形状传感器可以是单

核芯或多核芯。传感器设备752延伸在参考固定装置14和目标固定装置32a之间。传感器设备752的形状传感器中的每一个可以被询问以确定传感器形状和目标固定装置32a的估计姿态。确定形状和/或目标固定装置32a的估计姿态可以被求平均或以其它方式结合,以确定传感器设备752形状和目标固定装置32a的姿态的精确估计。传感器设备754延伸在参考固定装置14和目标固定装置32b之间,并且类似方法用于确定目标固定装置32b的精确姿态。传感器设备756延伸在参考固定装置14和目标固定装置32c之间,并且类似方法用于确定目标固定装置32c的精确姿态。包含该实施例的传感器设备的光纤形状传感器可以以具有光纤之间的已知空间关系的条带配置装配。通常,条带配置的传感器设备之间较大的分离有助于改进的滚动测量和因此改进的姿态测量。

[0055] 图11图示说明包括可以是单核芯或多核芯光纤的三个光纤762、764、766的条带配置760的一个实施例。光纤762、764、766附接到条带支撑材料768,条带支撑材料768可以由聚合物、金属、天然光纤或包括附加光纤的其它柔性材料形成。在该实施例中,条带材料可以是细长的且通常为平坦的。光纤762、764、766被固定到条带材料768,其中在光纤之间维持恒定的线性间隔S1。在各种实施例中,在不同对的邻近光纤之间的间隔可以变化,但是条带维持邻近光纤之间的选择间隔。光纤762、764、766可以被嵌入条带中或可以通过粘合剂、机械连接器或其它已知连接系统附接到条带材料768。图12图示说明条带配置770的另一个实施例,条带配置770包括附接到以管状形式布置的条带材料778的三个光纤772、774、776。在该实施例中,光纤被固定到条带材料的内表面,其中恒定的径向间隔S2维持在光纤之间。在替代实施例中,光纤可以被固定到条带材料的外表面,其中恒定的间隔在光纤之间。

[0056] 图13图示说明集成到骨固定硬件782的光纤传感器设备780。传感器设备780可以基本类似于先前描述的传感器设备中的任一个。在该实施例中,骨固定设备是骨螺钉,但是在各种替代实施例中,骨固定硬件可以是骨夹、骨板、钉、销、U型钉或用于耦合到骨的其它机械连接器。在先前实施例的任一个中,骨固定硬件782可以被用作目标固定装置。在该实施例中,传感器设备780永久地耦合到骨固定硬件,使得传感器设备可以仅当骨固定硬件被移除时从患者解剖结构被移除。

[0057] 图14图示说明附连到联接机构792的光纤传感器设备790。骨固定硬件794装配有联接机构796,联接机构796可拆卸地连接到联接机构792。当彼此连接时,联接机构792、796将传感器设备790的远端791相对于骨固定硬件794维持在固定姿态。联接机构792、796可以使用包括夹子、夹钳、扭锁、螺纹连接件、磁连接件或卡接配合连接件的任何已知联接系统连接到彼此。联接机构792、796可以是可拆卸的以允许骨固定硬件变得与传感器设备790分离。通过使用该实施例的联接机构,目标固定装置和传感器设备可以快速地连接和分离。

[0058] 图15图示说明使用应变消除设备804耦合到骨固定硬件802的光纤传感器设备800。应变消除设备804阻止在到骨固定硬件802的连接件处传感器设备800的急光纤弯曲或其它高张力配置。应变消除设备804可以是有或没有孔的柔性塑料或橡胶套、线圈、环或其它已知柔性互连设备。

[0059] 所描述的传感器系统配置中的任一个可以用于辅助医疗介入程序,包括计算机辅助系统。计算机辅助系统可以包括遥控介入系统,诸如机器人介入系统。参考附图的图16,用于例如手术、诊断、治疗或活检程序的遥控介入系统总体由参考数字400指示。如图1所示,遥控介入系统400通常包括安装到手术台0或在手术台0附近安装的机器人组件402,其

中患者P被定位在手术台0上。介入器械系统404操作地耦连到机器人组件402。操作者输入系统406允许外科医生S观察手术部位并控制介入器械系统404的操作。

[0060] 操作者输入系统406可以位于外科医生的控制台处,控制台通常与手术台0位于相同的房间中。然而,应当理解,外科医生S能够位于与患者P不同的房间或完全不同的建筑物中。操作者输入系统406通常包括用于控制介入器械系统404的一个或多个控制设备。(多个)控制设备可以包括任何数量的多种输入设备,诸如手柄、操纵杆、追踪球、数据手套、触发枪、手操作控制器、声音识别设备、触摸屏、身体运动或存在传感器等。在一些实施例中,(多个)控制设备将提供有与机器人组件的介入器械相同的自由度,以便为外科医生提供远程呈现或(多个)控制设备与器械一体使得外科医生具有直接控制器械的强烈感觉的感知。在其它实施例中,(多个)控制设备可以具有比相关联的介入器械更多或更少的自由度并且仍然为外科医生提供远程呈现。在一些实施例中,(多个)控制设备是手动输入设备,其以六个自由度移动并且还可以包括用于致动器械(例如,用于闭合抓握夹具、将电势应用于电极、递送药物治疗等)的可致动把手。

[0061] 机器人组件402支持介入器械系统404并且可以包含一个或多个非伺服控制链路(例如,可以手动地定位或锁定就位的一个或多个链路,通常被称为设置结构)的运动学结构和机器人操纵器。机器人组件402包括驱动介入器械404上的输入的多个致动器(例如,马达)。这些马达响应于来自控制系统(例如,控制系统12)的命令而主动地移动。马达包括驱动系统,当驱动系统耦连到介入器械404时,驱动系统可以使介入器械前进到自然或手术产生的解剖孔内和/或可以以多个自由度移动介入器械的远端,该多个自由度可以包括三个线性运动度(例如,沿X、Y、Z笛卡尔轴线的线性运动)和三个旋转运动度(例如,围绕X、Y、Z笛卡尔轴线的旋转)。此外,马达能够用于致动器械的可铰接末端执行器,以便在活检设备等的夹具中抓握组织。

[0062] 机器人介入系统400还包括传感器系统408,传感器系统408具有用于接收关于机器人组件的器械的信息的一个或多个子系统。传感器系统408可以包括例如上述配置中的任一个的形状传感器设备10。传感器子系统还可以包括电磁(EM)方位传感器系统和/或用于从器械的远端捕获图像的可视化系统。

[0063] 机器人介入系统400还包括用于显示由传感器系统408的子系统产生的手术部位和介入器械404的图像的显示系统410。显示器410和操作者输入系统406可以被定向,使得操作者能够控制介入器械系统404和操作者输入系统406,好像观察基本上真实存在的工作空间。真实存在意味着显示的组织图像呈现给操作者,好像操作者物理上出现在图像位置处并从图像的视角直接观察组织。

[0064] 可替代地或此外,显示系统410可以使用成像技术呈现手术前记录和/或建模的手术部位的图像,成像技术诸如计算机断层摄影术(CT)、磁共振成像(MRI)、荧光检查、温度记录法、超声、光学相干断层摄影术(OCT)、热成像、阻抗成像、激光成像、纳米管X射线成像等。所呈现的手术前图像可以包括二维、三维或四维(包括例如基于时间或基于速度的信息)图像和模型。

[0065] 在一些实施例中,显示系统410可以显示虚拟可视化图像,其中介入器械的实际位置与手术前图像或同步图像配准(例如,动态地参考),以便为外科医生呈现手术器械的尖端位置处的内部手术部位的虚拟图像。

[0066] 在其它实施例中,显示系统410可以显示虚拟可视化图像,其中介入器械的实际位置与先前图像(包括手术前记录的图像)或同步图像配准,以便为外科医生呈现手术部位处的介入器械的虚拟图像。介入器械404的一部分的图像可以被叠加在虚拟图像上以辅助外科医生控制介入器械。

[0067] 机器人介入系统400还包括控制系统412。控制系统412包括至少一个处理器(未示出),通常为多个处理器,用于实现介入器械系统404、操作者输入系统406、传感器系统408和显示系统410之间的控制。控制系统412可以包括共用计算机部件,包括逻辑单元(诸如算术或逻辑加法器)以及一个或多个存储器设备。控制系统412还包括实施本文描述的方法中的一些或全部的程序化指令(例如,计算机可读介质存储的指令)。

[0068] 虽然控制系统412在图1的简化示意图中被示为单个框,但是该系统可以包含多个数据处理电路,其中一部分处理可选地在机器人组件402上或邻近机器人组件402被执行,一部分处理在操作者输入系统406处被执行,以此类推。控制系统24以及传感器处理和控制系统27可以是控制系统的部件。多种集中式或分布式数据处理架构中的任一种可以被采用。类似地,程序化指令可以被实施为多个独立程序或子例程,或者它们可以被集成到本文描述的机器人系统的多个其它方面。在一个实施例中,控制系统412支持无线通信协议,诸如蓝牙、IrDA(红外数据通讯)、家庭射频、IEEE 802.11、DECT(数位加强式无线通讯系统)和无线遥测。

[0069] 在一些实施例中,控制系统412可以包括一个或多个伺服控制器,以向操作者输入系统406的一个或多个相应伺服马达提供来自介入器械系统404的力和扭矩反馈。(多个)伺服控制器还可以传输指导机器人组件402移动介入器械404的信号,该介入器械404经由身体中的开口延伸到患者体内的内部手术部位。任何合适的常规或专用伺服控制器可以被使用。伺服控制器可以与机器人组件402分离或成一体。在一些实施例中,伺服控制器和机器人组件被提供作为邻近患者身体定位的机器人臂推车的一部分。

[0070] 控制系统412可以进一步包括向介入器械404提供导航辅助的虚拟可视化系统。使用虚拟可视化系统的虚拟导航基于参考与解剖通道的三维结构相关联的采集的数据组。更具体地,虚拟可视化系统处理使用成像技术记录和/或建模的手术部位的图像,成像技术诸如,计算机断层摄影术(CT)、磁共振成像(MRI)、荧光检查、温度记录法、超声、光学相干断层摄影术(OCT)、热成像、阻抗成像、激光成像、纳米管X射线成像、数字化探针采集等。软件用于将记录的图像转换为部分或整个解剖器官或解剖区域的二维或三维模型。模型描述通道的各种位置和形状及其连通性。用于产生模型的图像可以在临床程序期间在手术前或在手术中被记录。在替代实施例中,虚拟可视化系统可以使用标准模型(即,不是患者专有的模型)或标准模型和患者专有数据的混合。

[0071] 在虚拟导航程序期间,传感器系统408可以用于计算器械关于患者解剖结构的近似位置。该位置能够用于产生患者解剖结构的宏观水平的追踪图像和患者解剖结构的虚拟内部图像两者。使用光纤传感器以与手术前记录的手术图像一起配准和显示介入性实施的各种系统(诸如来自虚拟可视化系统的那些)是已知的。例如,2011年5月13日提交的题为“Medical System Providing Dynamic Registration of a Model of an Anatomical Structure for Image-Guided Surgery”的美国专利申请No.13/107,562公开了一种此类系统,上述专利申请通过参考以其整体并入本文。

[0072] 机器人介入系统400可以进一步包括可选操作和支持系统(未示出),诸如照明系统、转向控制系统、冲洗系统和/或抽吸系统。在替代实施例中,机器人系统可以包括多于一个机器人组件和/或多于一个操作者输入系统。操纵器组件的实际数量将取决于手术程序和手术室内的空间限制等其它因素。操作者输入系统可以并置排列或它们可以被定位在分离的位置中。多个操作者输入系统允许多于一个操作者控制各种组合的一个或多个操纵器组件。

[0073] 本发明的实施例中的一个或多个元件可以在软件中被实施以在计算机系统(诸如控制系统412)的处理器上执行。当在软件中实施时,本发明的实施例的元件本质上是执行必要的任务的代码段。程序或代码段能够存储在处理器可读存储介质或设备中,并且可能已经通过包含在传输介质或通信链路上的载波中的计算机数据信号的方式被下载。处理器可读存储设备可以包括能够存储信息的任何介质,包括光学介质、半导体介质和磁介质。处理器可读存储设备示例包括电子电路、半导体设备、半导体存储器设备、只读存储器(ROM)、闪存存储器、可擦可编程只读存储器(EPR0M)、软盘、CD-ROM、光盘、硬盘或其它存储设备。代码段可以经由计算机网络(诸如因特网、内联网等)被下载。

[0074] 注意,所呈现的过程和显示可以不与任何特定计算机或其它装置固有地相关。多种这些系统所需要的结构将在权利要求中作为元素出现。此外,本发明的实施例并未参考任何特定程序化语言被描述。应当认识到,多种程序化语言可以用于实施如本文描述的发明的教导。

[0075] 虽然本发明的特定示例性实施例已经在附图中描述和示出,但是应当理解,此类实施例仅是说明性的并未限制本发明的范围,并且本发明的实施例不限于所示出和描述的具体构造和布置,因为本领域技术人员可以想到各种其它修改。

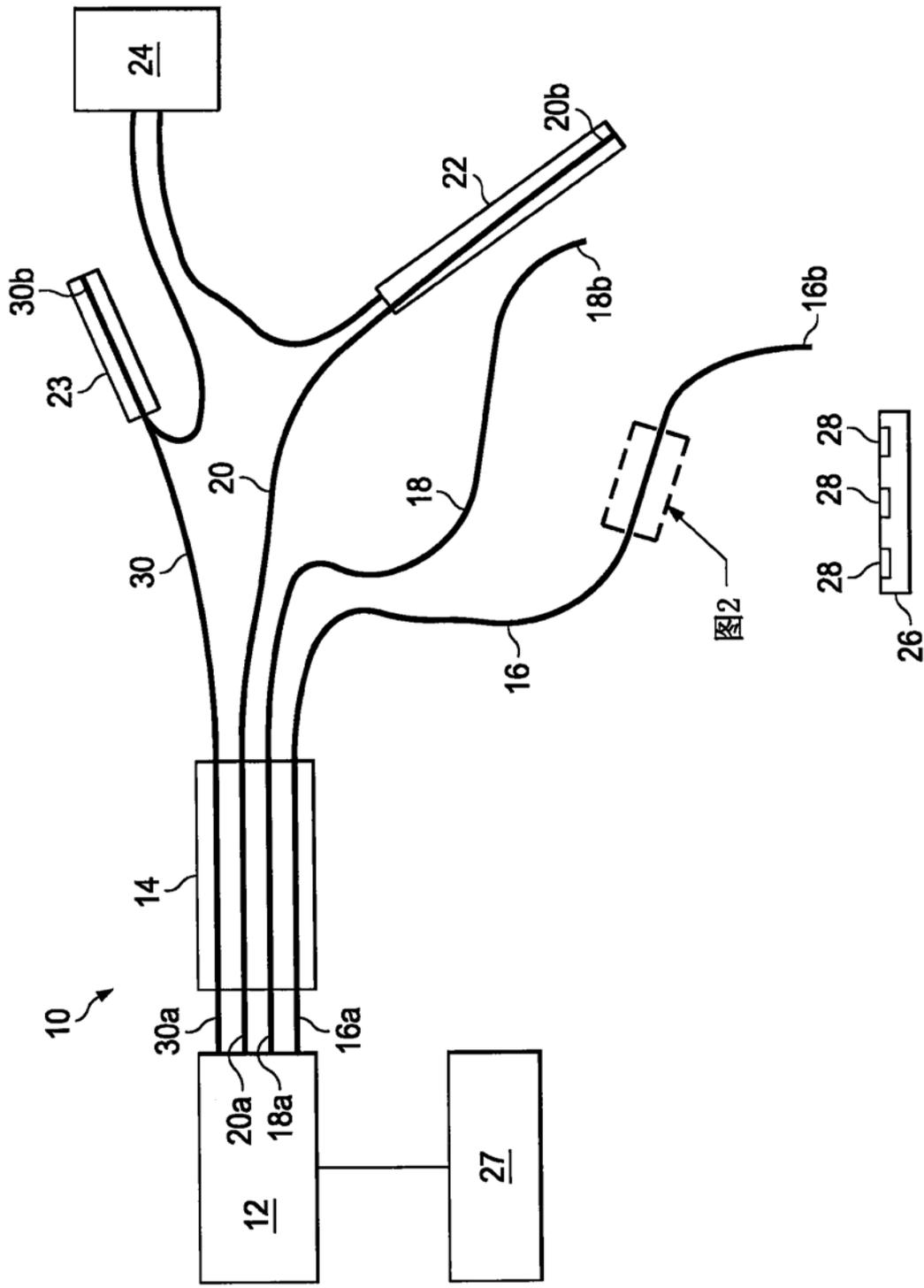


图1

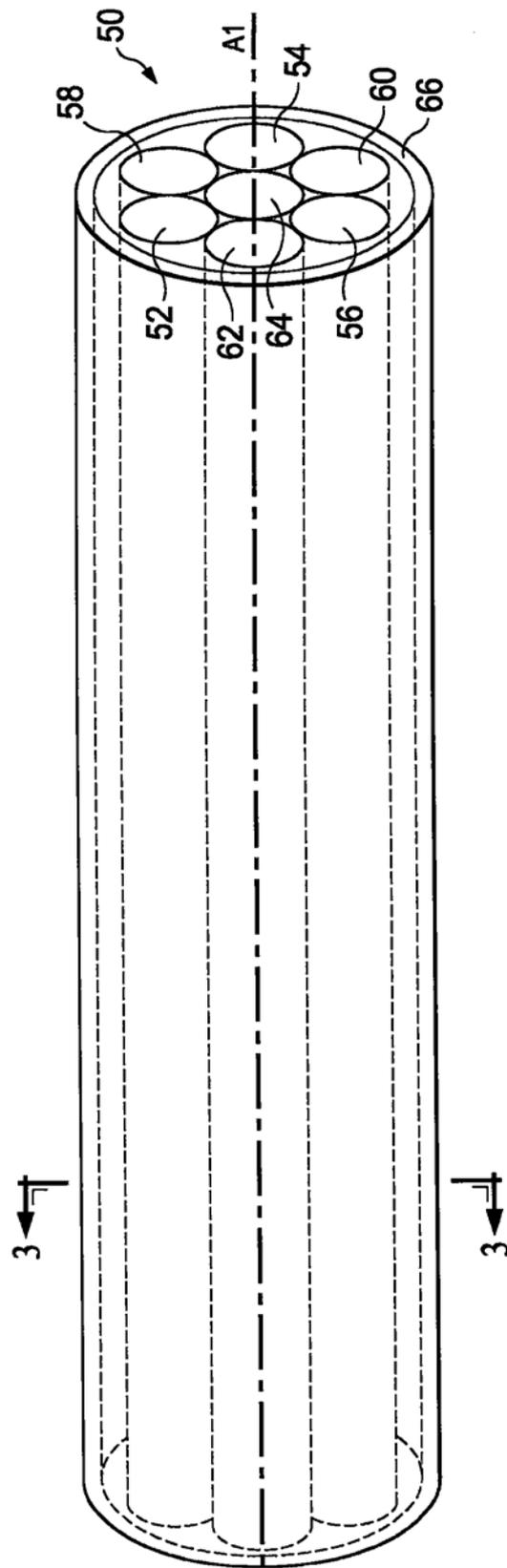


图2

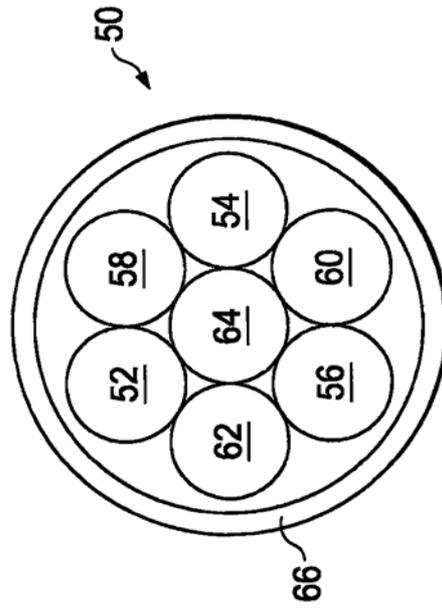


图3

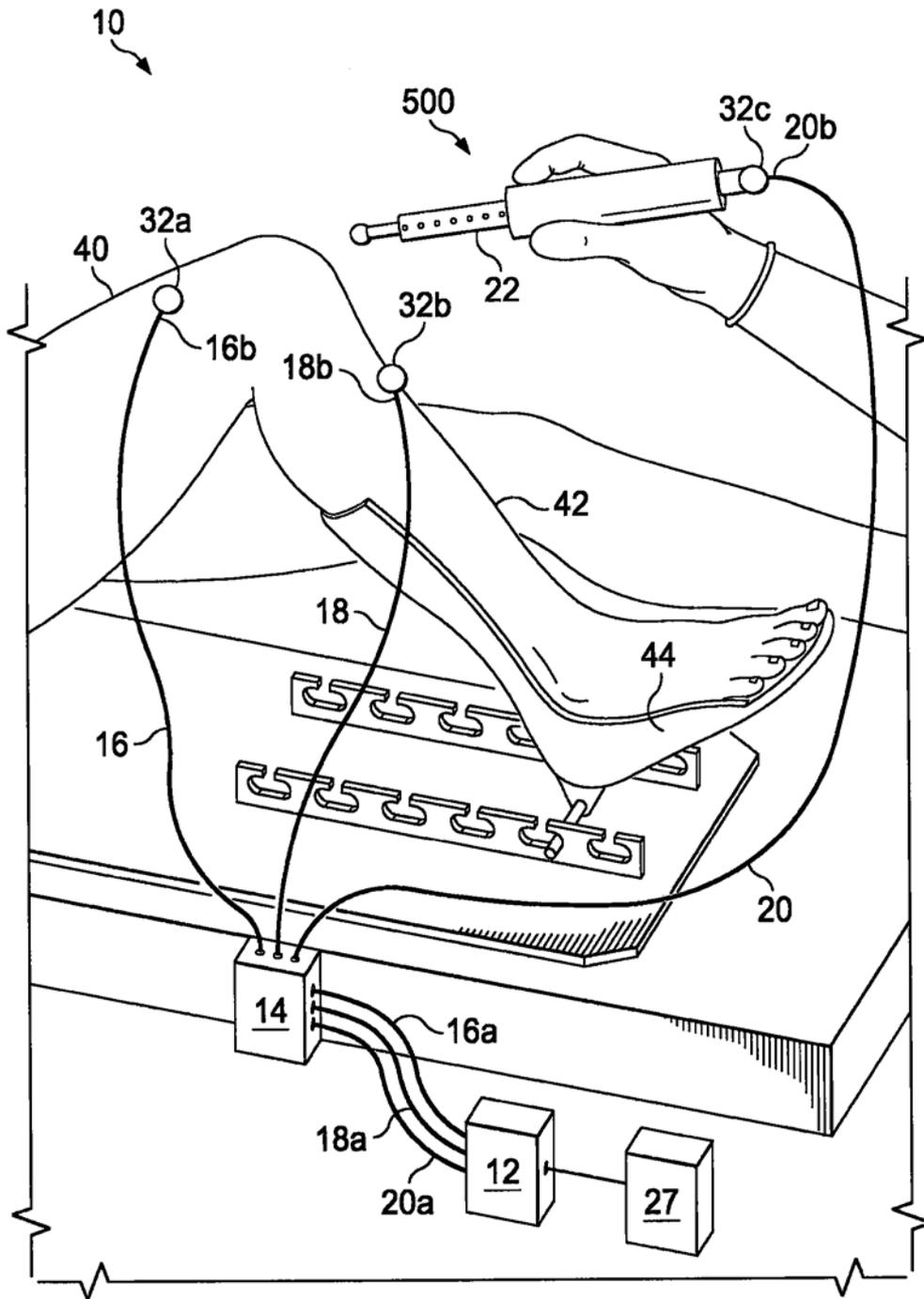


图4

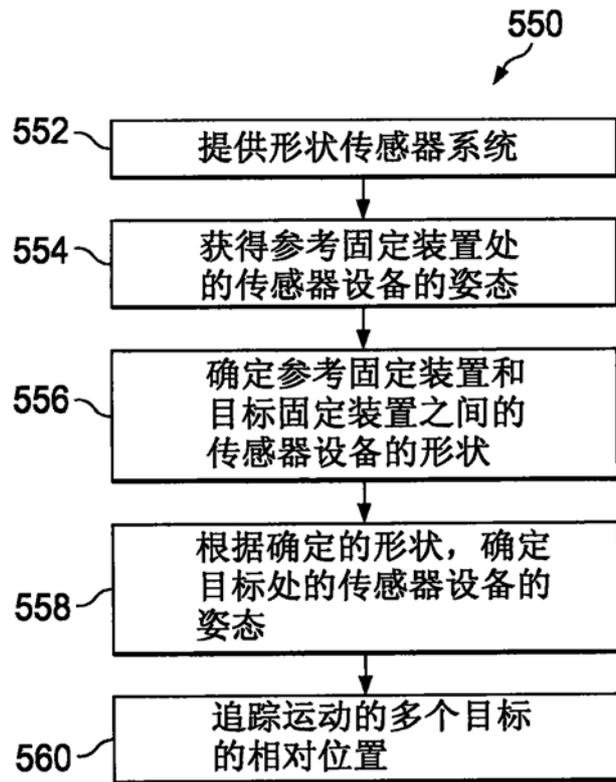


图5

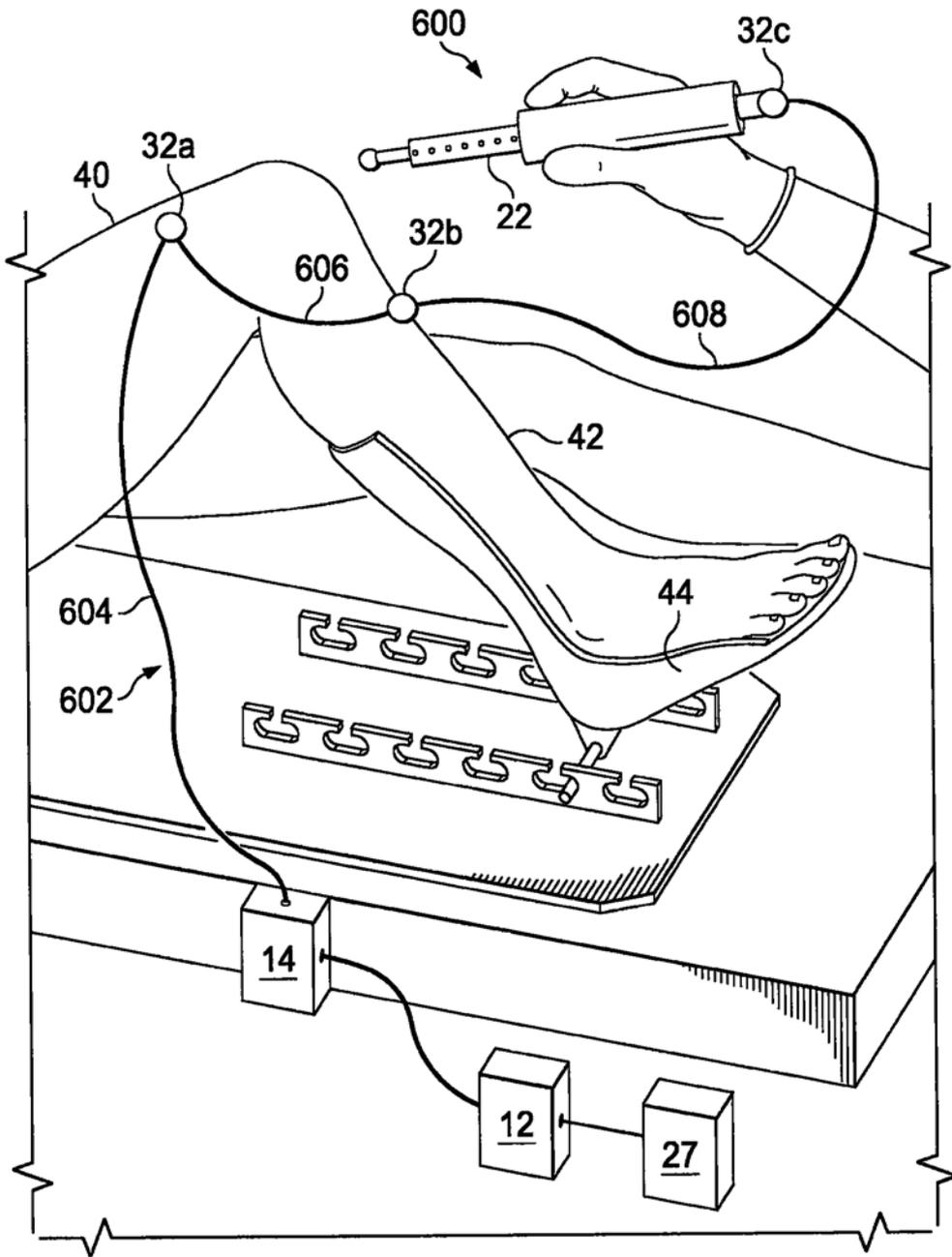


图6

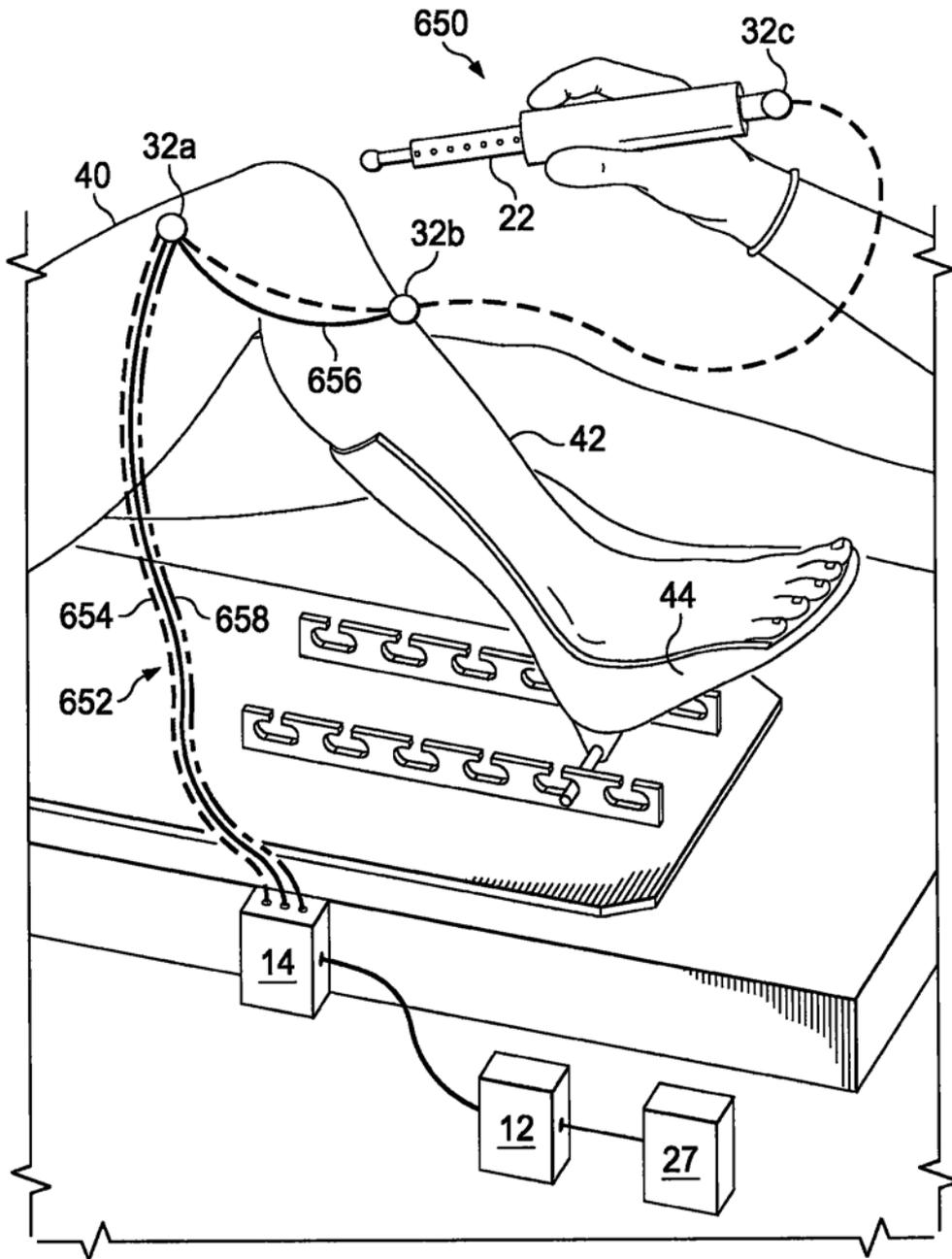


图7

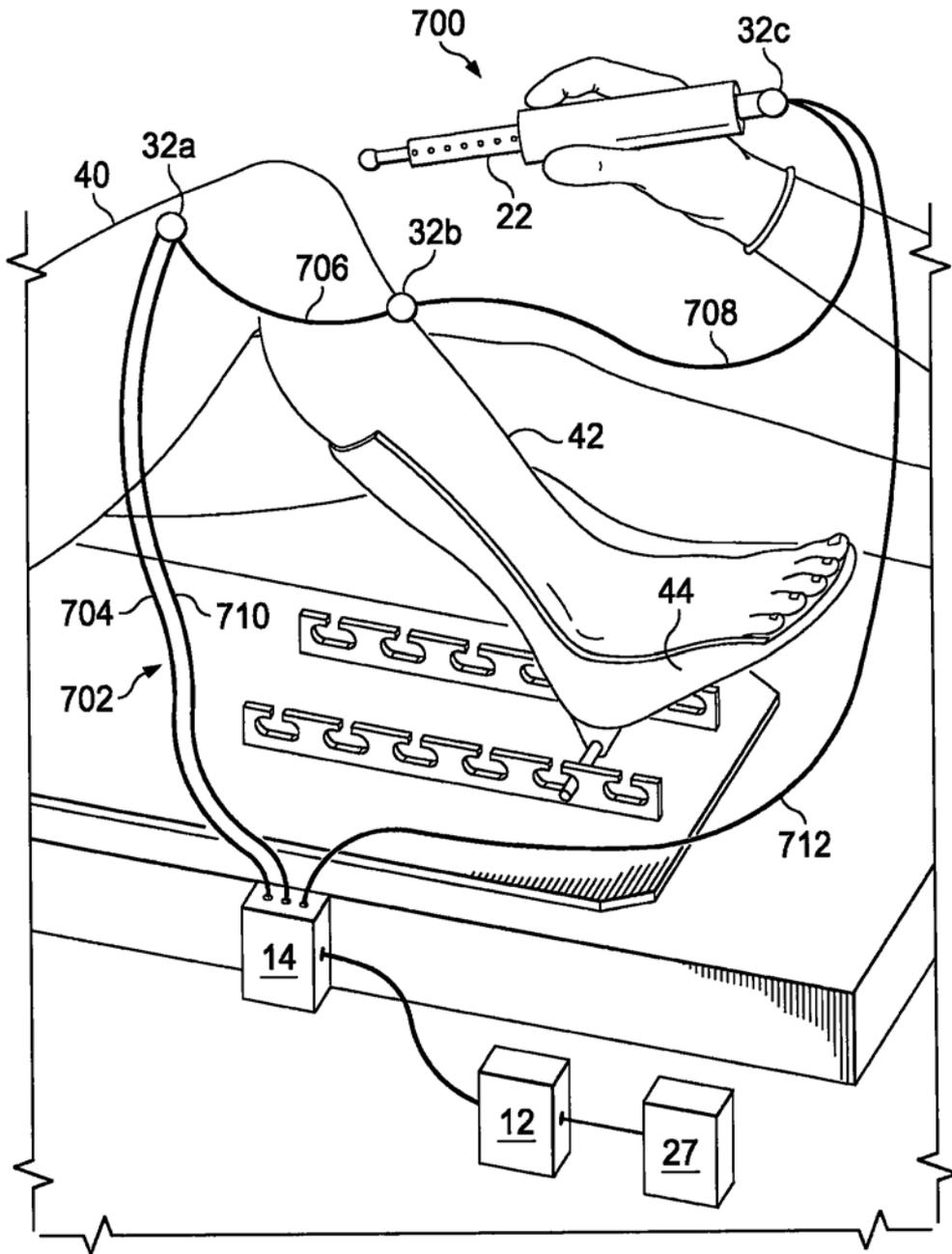


图8

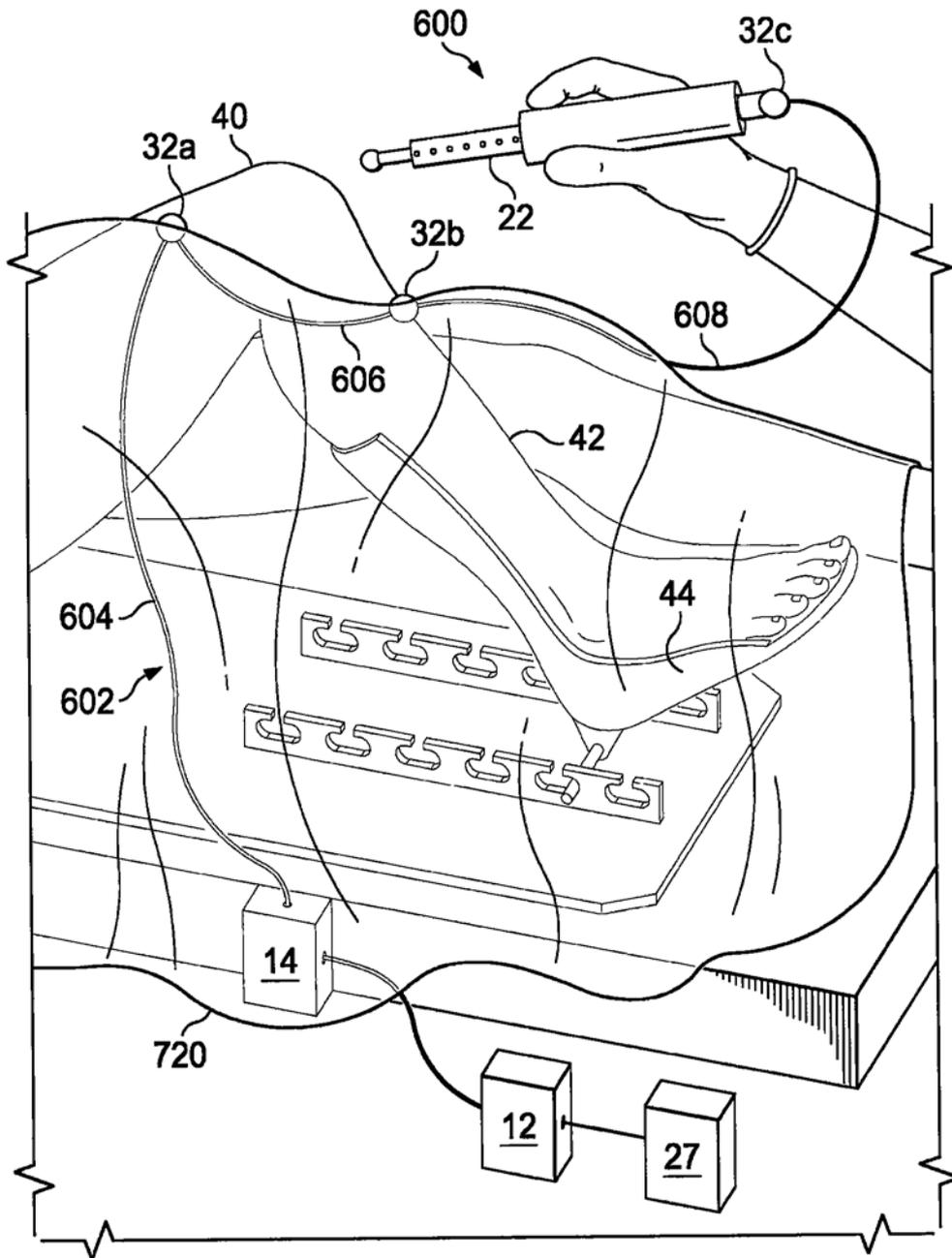


图9

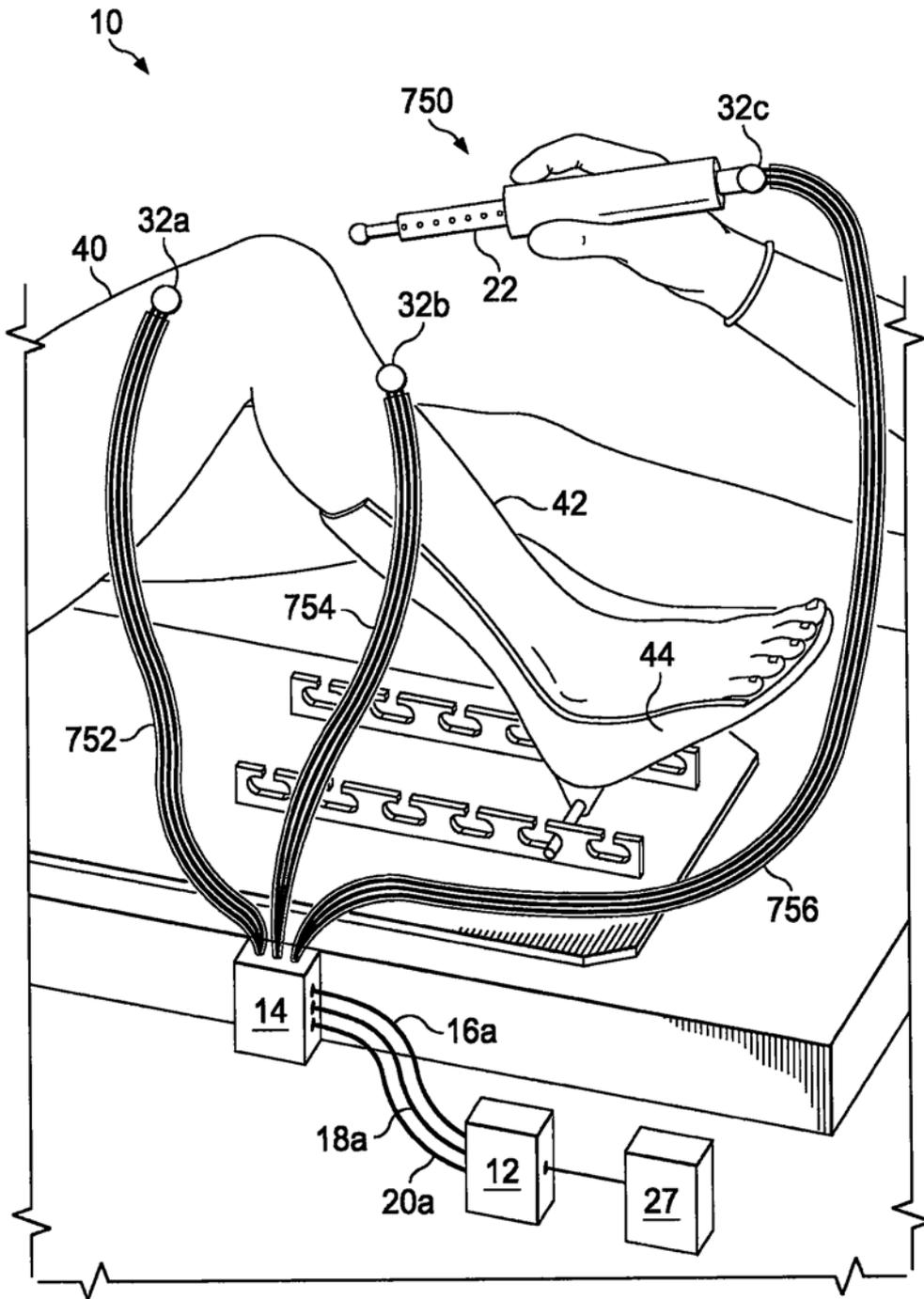


图10

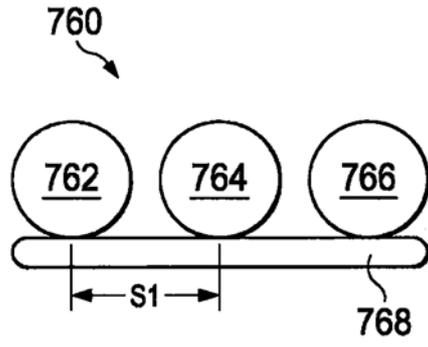


图11

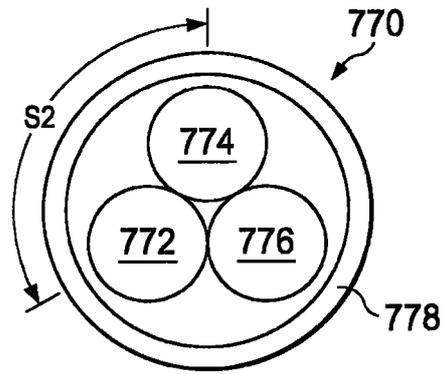


图12

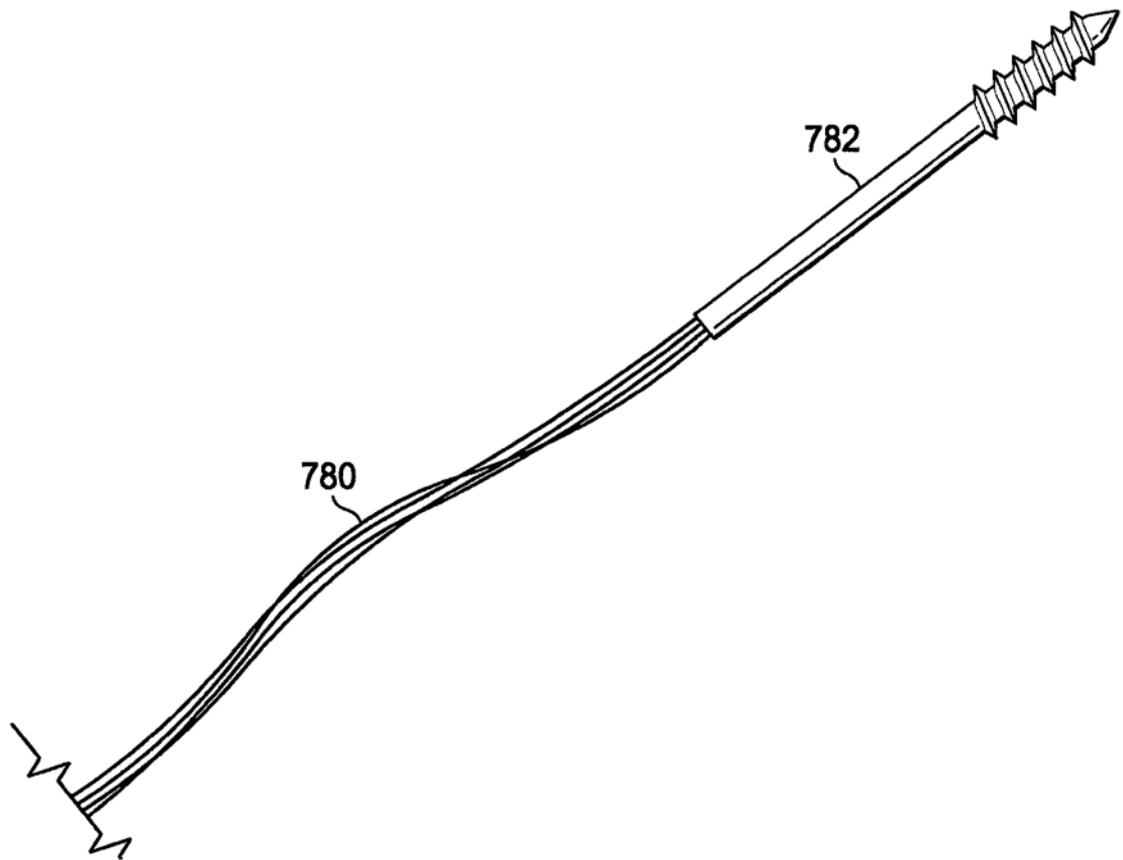


图13

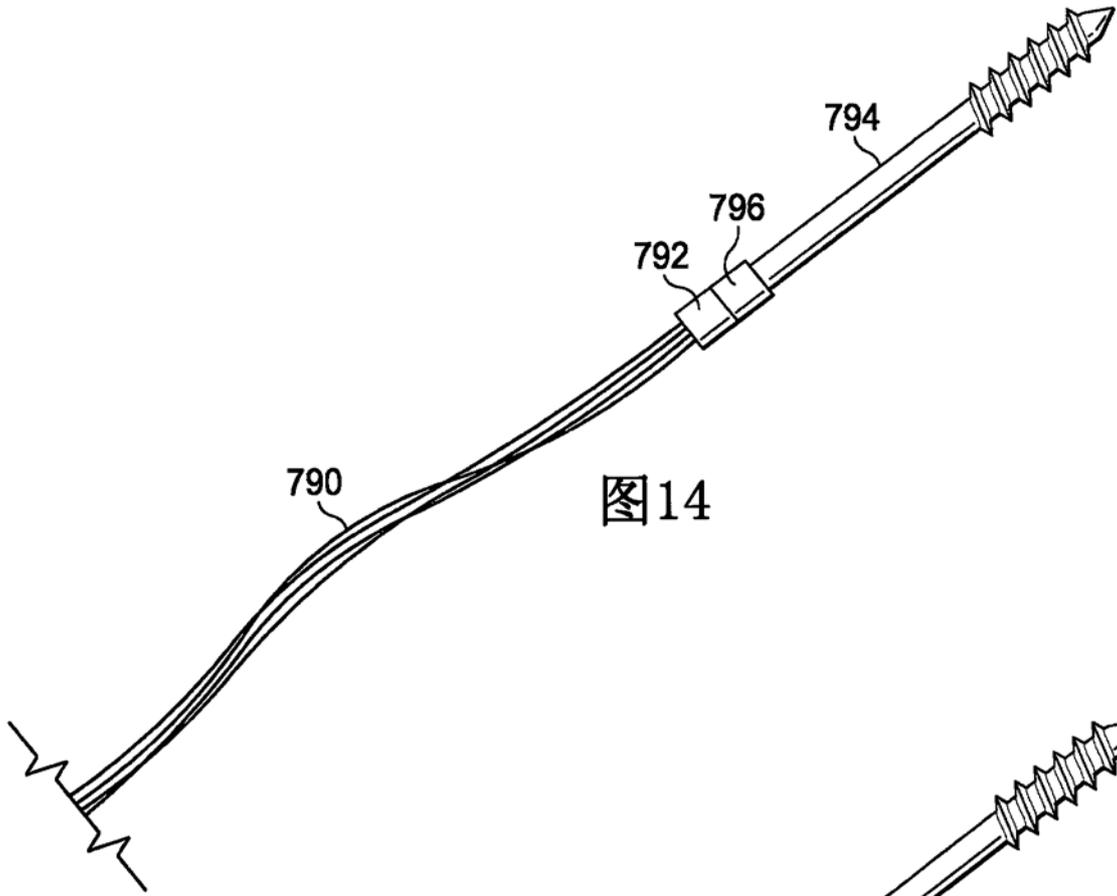


图14

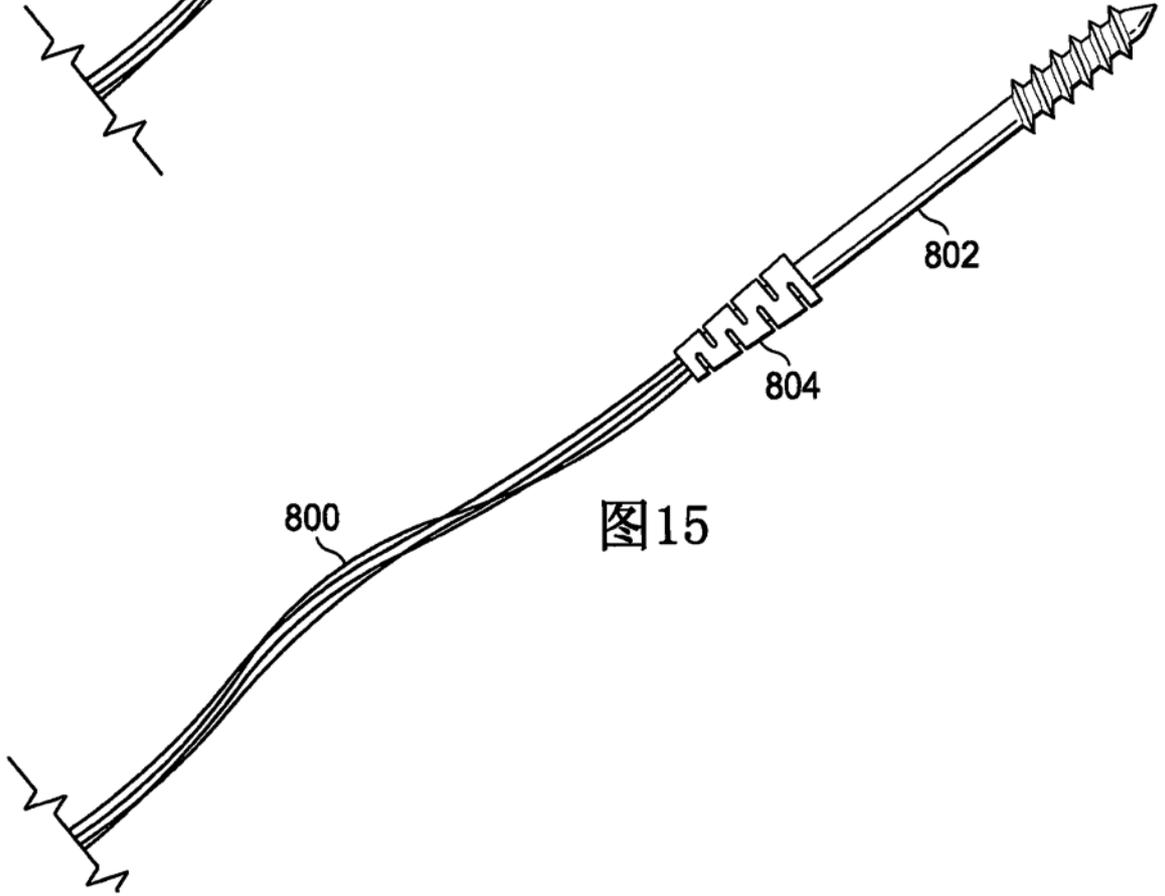


图15

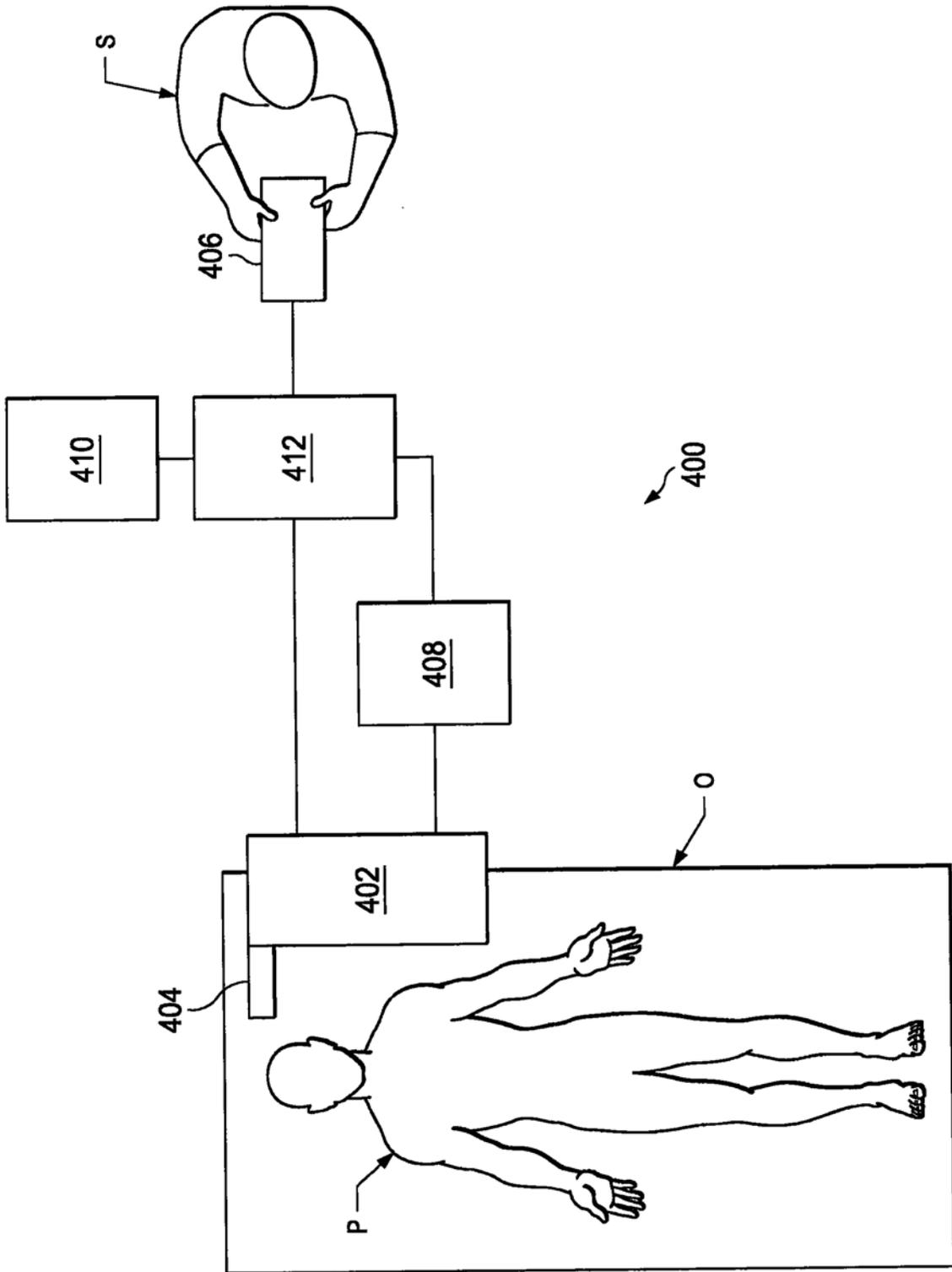


图16