(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102711650 B
(45)授权公告日 2015.04.01

(21)申请号 201080061265.2

(22)申请日 2010.12.06

(30)优先权数据
61/294,502 2010.01.13 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2012.07.12

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/IB2010/055606 2010.12.06

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2011/086431 EN 2011.07.21

(73)专利权人 皇家飞利浦电子股份有限公司
地址 荷兰艾恩德霍芬

(72)发明人 A·波波维奇

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司 72002
代理人 王英 刘炳胜

(51)Int.Cl.
A61B 19/00(2006.01)
A61B 1/00(2006.01)
A61B 1/04(2006.01)

(56)对比文件
US 2008/0097155 A1,2008.04.24, 全文.
WO 2009/045827 A2,2009.04.09, 全文.
US 6036637 A,2000.05.14, 全文.

审查员 李澍歆

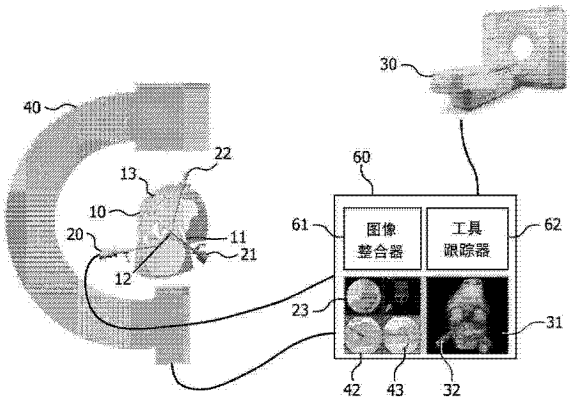
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

用于内窥镜手术的基于图像整合的配准和导航

(57)摘要

一种相对于手术前手术规划和手术中图像对手术工具实施的实时跟踪涉及基于图像的配准和工具跟踪配准。所述基于图像的配准实施对身体的解剖区域的多幅图像的整合，所述多幅图像包括手术前扫描图像(31)(例如,3D CT/MRI 图像)、手术中荧光透视图像(42)(例如,2D X 射线图像)和手术中内窥镜图像(23)(例如,2D 关节内窥镜图像)。所述工具跟踪配准实施在手术中内窥镜图像(23)内对一个或多个手术工具的跟踪在手术前扫描图像(31)和/或手术中荧光透视图像(42)内的表示。



CN 102711650 B

1. 一种用于整合身体的解剖区域的多幅图像的手术导航系统 (60)，所述多幅图像包括手术前扫描图像 (31)、手术中荧光透视图像 (42) 和手术中内窥镜图像 (23)，所述手术导航系统 (60) 包括 ：

图像整合器 (61)，其用于生成整合图像矩阵 (T_{X-E})，所述整合图像矩阵包括荧光透视图像矩阵 (T_{X-CT}) 与内窥镜图像矩阵 (T_{CT-E}) 的整合，

其中，所述荧光透视图像矩阵 (T_{X-CT}) 包括所述手术中荧光透视图像 (42) 与所述手术前扫描图像 (31) 之间的变换，并且

其中，所述内窥镜图像矩阵 (T_{CT-E}) 包括所述手术前扫描图像 (31) 与所述手术中内窥镜图像 (23) 之间的变换，以及

工具跟踪器 (62)，其用于生成整合跟踪矩阵 (T_{T-X}) 和扫描跟踪矩阵 (T_{T-CT})，

其中，所述整合跟踪矩阵 (T_{T-X}) 包括所述整合图像矩阵 (T_{X-E}) 与内窥镜跟踪矩阵 (T_{T-E}) 的整合，

其中，所述扫描跟踪矩阵 (T_{T-CT}) 包括所述内窥镜图像矩阵 (T_{CT-E}) 与所述内窥镜跟踪矩阵 (T_{T-E}) 的整合，并且

其中，所述内窥镜跟踪矩阵 (T_{T-E}) 表示在所述手术中内窥镜图像 (23) 内对手术工具 (21) 的跟踪。

2. 根据权利要求 1 所述的手术导航系统 (60)，其中，所述图像整合器 (61) 还用于执行所述手术中内窥镜图像 (23) 内的对象的表面的摄影测量重建，从而以其作为所述手术前扫描图像 (31) 与所述手术中内窥镜图像 (23) 之间的所述变换的基础。

3. 根据权利要求 1 所述的手术导航系统 (60)，其中，所述荧光透视图像矩阵 (T_{X-CT}) 与所述内窥镜图像矩阵 (T_{CT-E}) 的所述整合包括执行涉及所述荧光透视图像矩阵 (T_{X-CT}) 与所述内窥镜图像矩阵 (T_{CT-E}) 的矩阵乘法。

4. 根据权利要求 1 所述的手术导航系统 (60)，其中，所述整合图像矩阵 (T_{X-E}) 与内窥镜跟踪矩阵 (T_{T-E}) 的所述整合包括执行涉及所述整合图像矩阵 (T_{X-E}) 与所述内窥镜跟踪矩阵 (T_{T-E}) 的矩阵乘法。

5. 根据权利要求 1 所述的手术导航系统 (60)，其中，所述内窥镜图像矩阵 (T_{CT-E}) 与所述内窥镜跟踪矩阵 (T_{T-E}) 的所述整合包括执行涉及所述内窥镜图像矩阵 (T_{CT-E}) 与所述内窥镜跟踪矩阵 (T_{T-E}) 的矩阵乘法。

6. 根据权利要求 1 所述的手术导航系统 (60)，还包括 ：

用于显示所述手术中荧光透视图像 (42) 的显示装置，所述手术中荧光透视图像具有作为所述整合跟踪矩阵 (T_{T-X}) 的函数的手术工具 (21) 的叠加 (43)。

7. 根据权利要求 1 所述的手术导航系统 (60)，还包括 ：

用于显示所述手术前扫描图像 (31) 的显示装置，所述手术前扫描图像具有作为所述扫描跟踪矩阵 (T_{T-CT}) 的函数的手术工具 (21) 的叠加 (43)。

8. 根据权利要求 1 所述的手术导航系统 (60)，其中，所述工具跟踪器 (62) 还用于执行在所述手术中内窥镜图像 (23) 内对所述手术工具 (21) 的摄影测量跟踪。

9. 根据权利要求 1 所述的手术导航系统 (60)，其中，所述手术前扫描图像 (31) 选自包括计算机断层摄影图像、磁共振图像、超声图像和 X 射线图像的组。

10. 一种用于整合身体的解剖区域的多幅图像的手术导航系统 (60)，所述多幅图像包

括手术前扫描图像 (31)、手术中荧光透视图像 (42) 和手术中内窥镜图像 (23)，所述手术导航系统 (60) 包括：

图像整合器 (61)，其用于生成整合图像矩阵 (T_{X-E})，所述整合图像矩阵包括荧光透视图像矩阵 (T_{X-CT}) 与内窥镜图像矩阵 (T_{CT-E}) 的整合，

其中，所述荧光透视图像矩阵 (T_{X-CT}) 包括所述手术中荧光透视图像 (42) 与所述手术前扫描图像 (31) 之间的变换，并且

其中，所述内窥镜图像矩阵 (T_{CT-E}) 包括所述手术前扫描图像 (31) 与所述手术中内窥镜图像 (23) 之间的变换，以及

工具跟踪器 (62)，其用于生成整合跟踪矩阵 (T_{T-X})，

其中，所述整合跟踪矩阵 (T_{T-X}) 包括所述整合图像矩阵 (T_{X-E}) 与内窥镜跟踪矩阵 (T_{T-E}) 的整合，并且

其中，所述内窥镜跟踪矩阵 (T_{T-E}) 表示在所述手术中内窥镜图像 (23) 内对手术工具 (21) 的跟踪。

11. 根据权利要求 10 所述的手术导航系统 (60)，所述图像整合器 (61) 还用于重建所述手术中内窥镜图像 (23) 内的对象的表面，从而以其作为所述手术前扫描图像 (31) 与所述手术中内窥镜图像 (23) 之间的所述变换的基础。

12. 根据权利要求 10 所述的手术导航系统 (60)，其中，所述荧光透视图像矩阵 (T_{X-CT}) 与所述内窥镜图像矩阵 (T_{CT-E}) 的所述整合包括执行涉及所述荧光透视图像矩阵 (T_{X-CT}) 与所述内窥镜图像矩阵 (T_{CT-E}) 的矩阵乘法。

13. 根据权利要求 10 所述的手术导航系统 (60)，其中，所述整合图像矩阵 (T_{X-E}) 与内窥镜跟踪矩阵 (T_{T-E}) 的所述整合包括执行涉及所述整合图像矩阵 (T_{X-E}) 与所述内窥镜跟踪矩阵 (T_{T-E}) 的矩阵乘法。

14. 根据权利要求 10 所述的手术导航系统 (60)，还包括：

用于显示所述手术中荧光透视图像 (42) 的显示装置，所述手术中荧光透视图像具有作为所述整合跟踪矩阵 (T_{T-X}) 的函数的手术工具 (21) 的叠加 (43)。

15. 根据权利要求 10 所述的手术导航系统 (60)，其中，所述工具跟踪器 (62) 还用于执行在所述手术中内窥镜图像 (23) 内对所述手术工具 (21) 的摄影测量跟踪。

用于内窥镜手术的基于图像整合的配准和导航

[0001] 本发明总体涉及相对于手术前规划和手术中图像对身体的解剖区域内的手术工具进行实时跟踪。本发明尤其涉及手术前扫描图像、手术中荧光透视图像和手术中内窥镜图像的整合，以实现对手术工具的实时跟踪和定位。

[0002] 微创内窥镜手术是一种手术流程，在该流程中，通过自然孔口或皮肤上的小切口(即，端口)将刚性或柔性内窥镜引入到患者的身体内。将额外的手术工具通过类似的端口引入到患者的身体内，其中，采用内窥镜就手术部位向手术工具的外科医生提供视觉反馈。

[0003] 例如，图 1 图示了膝盖 10 的前十字韧带(“ACL”)关节内窥镜手术的示意性表示，如图所示，膝盖具有 ACL 11、软骨 12 和膝盖骨 13。关节内窥镜手术涉及手术前阶段和手术中阶段。

[0004] 手术前阶段涉及对膝盖 10 的三维(“3D”)扫描成像(例如，CT 图像、MRI 图像、超声图像、X 射线图像等)，从而对膝盖 10 进行诊断性评估，以及对膝盖 10 的 ACL 关节内窥镜手术进行规划。

[0005] 手术中阶段涉及通过膝盖 10 的前面区域中的端口引入关节内窥镜 20(即，针对关节的内窥镜)，由此可以使关节内窥镜 20 发生移动和 / 或枢轴转动，以采集膝盖 10 的各个区域的实时图像，尤其是 ACL 11 以及软骨 12 的损伤区的实时图像。此外，通过膝盖 10 的后面区域中的端口引入冲洗仪器 22，并通过膝盖 10 的前面区域中的端口以垂直于关节内窥镜 20 的视角的角度引入如修整仪器 21 的各种手术仪器，以便于对损伤软骨 12 的手术部位的可视化。

[0006] 在本发明之前，存在两种主要对手术工具 20-22 的位置和取向进行跟踪的方案。

[0007] 第一种方案是无导航的徒手技术，因此外科医生通过三种(3)不同的模态来观察手术区域。例如，如图 2 中所示，出于诊断和手术规划的目的，采用 CT 扫描器 30 采集手术前 CT 扫描图像 31。采用 X 射线装置 40 采集一幅或多幅手术中二维(“2D”)荧光透视图像，诸如示范性图像 41，以观察一个或多个手术工具 20-22 相对于膝盖 10 的位置和取向。并且，采用关节内窥镜 20 连续采集手术中关节内窥镜图像，诸如示范性图像 23，以观察膝盖 10 的手术部位。

[0008] 外科医生可以观察不同显示屏上的或同一显示屏上的图像。在任一种情况下，这种方案都无法建立各图像之间的关系，而这种关系便于对一个或多个手术工具 20-22 相对于膝盖 10 的位置和取向，特别是相对于膝盖 10 的手术部位的位置和取向进行跟踪。

[0009] 第二种方案是基于导航的手术，其利用外部位置跟踪系统解决了对手术工具 20-22 中的一个或多个相对于膝盖 10 的位置和取向进行跟踪的问题。例如，图 3 图示了一种光学跟踪系统 50，其用于在系统 50 的跟踪摄像机的坐标系内跟踪修整仪器 21 的位置和取向，从而必须执行患者配准流程，以便将修整仪器 21 呈现为扫描图像和(一幅或多幅)荧光透视图像中的叠加(overlay)，诸如处于扫描图像 31 和荧光透视图像 42 的相应坐标系中的示范性叠加 32 和 43。所述配准可以采用附着到患者的皮肤或骨骼上的并利用修整仪器 21 触碰的基准标记，该基准标记在荧光透视图像 42 上可见。或者，可以执行涉及 CT 扫描图像 31 和荧光透视图像 42 的无标记配准。

[0010] 图 3 所示的第二种方案为外科医生提供了修整仪器 21 相对于膝盖 10 和手术前规划的位置和取向的实时反馈。然而，采用光学跟踪系统 50 或者备选的外部跟踪系统(例如，电磁跟踪系统)因患者配准而延长了手术流程的时间，不能跟踪所有的工具 20-22，并且还可能给外科医生增加身体活动限制(例如，必须总是保持系统 50 与修整仪器 21 之间的视线)。

[0011] 本发明提供了对手术工具的相对于手术前手术规划和手术中图像的实时跟踪，其涉及基于图像的配准和工具跟踪。基于图像的配准实施对身体解剖区域的多幅图像的整合，所述图像包括手术前扫描图像(例如，3D CT/MRI 图像)、手术中荧光透视图像(例如，2D X 射线图像)和手术中内窥镜图像(例如，2D 关节内窥镜图像)。所述工具跟踪通过手术中内窥镜图像实施对一个或多个手术工具的跟踪在手术前扫描图像和 / 或手术中荧光透视图像内的呈现。

[0012] 本发明的一种形式是用于整合身体的解剖区域的多幅图像的手术导航系统，所述多幅图像包括手术前扫描图像(例如，3D CT/MRI 图像)、手术中荧光透视图像(例如，2D X 射线图像)和手术中内窥镜图像(例如，2D 关节内窥镜图像)。所述手术导航系统包括图像整合器和工具跟踪器。在工作过程中，图像整合器生成整合图像矩阵，所述整合图像矩阵包括荧光透视图像矩阵与内窥镜图像矩阵的整合(例如，矩阵乘法)，其中，荧光透视图像矩阵包括手术中荧光透视图像与手术前扫描图像之间的变换，并且其中，内窥镜图像矩阵包括手术前扫描图像与手术中内窥镜图像之间的变换。继而，工具跟踪器生成整合跟踪矩阵，其中，所述整合跟踪矩阵包括整合图像矩阵和内窥镜跟踪矩阵的整合(例如，矩阵乘法)，并且其中，所述内窥镜跟踪矩阵表示在手术中内窥镜图像内对手术工具的跟踪。

[0013] 所述工具跟踪器可以进一步生成或备选地生成扫描跟踪矩阵，其中，所述扫描跟踪矩阵包括内窥镜图像矩阵和内窥镜跟踪矩阵的整合(例如，矩阵乘法)。

[0014] 就本发明的目的而言，可以将本文采用的“生成”一词广义地定义为包括当前已知的或者以后已知的用于创建、提供、配备、获得、产生、形成、开发、演化、修改、变换、改变或制作可用信息(例如，数据、文本、图像、语音和视频)，以实现计算机处理目的和存储器存储 / 检索目的的任何技术，特别是对图像数据集和视频帧而言，将本文采用的“配准”一词广义地定义为包括本领域当前已知或者以后已知的用于将不同的图像数据集变换到一个坐标系内的技术。

[0015] 此外，将本文采用的“手术前”一词广义地定义为描述在内窥镜应用之前的时期或准备过程(例如，针对内窥镜的路径规划)中发生的或者与之相关的活动，并且将本文采用的“手术中”一词广义地定义为描述在内窥镜应用(例如，根据规划的路径操作内窥镜)的过程中发生、执行或者遇到的活动。内窥镜应用的例子包括，但不限于，关节内窥镜检查、支气管镜检查、结肠镜检查、腹腔镜检查、脑部内窥镜检查和内窥镜心脏手术。内窥镜心脏手术的范例包括，但不限于，内窥镜冠状动脉旁路术、内窥镜二尖瓣和主动脉瓣修补和置换。

[0016] 在大多数情况下，手术前活动和手术中活动将发生在截然不同的分立时间段期间。然而，本发明也包括涉及手术前和手术中时间段发生任何程度的重叠的情况。

[0017] 此外，本文将“内窥镜”一词广义地定义为由具有从身体内部成像的能力的任何类型的内窥镜采集的图像的特征表述，并且本文将“荧光透视”一词广义地定义为由具有提供身体内部结构的实时图像的能力的任何类型的荧光透视仪采集的图像的特征表述。用于本

发明的目的的内窥镜的范例包括，但不限于，任何类型的检查镜，柔性或刚性的（例如，内窥镜、关节内窥镜、支气管镜、胆管镜、结肠镜、膀胱镜、十二指肠镜、胃窥器、宫腔镜、腹窥镜、喉镜、神经镜、耳镜、推进肠镜、鼻喉镜、乙状结肠镜、窦窥镜、胸腔镜等）以及与检查镜类似的配备有成像系统的任何装置（例如，具有成像功能的嵌套插管）。所述成像是局部的，可以利用光纤、透镜或微型（例如，基于 CCD 的）成像系统获得表面图像。用于本发明的目的的荧光透视仪的范例包括，但不限于，X 射线成像系统。

[0018] 通过下文结合附图对本发明的各实施例的详细描述，本发明的上述形式及其他形式以及本发明的各种特征和优点将变得更加明显。所述详细描述和附图仅用于对本发明进行举例说明而非对其构成限制，本发明的范围由权利要求及其等同要件界定。

[0019] 图 1 图示了本领域已知的 ACL 关节内窥镜手术的示意性表示。

[0020] 图 2 图示了本领域已知的无手术导航的示范性 ACL 关节内窥镜手术。

[0021] 图 3 图示了本领域已知的具有手术导航的示范性 ACL 关节内窥镜手术。

[0022] 图 4 图示了根据本发明的手术导航系统的示范性实施例的具有手术导航的示范性 ACL 关节内窥镜手术。

[0023] 图 5 图示了表示根据本发明的图像整合方法的示范性实施例的流程图。

[0024] 图 6 图示了表示根据本发明的工具跟踪方法的示范性实施例的流程图。

[0025] 图 7 图示了根据本发明的手术导航方法的示范性实施例的流程图。

[0026] 参考图 4，其示出了本发明的手术导航系统 60，其用于相对于手术规划和手术中图像对手术工具进行实时跟踪，该过程涉及基于图像的配准和工具跟踪。为此，系统 60 包括图像整合器 61、工具跟踪器 62 以及用于图示图像 23、31、43 的显示装置。本文将图像整合器 61 广义地定义为在结构上被构造成实施基于图像的配准的任何装置，所述配准涉及身体的解剖区域的多幅图像的整合，所述多幅图像包括手术前扫描图像（例如，3D CT/MRI 图像）、手术中荧光透视图像（例如，2D X 射线图像）以及手术中内窥镜图像（例如，2D 关节内窥镜图像）。本文将工具跟踪器 62 广义地定义为在结构上被构造成实施工具跟踪的任何装置，所述跟踪涉及手术工具在手术前扫描图像和 / 或手术中荧光透视图像内的叠加，其表示在手术中内窥镜图像内对手术工具的跟踪。本文将显示装置广义地定义为在结构上被构造为根据任何适当的技术显示图像和受到跟踪的手术工具的任何装置，例如，所述技术可以是对图像和受到跟踪的手术工具的增强虚拟可视化。

[0027] 图 5 图示了表示由图像整合器 61 执行的图像整合方法的流程图 70。参考图 5，流程图 70 具有荧光透视路径和内窥镜路径，两条路径都引向图像整合阶段 S74。所述荧光透视路径包括流程图 70 的阶段 S71，其包括手术中荧光透视图像（例如，图 4 中的图像 41）与手术前扫描图像（例如，图 4 的图像 31）的荧光透视图像配准。在阶段 S71 的一个实施例中，荧光透视图像配准涉及将 2D 手术中荧光透视图像刚性空间变换为目标图像，从而使之与作为参考图像的 3D 手术前扫描图像对准，由此生成荧光透视图像矩阵 T_{X-CT}（$T_{CT-X}=T^{-1}{}_{X-CT}$），其中，$^{-1}$ 表示本领域已知的矩阵求逆），其中，所述刚性空间变换是本领域已知的。或者，所述荧光透视图像配准可以涉及将 3D 手术前扫描图像刚性空间变换为目标图像，从而使之与作为参考图像的 2D 手术中荧光透视图像对准，由此生成荧光透视图像矩阵（T_{CT-X}），其中，所述刚性空间变换是本领域已知的。

[0028] 阶段 S71 是由图像整合器 60 在通过荧光透视仪（例如，图 4 的 X 射线系统 40）生

成每个新的图像帧时执行的，其以手术流程期间由外科医生决定的需求为基础。

[0029] 内窥镜路径包括流程图 70 的阶段 S72 和阶段 S73。阶段 S72 包括手术中内窥镜图像（例如，图 4 的图像 23）内的对象的表面重建。在阶段 S72 的针对立体内窥镜（例如，具有两个照相机的同时拍摄两幅图像的关节内窥镜）的示范性实施例中，可以采用本领域已知的任何立体 3D 重建方法。

[0030] 在阶段 S72 的针对单筒内窥镜（例如，拍摄图像的单照相机关节内窥镜）的示范性实施例中，可以采用本领域已知的任何摄影测量重建技术。例如，在给定单筒内窥镜的速度的情况下，可以从光流提取深度图。具体而言，光流是表示图像内的每个点或特征在图像时间序列内的运动的矢量场，其中，将光流上的在连续片层内不发生移动的点称为扩展焦点（“FOE”）。使内窥镜的光轴与其移动对准，由此使 FOE 与内窥镜的移动对准。可以通过了解每个点或特征距 FOE 的距离（D）、每个点内的光流的幅度（V）以及内窥镜的速度（v）而根据 Z=v*D/V 提取深度信息（Z）。可以从固有的照相机参数（例如，焦点等）计算内窥镜的 X 和 Y 位置。

[0031] 本领域技术人员应当认识到，在不采用光学线索（cue）的情况下使内窥镜进行枢轴转动，以实现表面重建目的，而备选地，在采用光学线索的情况下不必使内窥镜进行枢轴运动来实现表面重建目的。

[0032] 阶段 S73 包括手术前扫描图像（例如，图 4 中的图像 31）的内窥镜图像配准以及手术中内窥镜图像内的表面重建（例如，图 4 的图像 23）。在阶段 S73 的一个示范性实施例中，内窥镜图像配准涉及将手术中内窥镜图像内的表面重建刚性空间变换成目标图像，从而使之与作为参考图像的 3D 手术前扫描图像对准，由此生成内窥镜图像矩阵 T_{CT-E}（$T_{E-CT}=T^{-1}_{CT-E}$），其中，所述刚性空间变换是本领域已知的。具体而言，可以按照所定义的特征性亨氏（Hounsfield）单位（例如，175HU）利用图像阈值化对手术前扫描图像中所示的骨骼表面进行分割，并且可以执行迭代最近点（ICP）算法，从而对所述图像进行变换。或者，所述内窥镜图像配准涉及将 3D 手术前扫描图像刚性空间变换成目标图像，从而使之与作为参考图像的手术中内窥镜图像内的表面重建对准，由此生成内窥镜图像矩阵 T_{E-CT}，其中，所述刚性空间变换是本领域已知的。

[0033] 由图像整合器 60 在通过（一个或多个）内窥镜装置（例如，图 4 的关节内窥镜 40）生成每个新的图像帧时执行阶段 S73，其在手术过程中采取连续的方式。

[0034] 阶段 S74 包括阶段 S71 的荧光透视图像矩阵 T_{X-CT} 和阶段 S73 的内窥镜图像矩阵 T_{CT-E} 的图像整合。在阶段 S74 的一个示范性实施例中，图像整合包括对荧光透视图像矩阵 T_{X-CT} 和内窥镜图像矩阵 T_{CT-E} 实施本领域已知的矩阵乘法，由此得到整合图像矩阵 T_{X-E}（$T_{E-X}=T^{-1}_{X-E}$）。

[0035] 流程图 70 仍然处于手术流程期间的一个循环内，这时通过与阶段 71 的最当前的荧光透视图像配准发生了整合的内窥镜路径 S72 和 S73 对阶段 S74 持续不断地更新。

[0036] 图 6 图示了表示由工具跟踪器 62（图 4）执行的工具跟踪方法的流程图 80。参考图 6，流程图 80 的阶段 S81 包括在手术中内窥镜图像（例如，图 4 的图像 23）内跟踪手术工具，以及生成表示手术工具（T）在手术中内窥镜图像（E）中的位置的内窥镜图像矩阵 T_{T-E}（例如，所述内窥镜图像矩阵 T_{T-E} 可以是通过平移分量示出工具尖端，通过旋转分量示出工具取向的变换矩阵）。在阶段 S81 的一个示范性实施例中，工具跟踪器 61 执行本领域已知的摄

影测量跟踪技术。具体而言，与内窥镜图像的背景(例如，骨骼)相比，手术工具在内窥镜图像内通常具有高对比度。因而，有可能利用三(3)种颜色通道上的阈值化来对图像进行分割，由此检测手术工具在内窥镜图像内的位置。或者，可以向手术工具的尖端涂上一种在人体内极少观察到的截然不同的颜色(例如，绿色)，由此将得到通过绿色通道实施的分割。在任一种情况下，一旦通过内窥镜图像的分割检测到了手术工具，那么可以采用先前本文描述的深度估算技术估算工具相对于内窥镜框架(endoscopic frame)的深度。

[0037] 流程图 80 的阶段 82 包括通过内窥镜跟踪矩阵 T_{T-E} ($T_{E-T}=T^{-1}_{T-E}$) 与整合图像矩阵 T_{X-E} 的整合在手术中荧光透视图像内跟踪手术工具。在阶段 S82 的一个示范性实施例中，所述整合包括对内窥镜跟踪矩阵 T_{T-E} 和所述整合图像矩阵 T_{X-E} 的逆矩阵实施本领域已知的矩阵乘法，从而得到荧光透视跟踪矩阵 T_{T-X} ($T_{X-T}=T^{-1}_{T-X}$)。

[0038] 流程图 80 的阶段 S83 包括通过内窥镜跟踪矩阵 T_{T-E} 与内窥镜图像矩阵 T_{CT-E} 的整合在手术前扫描图像内跟踪手术工具。在阶段 S83 的一个示范性实施例中，所述整合包括对内窥镜跟踪矩阵 T_{T-E} 和内窥镜图像矩阵 T_{CT-E} 的逆矩阵实施本领域已知的矩阵乘法，由此得到扫描跟踪矩阵 T_{T-CT} ($T_{CT-T}=T^{-1}_{T-CT}$)。

[0039] 阶段 S82 和 S83 的结果是在手术前扫描图像和手术中荧光透视图像中对手术工具的实时跟踪的显示，例如，图 4 所示的手术前扫描图像 31 的跟踪叠加 32 和图 4 所示的手术中荧光透视图像 42 的跟踪叠加 43。不需要外部成像系统(但是可以采用外部成像系统对内窥镜装置进行补充)和患者配准就可以达到这一目的。

[0040] 图 7 图示了表示在 ACL 关节内窥镜手术的背景下表示流程图 70 (图 5) 和流程图 80 (图 6) 的手术导航方法的流程图 90。

[0041] 具体而言，流程图 90 的阶段 S91 包括采集手术前扫描图像(例如，3DCT 图像、3D MRI 图像、3D X 射线图像、3D 荧光透视图像等)。流程图 90 的阶段 S92 包括对患者进行准备以实施 ALC 关节内窥镜手术。例如，患者准备可以包括对膝盖的肌腱描画格栅以及对膝盖固定，以实施手术。流程图 90 的阶段 S93 包括采集手术中荧光透视图像(例如，2D X 射线图像)以及执行阶段 S71 的荧光透视配准(图 5)。

[0042] 第一次通过流程图 90 涉及阶段 S93 并由其进行至阶段 S95-S98。阶段 95 包括在膝盖内部署关节内窥镜(例如，图 4 的关节内窥镜 20)。阶段 S96 包括在膝盖内部署额外的手术工具(例如，图 4 的修整仪器 21 和冲洗仪器 22)。阶段 S97 包括采集手术中内窥镜图像和执行阶段 S72 的表面重建(图 5)，还包括阶段 S73 的内窥镜配准(图 5)以及阶段 S74 的图像整合(图 5)。并且，阶段 S98 包括根据流程图 80 对手术工具进行跟踪(图 6)。

[0043] 判决阶段 S99-S101 允许在手术流程阶段 S102 和工具跟踪阶段 S98 之间形成连续的循环，直到发生下述情况为止：(1) 外科医生移动了关节内窥镜，从而迫使流程返回至阶段 S97，(2) 外科医生在膝盖内引入了新的要跟踪的手术工具，其迫使流程返回至阶段 S96，或者(3) 外科医生确定需要新的荧光透视图像，其迫使流程返回至阶段 S93。如果关节内窥镜和受到跟踪的手术工具仍然部署着，那么任何一次返回至阶段 S93 都将经由判决阶段 S94 进行至阶段 S97。

[0044] 在实践中，本领域技术人员应当认识到如何针对其他内窥镜应用实施流程图 90。

[0045] 尽管已经对本发明的各种实施例给出了图示和描述，但是本领域技术人员应当认识到，本文描述的方法和系统仅仅是示范性的，在不背离本发明的实际范围的情况下，可以

做出各种变化和修改，并且可以采用等价要素替代其要素。此外，在不背离本发明的核心范围的情况下，可以做出很多修改，使之适应本发明的教导。因此，其目的是说，本发明不受作为为了实施本发明而构思的最佳模式而公开的具体实施例的限制，相反本发明包括所有落在权利要求的范围内的实施例。

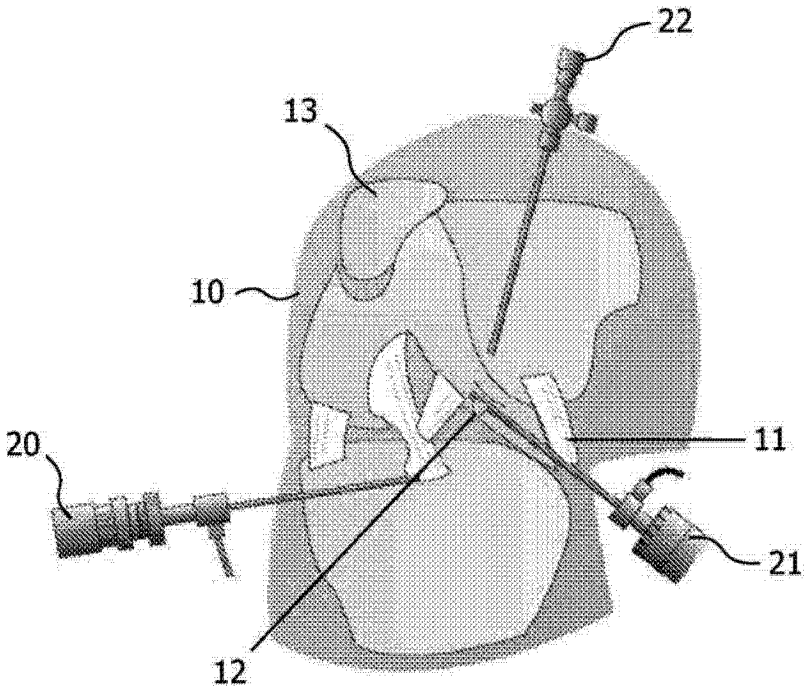


图 1（现有技术）

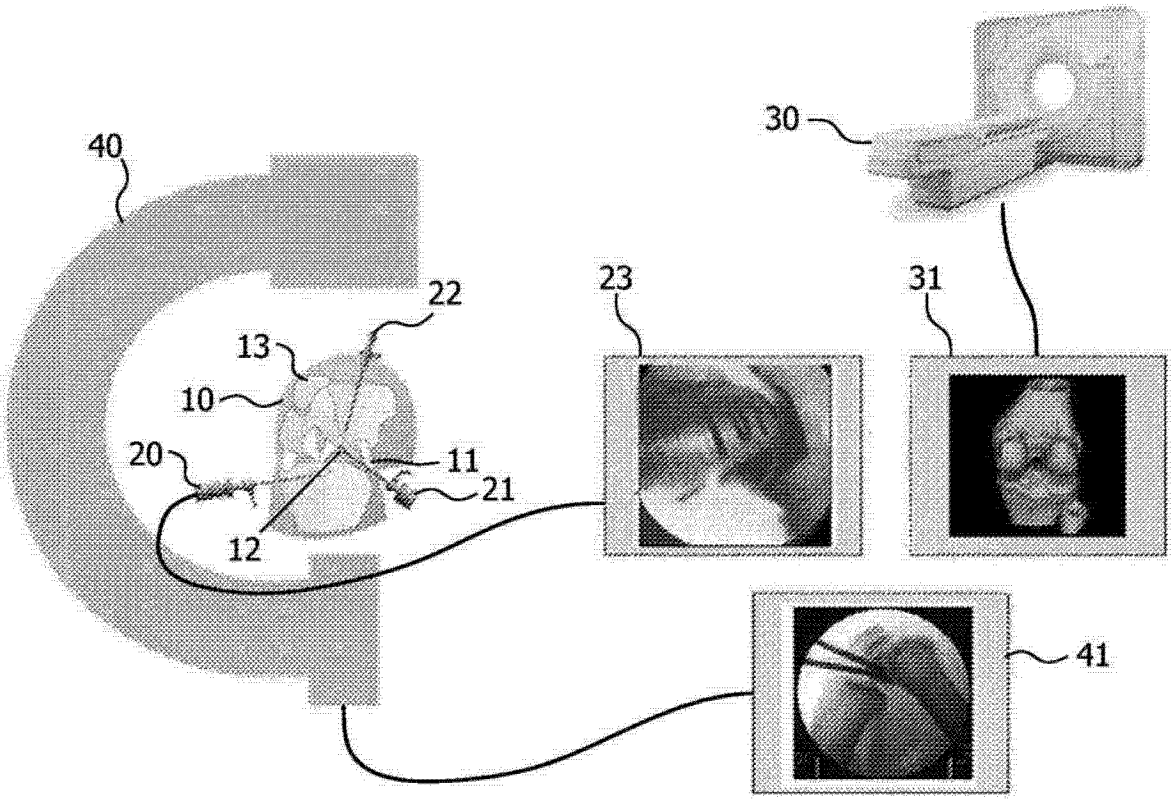


图 2（现有技术）

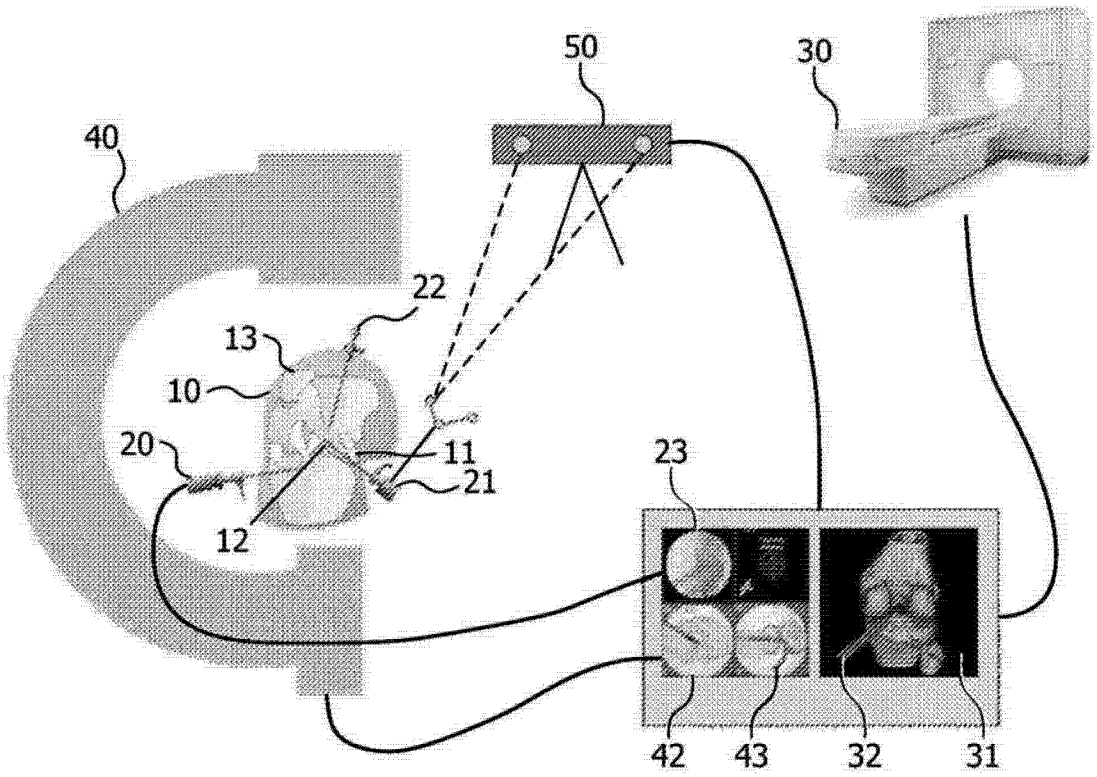

50
30
40
22
13
10
20
11
21
23
12
42
43
32
31

图 3（现有技术）

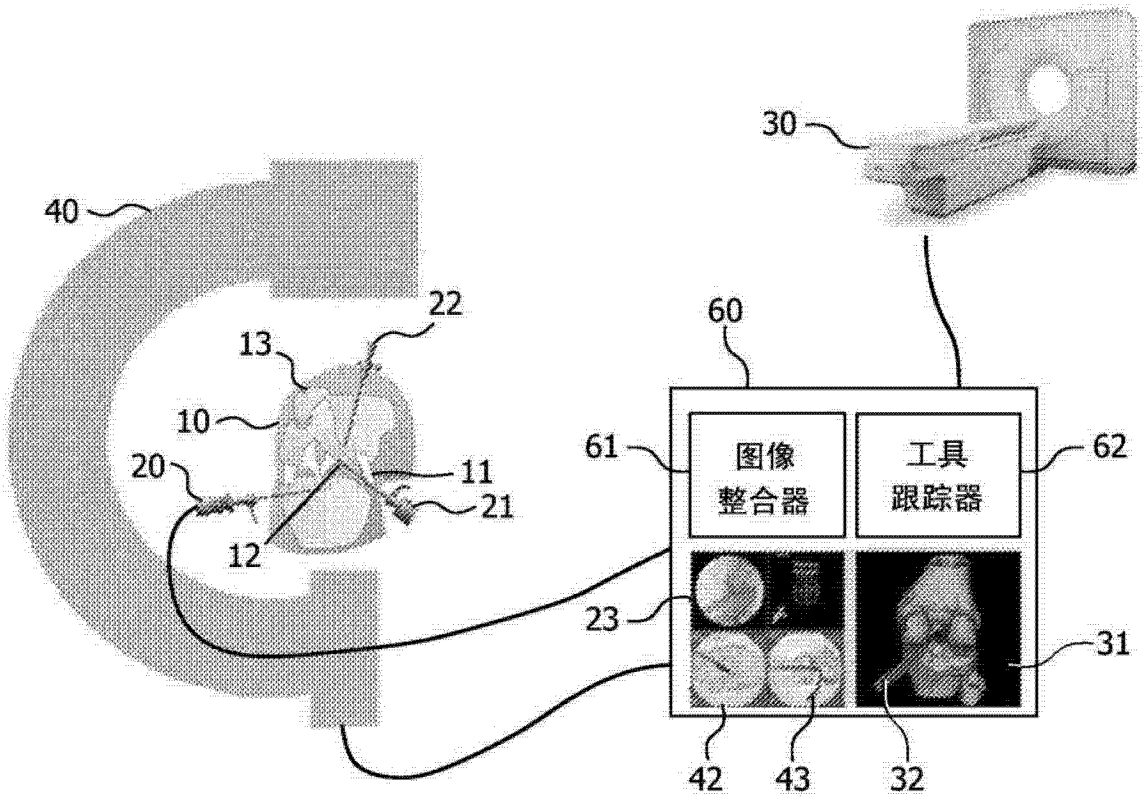

30
40
22
60
13
10
61
图像
整合器
工具
跟踪器
62
20
11
21
12
23
31
42
43
32

图 4

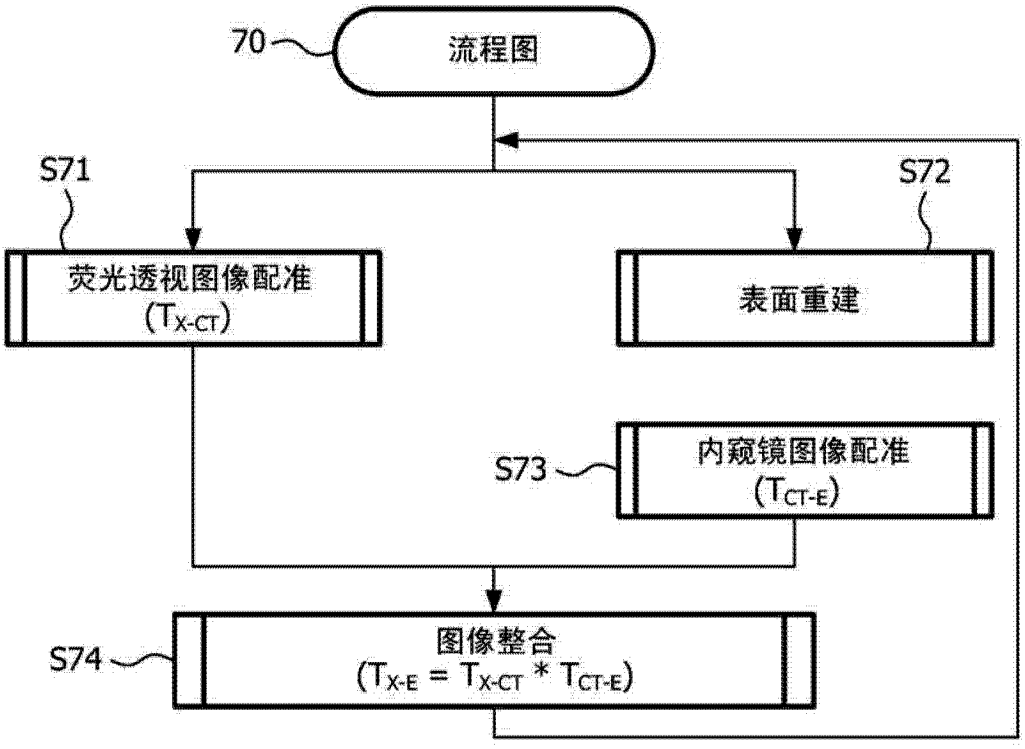

70
流程图
S71
S72
荧光透视图像配准
(T_{X-CT})
表面重建
S73
内窥镜图像配准
(T_{CT-E})
S74
图像整合
($T_{X-E} = T_{X-CT} * T_{CT-E}$)

图 5

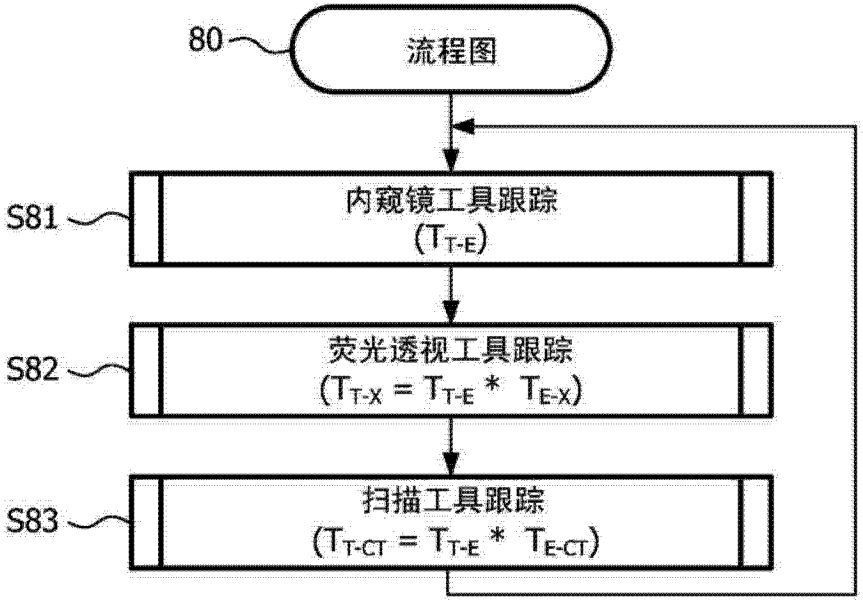

80
流程图
S81
内窥镜工具跟踪
(T_{T-E})
S82
荧光透视工具跟踪
($T_{T-X} = T_{T-E} * T_{E-X}$)
S83
扫描工具跟踪
($T_{T-CT} = T_{T-E} * T_{E-CT}$)

图 6

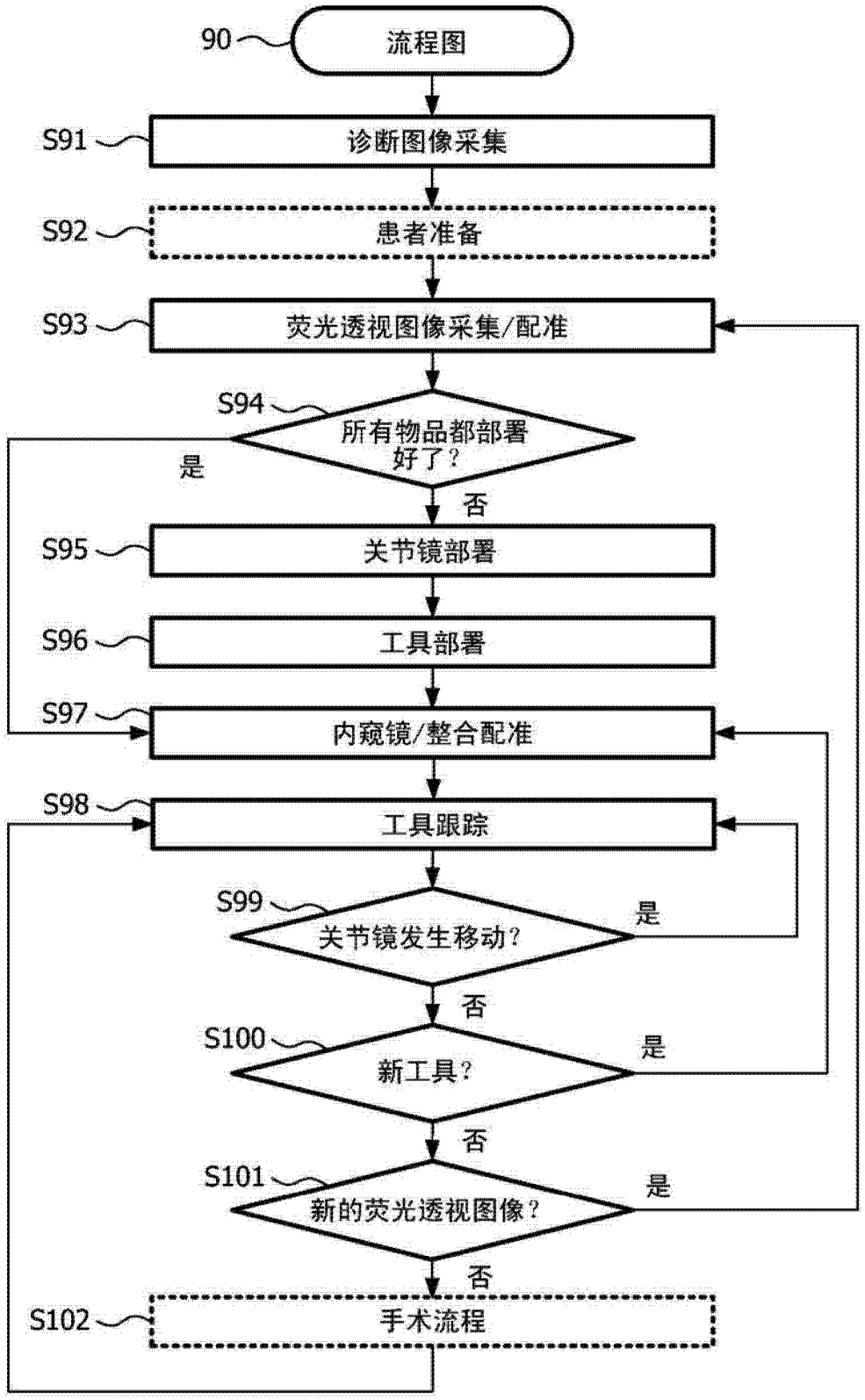
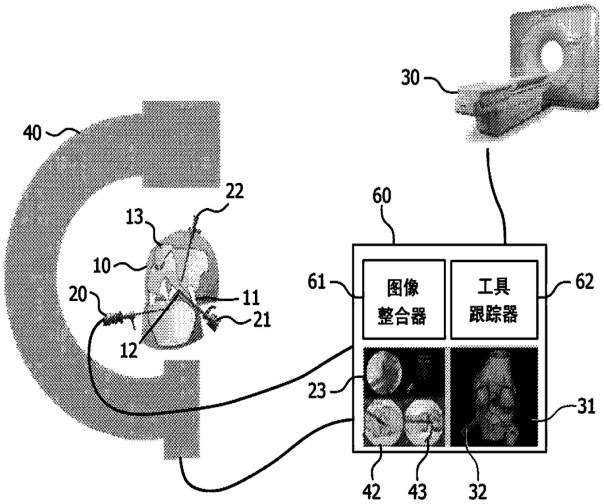

90
流程图
S91
诊断图像采集
S92
患者准备
S93
荧光透视图像采集/配准
S94
所有物品都部署好了？
是
否
S95
关节镜部署
S96
工具部署
S97
内窥镜/整合配准
S98
工具跟踪
S99
关节镜发生移动？
是
否
S100
新工具？
是
否
S101
新的荧光透视图像？
是
否
S102
手术流程

图 7

专利名称(译)	用于内窥镜手术的基于图像整合的配准和导航		
公开(公告)号	CN102711650B	公开(公告)日	2015-04-01
申请号	CN201080061265.2	申请日	2010-12-06
[标]申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦电子股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦电子股份有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦电子股份有限公司		
[标]发明人	A波波维奇		
发明人	A·波波维奇		
IPC分类号	A61B19/00 A61B1/00 A61B1/04		
CPC分类号	G06T7/004 A61B2019/505 A61B2019/5289 A61B1/0005 A61B19/5244 A61B2019/5238 A61B19/5212 A61B1/042 A61B2019/5265 A61B34/20 A61B90/361 A61B2034/105 A61B2034/2065 A61B2090/364 A61B2090/376 G06T7/70		
代理人(译)	王英 刘炳胜		
优先权	61/294502 2010-01-13 US		
其他公开文献	CN102711650A		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

一种相对于手术前手术规划和手术中图像对手术工具实施的实时跟踪涉及基于图像的配准和工具跟踪配准。所述基于图像的配准实施对身体的解剖区域的多幅图像的整合，所述多幅图像包括手术前扫描图像（31）（例如，3D CT/MRI图像）、手术中荧光透视图像（42）（例如，2D X射线图像）和手术中内窥镜图像（23）（例如，2D关节内窥镜图像）。所述工具跟踪配准实施在手术中内窥镜图像（23）内对一个或多个手术工具的跟踪在手术前扫描图像（31）和/或手术中荧光透视图像（42）内的表示。