(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110520074 A
(43)申请公布日 2019.11.29

(21)申请号 201880026163.3

(22)申请日 2018.02.22

(30)优先权数据
62/461,896 2017.02.22 US
62/515,106 2017.06.05 US
62/532,641 2017.07.14 US
62/609,550 2017.12.22 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2019.10.18

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/IB2018/051115 2018.02.22

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2018/154485 EN 2018.08.30

(71)申请人 网络牙科公司
地址 加拿大不列颠哥伦比亚省

(72)发明人 克里斯托弗·约翰·奇列洛
克莉丝汀·恩京·帕克
纳森·约翰·穆勒
达斯汀·理查德·德蒙蒂尼

(74)专利代理机构 北京安信方达知识产权代理有限公司 11262
代理人 武晶晶

(51)Int.Cl.
A61B 34/20(2006.01)
A61B 34/00(2006.01)
A61C 19/00(2006.01)
A61C 3/02(2006.01)

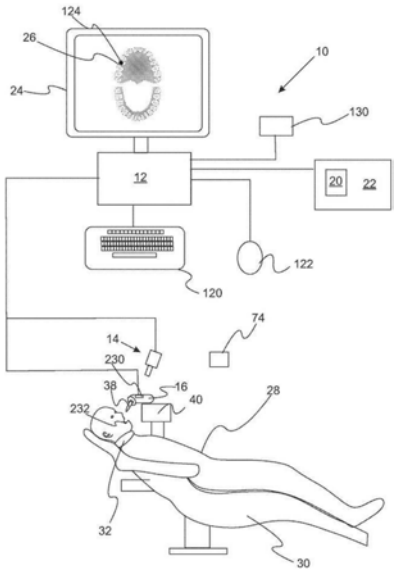
权利要求书3页 说明书10页 附图16页

(54)发明名称

自动牙科治疗系统

(57)摘要

用于对受试者进行牙科手术的系统包括控制该系统的自动操作的中央处理单元和渲染需要手术治疗的目标牙齿的图像的显示器。目标牙齿的图像从由该中央处理单元接收的图像文件创建。输入装置接收来自用户的手术指令以提供手术治疗，该手术指令随后由中央处理单元接收。手术指令包括待治疗的目标牙齿的图像上的视觉指示。该系统还包括分段牙科手机，其具有附接到第二段的第一段。第二段附接到牙科钻头并且可在中央处理单元的控制下相对于第一段移动。第一段可由操作者相对于目标牙齿保持静止。特征性地，牙科钻头包括从其突出的牙钻。该系统还包括三维(3D)视觉系统，其包括附接到分段牙科手机的多个摄像机。多个摄像机提供受试者牙齿的二维图像和/或实况视频，以映射到手术部位的预定3D表面扫描，从而建立分段牙科手机所对齐的世界坐标系。



CN 110520074 A

1.一种用于对受试者进行牙科手术的系统,所述系统包括:

中央处理单元,其控制所述系统的自动操作;

显示器,其渲染需要手术治疗的目标牙齿的图像,目标牙齿的所述图像从由所述中央处理单元接收的图像文件创建;

输入装置,其接收来自用户的用来提供所述手术治疗的手术指令,所述手术指令由所述中央处理单元接收,所述手术指令包括待治疗的目标牙齿的所述图像上的视觉指示;

分段牙科手机,其具有附接到第二段的第一段,所述第二段附接到牙科钻头并且在所述中央处理单元的控制下可相对于所述第一段移动,所述第一段由操作者保持为相对于所述目标牙齿静止,所述牙科钻头包括牙钻。

2.根据权利要求1所述的系统,还包括三维(3D)视觉系统,其包括附接到所述分段牙科手机的多个摄像机,所述多个摄像机提供受试者牙齿的二维图像和/或实况视频,该二维图像和/或实况视频将被映射到手术部位的预定3D表面扫描,从而建立一世界坐标系,所述分段牙科手机对齐到该世界坐标系。

3.根据权利要求2所述的系统,其中所述多个摄像机包括毫米级摄像机。

4.根据权利要求1所述的系统,其中所述视觉系统适于使用基准标记将其自身定位在所述世界坐标系中。

5.根据权利要求4所述的系统,其中所述基准标记包括相邻牙齿、附接到牙齿的光学标记或者牙齿卡钩或类似装置。

6.根据权利要求4所述的系统,其中所述基准标记包括有源发射器,以增强或改善所述多个摄像机检测或监测所述基准标记的能力。

7.根据权利要求1所述的系统,其中所述分段牙科手机包括微致动系统,所述微致动系统使所述第二段相对于所述第一段移动,所述第二段可相对于所述第一段以3至6个自由度移动。

8.根据权利要求7所述的系统,其中所述分段牙科手机包括电机和由所述电机旋转的驱动轴,所述驱动轴可由所述微致动系统定位。

9.根据权利要求7所述的系统,其中所述微致动系统包括六足微致动器。

10.根据权利要求7所述的系统,其中所述微致动系统包括压电微致动器。

11.根据权利要求1所述的系统,其中所述第二段包括柔性颈。

12.根据权利要求1所述的系统,其中所述视觉系统支持6个自由度。

13.根据权利要求1所述的系统,其中所述第二段的操纵边界至少部分地由所述视觉系统限定。

14.根据权利要求1所述的系统,其中所述视觉系统的输出以三维格式呈现为成像的解剖结构上的叠加图或呈现为次级图像。

15.根据权利要求1所述的系统,其中所述中央处理单元参数化地生成术后部位的3D网格以及待切入所述目标牙齿的手术工具路径。

16.根据权利要求1所述的系统,其中所述中央处理单元执行算法以将解剖图像对齐到所述手术部位的3D网格上。

17.根据权利要求16所述的系统,其中所述解剖图像是射线照片。

18.根据权利要求16所述的系统,其中在所述显示器上呈现所述解剖图像、对齐的解剖

图像、所述手术部位的3D表示以及将在术后呈现的所述目标牙齿的3D表示，以帮助所述操作者更改或批准在开始手术之前生成的工具路径。

19.根据权利要求1所述的系统，其中所述系统提供操作者反馈，所述操作者反馈指导所述操作者将所述分段牙科手机正确地定位在所述手术部位上方。

20.根据权利要求19所述的系统，其中所述操作者反馈是触觉的或听觉的。

21.根据权利要求19所述的系统，其中一旦所述分段牙科手机处于正确位置，就解锁手术操作。

22.根据权利要求1所述的系统，其中所述中央处理单元监测切割性能。

23.根据权利要求1所述的系统，其中所述中央处理单元提供来自牙钻的反馈，所述反馈用于监测指示意外切割的牙钻接触或用于检测蛀牙。

24.根据权利要求1所述的系统，还包括用于位置跟踪的冷却水射流，所述冷却水射流沿着光纤提供沿所述冷却水射流轴向向下的超声信号或光信号，以计算到所述目标牙齿的距离。

25.根据权利要求1所述的系统，还包括外部视觉系统，在该外部视觉系统中，摄像机在所述分段牙科手机的外部。

26.根据权利要求1所述的系统，其中所述分段牙科手机在没有视觉系统的情况下使用。

27.根据权利要求26所述的系统，其中所述分段牙科手机直接固定到所述牙齿。

28.根据权利要求1所述的系统，其中所述分段牙科手机包括有源发射器和检测器，所述有源发射器发射光或能量/磁波，所述光或能量/磁波由所述检测器检测，以确定所述分段牙科手机的位置。

29.根据权利要求1所述的系统，还包括导缝，所述导缝将所述分段牙科手机保持在特定方向，从而切割牙齿以适合牙冠。

30.一种方法，包括：

提供根据权利要求1至29中任一项所述的系统或另一种牙科切割系统；以及

在手术预约之前预先磨削牙冠，其中CAD/CAM磨削技术与所述分段牙科手机(即，智能钻)结合，并且在所述诊断和手术预约之间基于与其他诊断方式合并的定制3D网格数据预先计划牙科手术，因为所述系统在切割牙齿前已在其中编程了要切割到所述牙齿中的形状，并且所述分段牙科手机可以执行所述预先计划的手术，以亚毫米精度将所述所需形状切割到所述牙齿中，在所述手术预约前使用磨削系统将与匹配齿的牙冠插入物磨削至牙冠界面表面，从而允许在所述手术预约时将所述牙冠准备在椅旁，使得一旦所述手术完成就立即插入所述牙冠。

31.一种执行牙科程序的方法，包括：

形成在切割之后牙齿将显现的外部(相对于患者)渲染(即，三维模型)；

在所述患者体外形成牙冠、牙桥或其他细节装置；以及

将所述牙冠、牙桥或其他细节装置放置在所述患者体内。

32.根据权利要求31所述的方法，其由根据权利要求1-29所述的系统执行。

33.根据权利要求31所述的方法，其中通过3D打印形成所述外部渲染。

34.根据权利要求1-29中任一项所述的系统，还包括增强现实系统。

35.根据权利要求34所述的系统，其中所述增强现实系统包括用户可穿戴显示器。

36.根据权利要求34所述的系统，其中所述增强现实系统还包括将显示图形提供给用户可穿戴显示器的计算机。

37.根据权利要求1-29中任一项所述的系统，其中所述分段钻由用户操纵以进行宽泛切割，而所述分段钻自动进行更精细的切割。

38.根据权利要求1-29所述的系统，还包括可用于在牙齿上形成激光投影的投影系统，以及提供3D空间中所述分段牙科手机位置的信息的定位系统，从而即使在所述装置移动的情况下也动态地将投影激光束固定在目标上。

自动牙科治疗系统

相关申请的交叉引用

[0001] 本申请要求于2017年2月22日提交的美国临时申请序列号62/461,896;于2017年6月5日提交的美国临时申请序列号62/515,106;于2017年7月14日提交的美国临时申请序列号62/532,641;以及于2017年12月22日提交的美国临时申请序列号62/609,550的权益,其公开内容通过引用整体并入本文。

技术领域

[0002] 在至少一个方面,本发明涉及用于治疗牙科疾病的自动控制系统。

背景技术

[0003] 尽管近年来在治疗特定牙科疾病方面已经取得了进展,但牙科治疗的实际递送仍然是手动密集的过程。因此,需要用于使牙科治疗自动化的方法。

发明内容

[0004] 本发明通过在至少一个实施方式中提供用于对受试者进行牙科手术的系统来解决现有技术中的一个或多个问题。该系统包括中央处理单元和显示器,其中中央处理单元控制该系统的自动操作,以及显示器渲染(render)需要手术治疗的目标牙齿的图像。该目标牙齿的图像从由该中央处理单元接收的图像文件创建。输入装置接收来自用户的手术指令以提供该手术治疗,该手术指令随后由该中央处理单元接收。该手术指令包括待治疗的目标牙齿的图像上的视觉指示。该系统还包括分段牙科手机(segmented dental handpiece),其具有附接到第二段的第一段。该第二段附接到牙科钻头并且在该中央处理单元的控制下可相对于该第一段移动。该第一段可以由操作者相对于该目标牙齿保持静止。特征性地,该牙科钻头包括从其突出的牙钻。该系统还可以包括三维(3D)视觉系统,其包括附接到该分段牙科手机的多个摄像机。该多个摄像机提供受试者牙齿的二维图像和/或实况视频,以映射到手术部位的预定3D表面扫描,从而建立该分段牙科手机所对齐(register)的世界坐标系。

[0005] 在另一个实施方式中,提供了用于预先磨削牙冠的方法。该方法包括提供用于执行本文所述的牙科手术的系统的步骤。该牙冠在手术预约前进行预先磨削,其中CAD/CAM磨削技术与分段牙科手机(即,智能钻)结合,并且在诊断和手术预约之间基于与其他诊断模式合并的定制3D网格数据预先计划牙科手术,因为该系统在切割牙齿前已在其中编程了要切割到牙齿中的形状。该分段牙科手机可以执行预先计划的手术,以亚毫米精度将所需形状切割到牙齿中,在手术预约前使用磨削系统将与匹配齿的牙冠插入物磨削至牙冠界面表面,从而允许在手术预约时将牙冠准备在椅旁,使得一旦手术完成就立即插入牙冠。

[0006] 有利地,该分段钻可用于口腔外科学、牙髓病学(根管)、牙体外科学(填充物)和牙科种植体植入,以及通常牙钻目前所用但此处未列出的任何用途。

附图说明

[0007] 图1A是牙科治疗系统的示意图；

[0008] 图1B是显示了牙科治疗系统的组件之间的相互作用的理想化描述；

[0009] 图2A是分段牙科手机的示意性横截面图；

[0010] 图2B是分段牙科手机的替代设计的示意图；

[0011] 图3A是在分段牙科手机中使用的平移轴部分的横截面；

[0012] 图3B是在分段牙科手机中使用的平移轴部分的纵断面；

[0013] 图4是显示了从其中出现水射流的钻头的透视图；

[0014] 图5A和图5B描绘了由分段牙科手机实现的移动；

[0015] 图6提供了受试者的上牙弓和下牙弓中的所有牙齿的象形图；

[0016] 图7图示了用户界面，其显示对齐到从3d扫描系统获取的牙齿的3D网格表示的射线照片；以及

[0017] 图8显示了用于通过3次用户点击参数化地生成工具路径的用户界面：点击1-待配置的牙齿外表面的位置，点击2-准备边缘宽度，点击3-捕获锥度和咬合减少。当用户选择待准备的牙齿和修复材料时，确定其他参数。

[0018] 图9图示了牙冠的预先磨削。

[0019] 图10-图13提供了可以与本发明的分段钻系统一起使用的增强现实系统的示意图。

具体实施方式

[0020] 根据需要，本文公开了本发明的详细实施方式；然而，应当理解，所公开的实施方式仅是本发明的示例，可以以多样的和替代的形式来体现。附图不一定按比例绘制；一些特征可能被放大或减小，以显示组件的细节。因此，本文公开的具体结构和功能细节不应被解释为限制性的，而仅作为用于教导本领域技术人员多样地应用本发明的代表性基础。

[0021] 如本文所用的术语“受试者”是指需要牙科治疗的人类患者。

[0022] 术语“STL”是立体光刻CAD软件的文件格式。

[0023] 参考图1，提供了自动牙科治疗系统的示意图。牙科治疗系统10包括与牙齿扫描仪14和分段牙科手机16进行通信的中央处理单元12。分段牙科手机16由用户(即牙医)握持并具有许多机器人移动特征。在改进方案中，牙齿扫描仪14包括用户手柄，以供用户握持和根据需要移动扫描仪。中央处理单元12控制牙科治疗系统10的自动操作并可以监控牙齿切割性能。中央处理单元还可以提供来自牙钻的反馈，用于监测指示意外切割的牙钻接触或检测蛀牙。通常，中央处理单元12包含在计算机工作站中。驻留在计算机存储器22中的控制程序20由中央处理单元12执行，以从扫描仪14接收图像文件并至少部分地控制分段牙科手机16的移动。在操作期间，牙齿扫描仪14可以将牙齿图像数据传送至中央处理单元12。中央处理单元12包括显示器24，在显示器24上通过一系列屏幕上提示来指导手术过程。显示器24根据需要手术治疗的图像文件渲染受试者28的目标牙齿的图像26。图1描绘了坐在牙科椅30中的受试者28。受试者28的头部可以通过头枕32固定。分段牙科手机16包括从其延伸的、用于执行牙科手术的末端执行器38。末端执行器38通常是牙钻。在另一个改进方案中，牙科治疗系统10包括被动定位编码器臂40，其跟踪患者位置并将其传递到中央处理单元12。在

如图4所描绘的变化中，系统10包括用于位置跟踪的冷却水射流，该冷却水射流沿着光纤提供沿冷却水射流轴向向下的超声信号或光信号，以计算到目标牙齿的距离。

[0024] 参考图2A，提供了分段牙科手机的示意性横截面。分段牙科手机16包括通过柔性颈46附接到第二段44的第一段42。第二段44附接到标准牙科钻头48，其包括牙钻50。第二段44附接到标准牙科钻头48，其包括牙钻50。第二段44可以在中央处理单元12的控制下相对于第一段42移动。通常，第一段42由操作者相对于目标牙齿保持静止。图2所示的变化包括使驱动轴56沿方向d_1旋转的电机54。轴56耦合到柔性轴58，柔性轴58还耦合到驱动牙科钻头48的轴60。

[0025] 微致动系统62通过移动轴60使第二段44相对于第一段移动。有利地，第二段可以通过微致动系统62相对于第一段以3至6个自由度移动。特别地，第二段44可以以6个自由度移动(即，3个平动自由度和3个角度自由度)。图5A和图5B描绘了分段牙科手机在跟随牙齿路径切割目标牙齿时所实现的移动。在改进方案中，微致动系统62包括六足微致动器。微致动系统由中央处理单元12通过控制线64和可选的致动控制板66控制。为了适当移动第二段44，微致动系统62安装到第一段42或相对于第一段42固定。此外，轴60包括平移部分64，平移部分64包括第一杆部分66，第一杆部分66可沿方向d_2相对于第二杆部分68移动。图3A是平移部分64的横截面，而图3B是平移部分64的纵断面。第一杆部分66包括齿70，齿70与从第二杆部分68延伸的齿72互锁。平移部分64连同柔性轴58允许第二段44实现6个自由度。在改进方案中，微致动系统62可以包括1个、2个、3个或更多个压电元件，其使第二段44相对于第一段移动。在另一改进方案中，微致动系统62可以以具有小于6个自由度(例如，1个、2个、3个或4个)的模式操作，其中用户根据需要握持钻提供额外的自由度。

[0026] 参考图2B，提供了用于分段牙科手机16的替代设计。在该变型中，使系统进入操作区域并由操作者握持。初始位置数据由位置跟踪传感器记录并发送到用户界面。这通过读取与牙齿刚性耦合的数据来确定装置在口腔内的位置。通过设置位置生成工具路径，并将数据发送回电子控制器并通过用户界面读出给操作者。然后，操作者基于与用户界面的交互生成工具路径，该工具路径随后被传送回电子控制器并进入电机和微致动器。这通过经由电机设置的牙钻的转速和经由微致动器设置的牙钻的位置来执行切割操作。转速通过旋转轴从电机传递，旋转轴通过联轴器以一定角度耦合。该转速随后通过伸缩轴接头和旋转轴的延伸向上传播到枢轴臂直至牙钻。牙钻通过枢轴臂定位，借助微致动器具有4个自由度。为实现这一点：枢轴臂刚性固定到微致动器的顶板；底板刚性固定到外壳；伸缩轴允许轴向位移；柔性颈允许在所有轴线上移动。

[0027] 在变型中，分段钻由用户操纵以进行宽泛切割，而分段钻自动进行更精细的切割。

[0028] 参考图4，标准牙钻配备有多个水喷嘴，其在切割时将水喷射到治疗区域，以防止过热并杀死牙齿内的神经。在改进方案中，一束轴向的超声波或光纤光沿着射流向下，并使用有关到冲洗物体(治疗牙齿)距离的信息来提供另外的位置信息。

[0029] 在变型中，三维视觉系统包括内部视觉系统。例如，多个摄像机54附接到分段牙科手机16。多个摄像机54提供受试者牙齿的二维图像和/或实况视频，以映射到手术部位的预定3D表面扫描，从而建立分段牙科手机所对齐的世界坐标系。在一个改进方案中，多个摄像机54包括毫米级摄像机。有利地，视觉系统可以适于使用基准标记将其自身定位在世界坐标系中。基准标记的示例包括但不限于，相邻牙齿、附接到牙齿的光学标记或者牙齿卡钩或

类似装置。在改进方案中，基准标记包括有源发射器，以增强或改善多个摄像机检测或监测基准标记的能力。预定的3d表面扫描可以由口腔内3d表面扫描仪(例如，牙齿扫描仪14)生成。在改进方案中，视觉系统支持6个自由度。有利地，第二段44的操纵边界至少部分地由视觉系统限定。

[0030] 如下文更详细地阐述，视觉系统的输出以三维格式呈现为成像的解剖结构上的叠加图或呈现为次级图像。特别地，中央处理单元12参数化地生成术后部位的3D网格和待切入目标牙齿的手术工具路径。中央处理单元12可以执行算法以将解剖图像(例如，射线照片)对齐到手术部位的3d网格上。此外，在显示器上呈现解剖图像、对齐的解剖图像、手术部位的3d表示以及将在术后呈现的目标牙齿的3d表示，以帮助操作者更改或批准在开始手术之前生成的工具路径。

[0031] 在一些变型中，该系统提供操作者反馈，该操作者反馈指导操作者将分段牙科手机正确定位在手术部位上方。操作者反馈的示例包括触觉或听觉反馈。在一些变型中，一旦分段牙科手机16处于正确位置，就解锁(即，允许进行)手术操作。

[0032] 在另一个变型中，外部视觉系统中的摄像机在分段牙科手机16的外部。在图1中，该外部视觉系统74使分段牙科手机可视化并跟踪其运动。

[0033] 在又一个变型中，分段牙科手机16可以在没有视觉系统的情况下使用。替代地，分段牙科手机16可以直接固定至牙齿(去除了对视觉系统的需要)。这是由牙医握持并通过视觉系统稳定运动的替代方案。

[0034] 在图2A中所示的又一个变型中，分段牙科手机16的有源发射器84用于视觉系统中的基准。基准发射光或能量/磁波，并且钻中的检测器85将协调所述多个基准以确定位置。这可能导致飞进患者口腔的碎片，其可能干扰或阻碍传统的光学视觉系统。

[0035] 如图5B所示，导缝86可用于将分段牙科手机16保持在某些方向，从而切割牙齿以适合牙冠。例如，分段牙科手机16的运动可以通过导缝86中的狭槽87来限制。侧部88将导缝保持在牙齿上。通过这种变型，可以首先制作牙冠。可以用分段牙科手机16切割牙齿以适合牙冠。

[0036] 参考图1-图8，牙科治疗10的操作描述如下。中央处理单元12控制分段牙科手机16以去除目标牙齿的区域。牙科治疗系统10包括输入装置120、122，输入装置120、122可以是例如键盘和鼠标，其接收来自用户的手术指令以提供手术治疗。指令由中央处理单元12接收。特征性地，手术指令包括待治疗的目标牙齿的图像上的视觉指示124。控制程序20通过一系列屏幕上提示(即，用户界面)指导用户通过牙科方案。在该上下文中，由控制程序20引起的动作被理解为表示由中央处理单元12执行相关步骤。在变型中，牙科治疗系统10包括静态存储器130以存储能够由用户访问的患者简档和记录。在改进方案中，中央处理单元12还显示加载屏幕，该加载屏幕显示一系列患者记录并给出加载现有患者或创建新患者记录的选项。

[0037] 在牙科治疗系统的操作期间，用户创建患者简档条目。这样的简档包括患者姓名、出生日期、患者编号等。给予用户输入治疗计划的选项。在改进方案中，如图6所示，中央处理单元在显示器上渲染受试者的上牙弓和下牙弓中的所有牙齿的象形图。控制程序20还提供屏幕上提示，其允许用户输入关于牙齿的特定信息。通常，通过在用户界面上点击特定牙齿来输入该信息。例如，以可输入的描述性注释的方式来鉴别缺失的牙齿或要在其上进行

手术的牙齿。此外，用户可以鉴别与所选牙齿相关的修复体的类型，诸如牙冠、牙桥、高嵌体/嵌体和填充物(例如，类别1至5)。控制程序20具有向用户提出各种建议的能力。例如，中央处理单元12(通过执行控制程序20)在显示器24上向用户呈现牙齿的选择，放置修改的橡皮障夹具以进行牙科手术和/或对候选牙齿进行扫描。

[0038] 参考图1，自动钻系统10包括牙科牙齿扫描仪14，以产生受试者牙齿的图像。牙科牙齿扫描仪的示例是iTero®元件，其为可从AlignTechnology，Inc.商购的口腔内扫描仪。这样的牙科牙齿扫描仪创建将要对其进行作业的患者牙弓区域的STL图像文件。特别地，控制程序20从由牙科牙齿扫描仪14接收的数据创建3D图像。在变型中，中央处理单元12使用叠加了咬翼片X射线的可变形的术前网格来渲染目标牙齿的三维模型。通常三维模型呈现在显示器24上。有利地，可变形的术前网格可由用户编辑以产生手术后网格和目标修复的表示(修复网格)。生成修复网格，其内表面与术后网格的表面对齐，外表面表示期望的牙齿修复的外表面。通常，在该编辑期间，牙齿不成形为处于破损状态，而是成形为处于指定为完成修复的原始状态所应当的形状。三维模型向用户呈现关于治疗的手术标准的渲染。这样的手术标准包括咬合接触、邻面接触、目标牙齿的解剖学形态、咬合减少、相对于生物学宽度和邻面接触的边缘放置，以及叠加在术前网格上的咬翼片的图像。咬合接触是完成的修复牙齿解剖结构上的精确接触点，其中上下牙齿彼此接触。因此，三维模型确保恢复的牙齿相对于相对的牙齿正确地定位。邻面接触与完成的修复如何接触其两侧的牙齿有关。因此，三维模型确保已修复的牙齿正确地配合在相邻牙齿之间。最后，关于解剖学形态，三维模型确保已修复的牙齿在解剖学上看起来正确(例如，轮廓的颈和颊侧高度)。另外，中央处理单元12可以显示与手术标准相关的临床信息。例如，如图7所示，用户界面在网格上显示牙齿交叉点(用条目编号140标记)。这允许用户减少或重新勾画网格的该区域，以给出正确的与相对和相邻的牙齿的接触或者解剖学形状(参见图7)。工具路径是从视图端口生成的参数，该视图端口具有注册到3d网格的咬翼片或根尖周射线照片(参见图8)。这允许临床避开解剖学标志，诸如牙髓、邻近牙齿或移除龋齿。然后通过6项用户输入参数化地生成工具路径：在其上进行操作的牙齿的数目，决定所需材料厚度的修复材料，相对的牙弓网格和3次点击。三次点击是1边缘放置，2边缘宽度，3准备壁锥度和咬合减少。

[0039] 一旦参数化生成的工具路径被牙科医生批准，就将其用于在分段牙科手机和末端执行器切割牙齿的同时在磨削室中同时磨削修复体。应当注意，填充物的内表面和边缘直至牙齿准备形状完成才被磨削，以确保一旦得知最终的内部结构就进行填充。此时，由于被磨削的修复体的外表面已知，唯一考虑的表面将会是进行手术切割的牙齿和磨削的修复体的配合/内表面。牙医或助理随后根据可能呈现在用户界面中的他们的临床评估来选择待磨削的修复体的材料。各种选项包括但不限于复合块(廉价且磨削快速)、二硅酸锂(磨削慢，非常坚固的修复体)、瓷等。

[0040] 如上所述，牙科治疗系统10包括至少一个牙齿扫描仪14。在变型中，牙齿扫描仪14可以在几种模式下运行。这样的模式的示例包括但不限于，手术扫描模式，其中需要进行手术的牙齿和两个相邻的牙齿被成像；咬合扫描模式，其中与经受手术的牙齿咬合的相对牙弓中的牙齿被成像；交叉扫描，其中为颊部/侧面扫描模式，咬合在一起的上下牙齿被成像以记录它们如何配合在一起。

[0041] 在某些变型中，将对受试者的牙齿执行至少两次扫描。在放置修改的橡皮障之前

进行第一次扫描，在放置修改的橡皮障之后进行第二次扫描。关于第一次扫描，用户(例如，牙科助理)进行3D扫描，该3D扫描作为我们软件的位置图。在改进方案中，用户对由控制程序20推荐的区域进行扫描。推荐进行扫描的区域取决于进行手术治疗的牙齿。通常，扫描可以是手术扫描、咬合扫描和/或交叉扫描的组合。在手术扫描中，所考虑的牙齿和与其相邻的两个牙齿被扫描。在咬合扫描中，与经受手术的牙齿咬合(配合在一起)的相对牙弓中的牙齿被扫描。在交叉扫描中，进行颊部/侧面扫描，其中上下牙齿咬合在一起以记录它们如何配合在一起。交叉扫描图像用于记录上下牙齿扫描如何配合在一起的位置。对于第二次扫描，用户使用橡皮障、橡皮障框架、修改的橡皮障夹具和就位的被动定位臂进行第二次3D扫描。控制程序20记录或对准两次扫描的位置以创建组合的3D网格。组合的3D网格反映橡皮障上方的牙齿、橡皮障下方的牙齿和牙龈组织以及修改的橡皮障夹具的定位参考点的位置。

[0042] 控制程序20能够有利地引导分段牙科手机16在由操作者(例如牙医)握持的同时在多个牙齿上进行手术。特别地，牙科治疗系统10可以执行四分区手术(quadrant surgery)。如果牙齿是后牙(从后磨牙到中间的中切牙-国际牙齿编号1到8)，从后磨牙到中线完成扫描。这在牙科中被称为四分区。牙科治疗系统10还能够进行前方手术。特别地，如果牙齿是前牙(牙齿编号3-3)，则不使用四分区。替代地，上牙弓和下牙弓都使用一组前牙。例如，对牙齿进行手术将会需要扫描所考虑的牙齿和两个相邻牙齿作为相对牙齿的手术区域。该手术还会需要在患者将其牙齿咬合在一起的情况下从大约15+45、16+46、17+47的侧面进行扫描，以记录牙齿如何配合在一起。该扫描过程由用户(例如，助理)拍摄多个图片组成，其包括Z值深度信息，该Z值深度信息被拼接在一起以创建3D模型。

[0043] 然后可以使用这些扫描来创建可呈现给用户的可旋转复合三维模型。在该模型中，用户能够根据准备类型(例如，牙冠/高嵌体/嵌体)设置准备区。在改进方案中，用户可以利用不同的“刷子”数字地绘制牙齿的不同区域，这些“刷子”在每种绘制颜色下表示切割深度。在另一个改进方案中，用户使用触控笔输入与3d网格交互，该触控笔如:Geomagic Sculpt(www.geomagic.com/en/products/sculpt/touch/)。切割的方向垂直于被绘制的网格的表面或垂直于咬合平面。在改进方案中，切割深度的优选默认值被设置为默认值。在另一个变型中，由牙医和/或控制程序20设置“禁止进入”区域。例如，设置处于牙齿之间2D平面，并且该2D平面充当邻间屏障以鉴别一个牙齿开始和相邻牙齿结束的位置。这防止控制软件将切割从一个牙齿向外延伸到另一个牙齿中，从而创建工作边界。在这方面，牙医通过用刷子绘制边缘来设置齿龈/牙龈边缘。在变型中，可操作控制程序20以确定牙齿的牙髓和/或神经的大致位置。在一个改进方案中，该确定是基于距牙齿外表面的径向距离和接触神经的可能深度的概率位置。

[0044] 在一些变型中，如果在手术过程中发现腐烂，则控制程序20需要来自牙医的指示以实现牙科准备的自动延伸。当发现腐烂时，向用户呈现几种选项。可以基于由牙医设置的标准去除腐烂。可以留下腐烂，允许牙医在程序的该点处编写额外的牙齿切割循环。该切割步骤的起始点在最近的牙齿切割之后。这使用在用第一次切割之后的牙齿状态更新的3D模型基本上重新运行牙医输入步骤。有问题的腐烂区域可以在3D网格上以不同颜色突出显示。可以向软件给出何时去除腐烂的细节。例如，如果准备接近于牙医或软件定义为可能包含神经的空间，则包括延伸准备的设置。可以根据牙医的斟酌指示软件追踪腐烂进入该空

间或者不进入该空间。当治疗计划最终确定时，用户在用户界面中提供接受治疗计划的指示(即，勾选框、点击按钮等)。

[0045] 在用户完成三维工具路径的编辑之后，可操作中央处理单元以根据用户在三维模型中鉴别的区域来控制分段牙科手机磨削目标牙齿的内表面和边缘。例如，可操作分段牙科手机16以切出如在开始手术之前由用户在输入装置中使用数字刷子所描绘的整个外形形状。在这方面，可操作中央处理单元12以延迟磨削直至完成牙齿准备形状。

[0046] 扫描仪的捕获软件进入系统软件以允许访问生成的STL文件。在改进方案中，牙科技师进行3D扫描以提供位置图。特别地，技师对软件推荐的区域进行扫描。

[0047] 在改进方案中，可操作中央处理单元12以通过将从牙齿成像扫描仪接收的数据与从牙科钻和/或牙齿扫描仪接收的数据进行组合来创建待治疗的受试者牙齿的三维密度矩阵。具体而言，驱动主轴的电机的负载在切割诸如牙釉质等较高密度材料时将会增大，而在切割诸如龋齿等较低密度材料时将会减小。通过将电机负载(和间接的主轴速度)与工具的进给速率、牙齿的3d表面网格和末端执行器的3d坐标相结合，我们能够计算每个被切割区域的相对密度。特别地，可操作中央处理单元12以鉴别三维密度矩阵中的体积单元，并将每个体积单元与表征牙齿状态的标识符相关联。这样的标识符的示例指示牙齿中的区域是否包括硬牙釉质、腐烂牙釉质、硬牙本质、腐烂牙本质、坚固牙骨质、腐烂牙骨质和牙髓/神经或者修复材料如汞合金、复合材料、金等。此外，标识符还可用于指示先前的填充物(例如，汞合金、复合材料等)和先前的牙冠。中央处理单元12根据标识符对体积单元执行预定的治疗方案。预定的治疗方案计算通过采用磨削速度被切割的牙齿的相对密度、末端执行器中的牙钻的主轴速度(或驱动主轴的电机的电流增加)和移动分段牙科手机的速率。在这方面，可操作中央处理单元12以引导分段牙科手机的末端执行器根据在三维密度矩阵中所鉴别的区域来切割受试者的牙齿。

[0048] 在变型中，牙科治疗系统10还可以包括密度扫描仪。参考图1，牙科治疗系统10还包括密度扫描仪150，其创建基于体素的图像(如CT重建)。在这样的体素图像中，牙齿的密度由颜色表示。此外，体素图像可以叠加在网格上。该显示过程类似于CT图像，其使用体素而不是网格来显示密度(辐射不透明度)。然而，在该变型中，并非如CT那样使用辐射不透明度，而是将密度确定为对切割工具旋转的阻力。通过结合末端执行器的主轴速度/电机上的电负载、末端执行器与网格接触的已知接触表面积、网格相对于牙齿的移动速度(考虑到由编码器臂编码的牙齿的相对论速度)，计算作为相对密度值的值。将该值与来自测试材料的已知密度的实验室数据进行比较。

[0049] 当分段牙科手机切割牙齿时，创建密度值的3D矩阵并将其索引到分段牙科手机上的末端执行器的XYZ坐标。通过使用末端执行器相对于患者牙齿的进给速率和末端执行器牙钻与牙齿接触的表面积来计算每个XYZ坐标的密度值。由于牙齿的3D网格、牙钻相对于牙齿网格的局部位置、牙钻的形状、牙钻的磨损率和主轴速度是已知的，因此可以通过与电机负载的相关性来确定密度值。在相同的XYZ坐标处建立牙齿状态矩阵。经由将密度值与它们距牙齿外表面的径向距离进行结合的算法来计算这些状态。该计算利用了牙齿由以某种程度上可预测的位置进行分层的各种材料组成的事实。密度值的位置意指牙齿的不同区域中的不同的物质。例如，发现相对于相邻区域具有低密度点的区域可能是软牙釉质区域，或者是从硬牙釉质区域到硬牙本质区域的过渡，这取决于距离牙齿表面的径向位置。这种差异

是延伸准备和维持准备之间的差异。

[0050] 延伸工具路径循环通过牙齿修复界面上的每个边缘点的决定由蛀牙状态和所考虑的坐标的位置来确定(例如,利用工具通过上文定义的预先确定的禁止进入区域(相邻的牙齿、牙龈、牙髓))。重复该循环,直到未检测到另外的腐烂区域、已达到边界或已触发呼叫牙医项目。

[0051] 参考图6、图7和图8,提供了用于图1的系统的计算机屏幕上显示的用户界面160的示意图。图6提供了用于牙齿选择172的屏幕截图。在牙齿选择172中提供了两个视图-三维视图174和地形布局视图176。可以从该视图中选择牙齿158。图7提供了将咬翼片x射线168覆盖到3D扫描的术前网格170上的屏幕截图。还描绘了术后网格172和修复网格174。修复网格174将包括由术前网格170和将替换缺失牙齿部分176的修复物限定的表面。此外,修复网格174具有与术后网格172对齐的内表面177和表示期望修复的外表面178。图8图示了术后网格预操作180的生成。使用术后网格来创建工具路径。术后网格被参数化生成。特别地,边缘放置182由1(对称边缘放置)或2(非对称边缘放置)点击来确定。用户首先点击鼠标(第一次点击)以指示牙齿188的外表面上的冠状顶端高度位置,以将手术边缘置于中间。在咬翼片x射线168上的叠加允许用户确保边缘在任何现有腐烂或先前存在的修复材料下方。第二次鼠标点击确定相同的数据作为远侧边缘的点B(注意:边缘放置182可以通过替代过程0确定,这是一个实施方式)。向用户呈现快照,其显示边缘所放置在的牙齿158的外表面上可接受位置的范围。如果用户选择损害了生物学宽度的边缘位置,或者在接触点上方,软件会提醒用户。这两个边界用作边缘放置182的快照范围。然后用户通过一次点击输入边缘宽度184-将鼠标从外部边缘放置182朝向待处理牙齿的中心移动。然后向用户呈现快照,其允许用户接受理想的轴向材料减少厚度。或者,用户可以忽略该快照并将边缘放置地更深入牙齿组织中以捕获腐烂或现有的修复材料。接下来,用户利用最终点击选择牙齿的锥度和最小减少厚度186。每种材料都具有最小厚度要求(即,减小厚度)。该厚度通过接合上下牙齿网格并从相对齿的高度向将要切割的齿中减去最小厚度要求来获得。这种做法不是仅从待切割的牙齿去除最小厚度,因为待切割牙齿的某些部分可能不与相对的牙齿接触,意味着间隙空间可以用修复材料填充。这导致去除更少的牙齿结构。在严重磨损的手术牙齿的情况下,咬翼片X射线168的叠加可以指示治疗后网格,该治疗后网格在牙髓顶部延伸,如解剖图像所示(咬翼片射线照片)。在这种情况下,临床告知患者可能需要根管或者预防性地完成根管。向用户呈现快照,其指示软件计算的理想的锥度和减小厚度186。用户可以接受该快照或将其更改为她/他期望的位置。

[0052] 在另一个实施方式中,提供了上述系统与用于磨削牙冠的磨削室(CAD/CAM系统)组合时的替代应用。或者,在该实施方式中可以使用任何其他牙科切割系统。参考图9,在该替代治疗顺序中,患者被诊断患有需要牙冠作为解决方案的牙齿问题。该预约称为诊断预约,并且通常在手术预约之前发生。在该新顺序中,患者的牙弓在该诊断预约中扫描,以创建手术区域和相对牙弓的3D网格。获得任何另外的诊断模式并在网格对齐。例如,任何映射到网格的彩色图像,或对齐到网格的射线照片,以帮助牙医在手术程序之前诊断和计划手术。

[0053] 在诊断预约和手术预约之间,牙医执行虚拟手术计划细节,如手术边缘位置、锥度、咬合减少、插入路径等。像口腔中的预先计划手术一样,牙医会知道存在一些区域他可

能有一定程度的不确定。例如，治疗的深度。邻间边缘放置位置可以使用对齐的咬翼片X射线预测性地放置。此外，由神经网络组成的AI将以符合所有当地法律要求的匿名方式，将牙冠数据与从smartDrill集合中汇集的先前完成的牙冠手术的大数据集进行比较。利用该数据，系统还可以向牙医提供AI认为对边缘放置发生变化的预测。任何不涉及边缘放置的内部结构变化都可以通过传统的牙科方法解决。这些方法包括去除腐烂、进行根管等，放置核心，然后使系统将牙冠界面的内部配合面磨成预先计划的形状，或者用胶粘剂填充额外的减少。边缘放置的变化对牙冠具有较大的影响，因为开放的边缘不利于高质量的牙科技术。在这些情况下，预先磨削的牙冠将部分完成。无论如何，大多数牙齿结构都将是可预测的。例如，咬合、接触等可以是可预测的，并且仅在特定位置处的边缘放置可能是不确定的。在这种情况下，牙医将批准大部分牙冠的预先磨削，并且在不确定的位置处将留下多余的材料未被磨削。一旦不确定性得到解决，这种部分预先磨削的牙冠可以在手术预约时在短时间内完成，时间比完全磨削牙冠的时间要短得多，因为牙冠大部分已经过磨削。这允许在手术预约时更短时间的磨削。或者，不存在不确定性，这允许牙医完全预先磨削定制牙冠。定制牙冠的预先磨削是可能的，因为我们知道基于虚拟手术SmartDrill将会可预测地切入牙齿的形状，并且通过智能钻完美地执行该手术。

[0054] 图9提供了用于制造预先磨削牙冠的示意图。作为预操作的一部分，进行3d口腔内扫描200。如上所述，将射线照片叠加在网格202上。然后使用上述自动系统和/或分段钻具组204形成牙冠。可使用人工智能完全或部分预先磨削牙冠。在预约当天，可以然后使用分段钻来准备专利牙齿以供插入牙冠，该牙冠随后胶粘就位。

[0055] 图10-图13提供了增强现实系统在牙科应用中的应用的示意图。在另一个实施方式中，与牙科器械一起使用的增强现实(AR)界面包括由用户穿戴的用户可穿戴显示器210，其与AR控制台212交互。该系统还包括将显示图形提供给用户可穿戴显示器190的计算机/显示器214。增强现实系统可以与传统牙科钻和自动牙科系统如本文所述的牙科系统一起使用。此外，增强现实界面可以与上述分段钻具组一起使用。如本文所用，“增强现实(AR)”是指具有计算机生成的增强功能的物理现实环境的实时直接或间接视图。增强现实显示器叠加期望的工具位置、程序状态(如果适用)、表现数据(如果适用)、系统信息(如果适用)，并且一旦工具就位，AR替代地指导用户在过程中根据需要移动工具，并在用户视野上显示图像和文字(参见图11)。用户将能够禁用/启用和配置显示器中可看到的可见信息。信息将实时显示。显示器将使用嵌入安装在患者口腔内的牙科设备中的基准标记来记录患者的位置和移动。如图12所示，显示器将使用嵌入式基准标记218记录牙科设备的位置和移动。

[0056] 在变型中，上述系统包括可用于牙科种植体植入、切割牙冠和任何使用牙科钻的程序的手动钻。该用途还包括自动牙科钻，如本文在图1-图4中所示的SmartDrill分段钻(参见图13)。通过SmartDrill系统，成像系统将通过智能钻视觉系统收集的定位数据结合在一起，并将其与来自AR头戴装置和其他定位系统的数据集成，以创建有史以来最完整的3d数据集。

[0057] 在另一个实施方式中，提供了执行牙科程序(例如牙冠修复)的方法。该方法包括在切割(例如，使用分段牙科手机16)之后形成牙齿将显现的外部(相对于患者)渲染(即，三维模型)。可以通过3D打印来进行该三维渲染。然后在患者体外形成牙冠、牙桥或其他细节装置。可以使用分段牙科手机16或其他牙科系统进行该目的。然后将牙冠、牙桥或其他细节

装置放置在患者体内。

[0058] 参考图1,投影系统230(例如,微激光投影仪)可用于与定位系统232(例如,固定到牙齿的视觉编码器)结合在牙齿上形成激光投影,该定位系统提供3d空间中钻头位置的信息,从而即使在装置移动的情况下也动态地将投影激光束固定在目标上。定位系统230可以附接到分段钻头16或与分段钻头16分离。这允许临床医生看到将手持件保持在其上的目标位置,以装置有利于最大的装置运动范围。定位系统将计算工具的位置,并且激光投影仪将投影到牙科工具用户将会将系统移向的目标。例如,如果与牙科钻头一起使用,系统会将激光目标投影到牙齿上,对于种植体,激光会将目标投影到牙龈和骨骼上。目标将会是用户将会将工具移向的位置。这解决了必须看着计算机屏幕或使用AR头戴装置来正确定位工具的问题。

[0059] 虽然以上描述了示例性实施方式,但是并不旨在这些实施方式描述本发明的所有可能形式。相反,说明书中使用的语句是描述性而非限制性的,并且应当理解,在不脱离本发明的精神和范围的情况下,可以进行各种改变。另外,各种实现实施方式的特征可以进行组合以形成本发明的另外的实施方式。

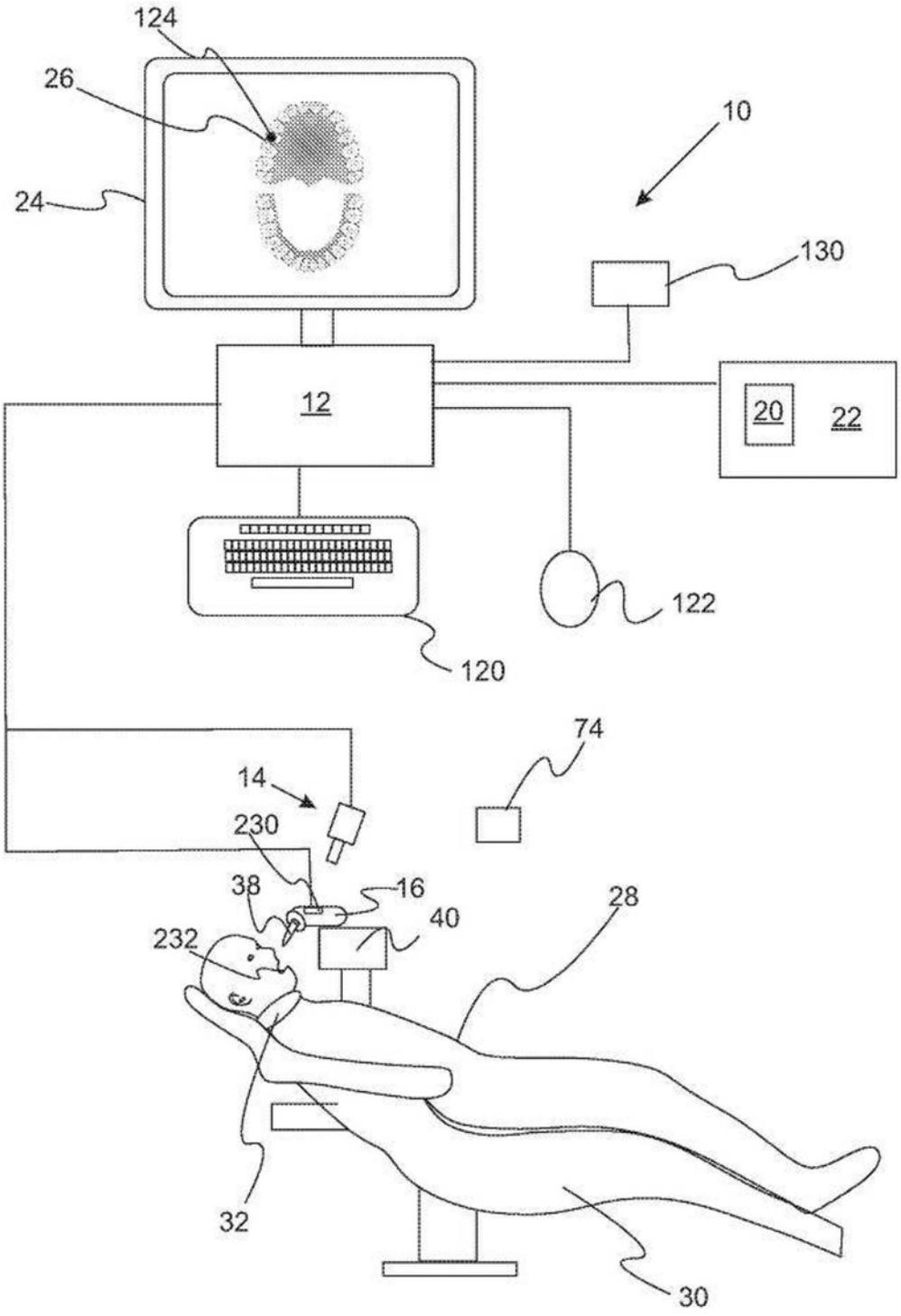


图1A

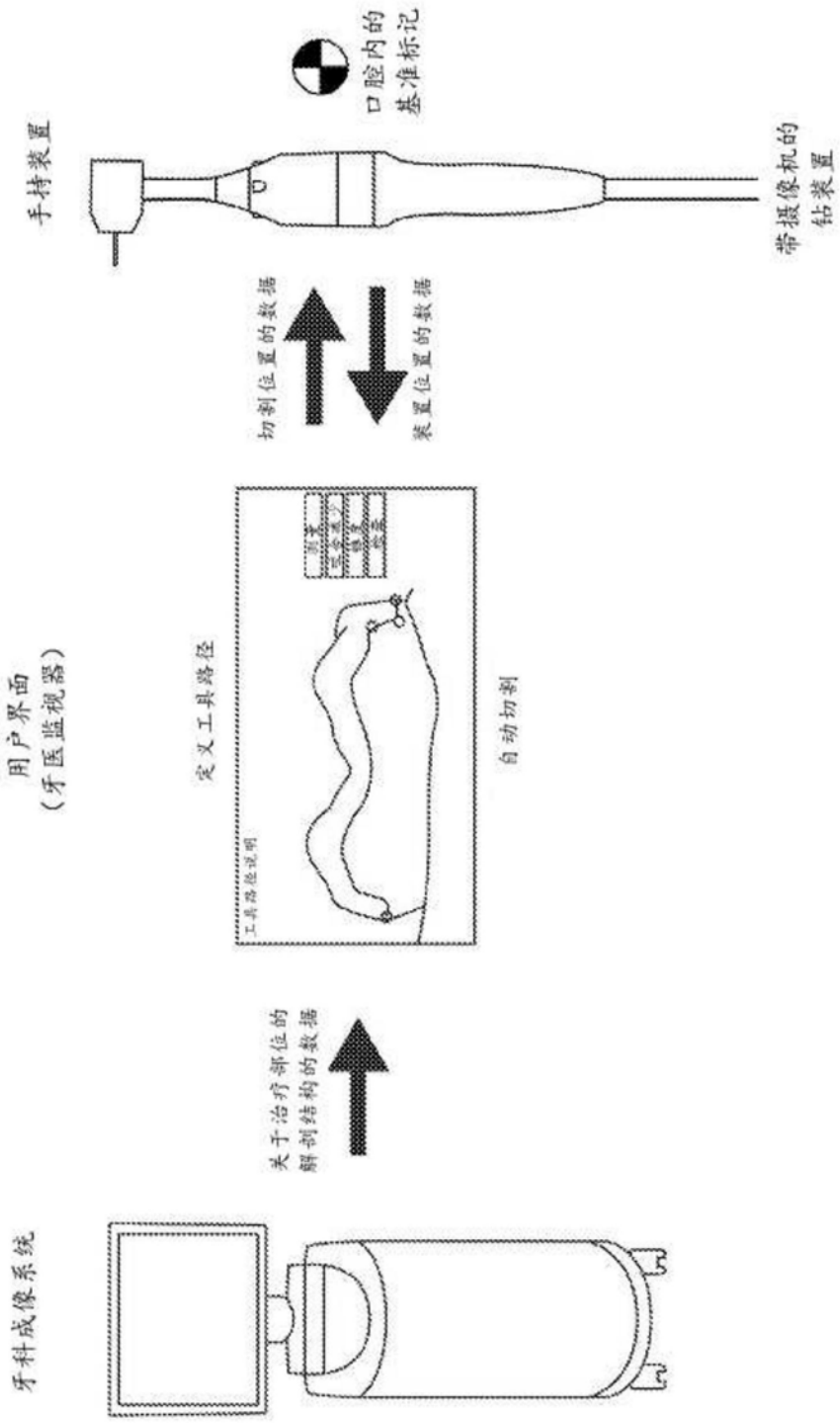

手持装置
口腔内的基准标记
带摄像机的钻装置
切割位置的数据
装置位置的数据
用户界面
(牙医监视器)
定义工具路径
自动切割
关于治疗部位的解剖结构的数据
牙科成像系统

图1B

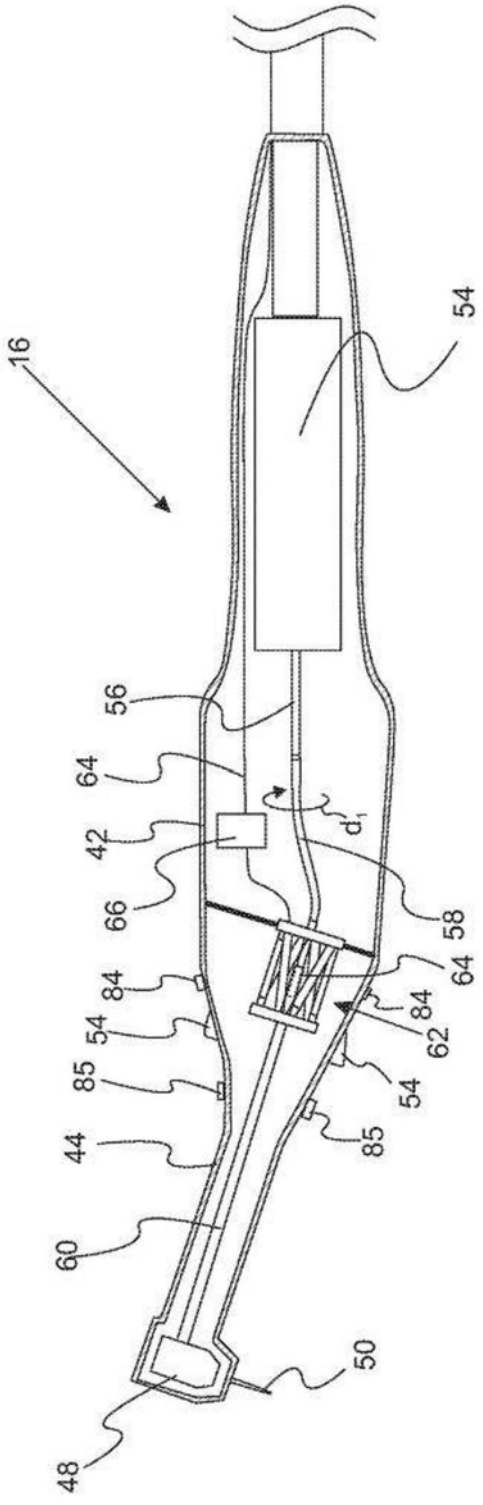


图2A

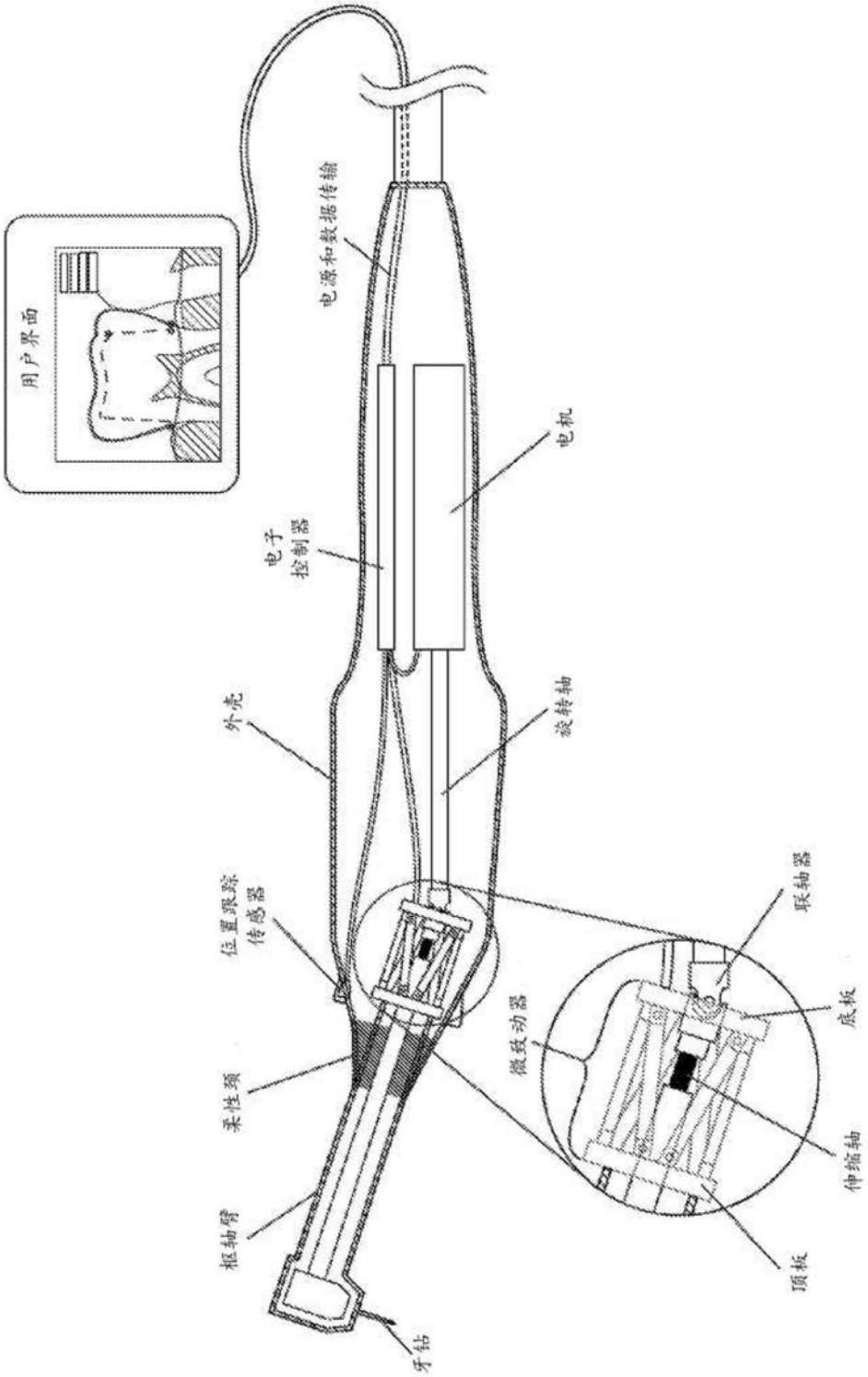

用户界面
电源和数据传输
电机
电子控制器
外壳
旋转轴
位置跟踪传感器
柔性颈
枢轴臂
手钻
联轴器
底板
微致动器
伸缩轴
顶板

图2B

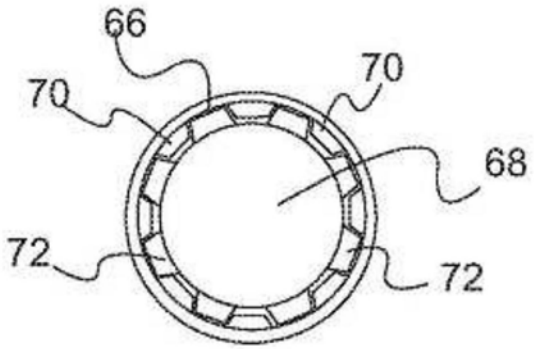


图3A

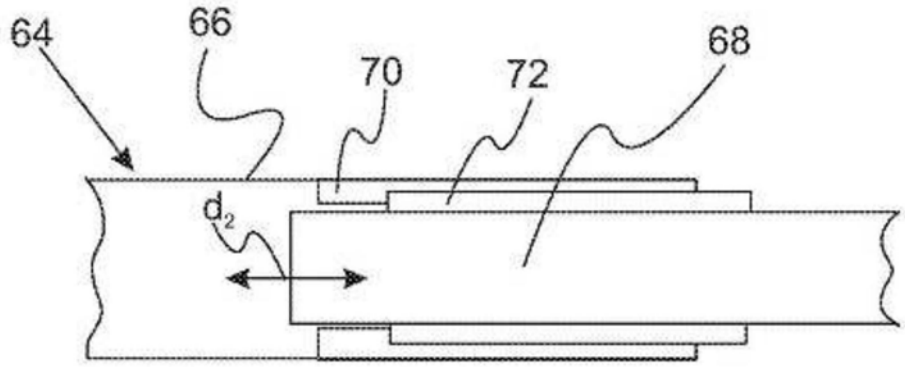


图3B

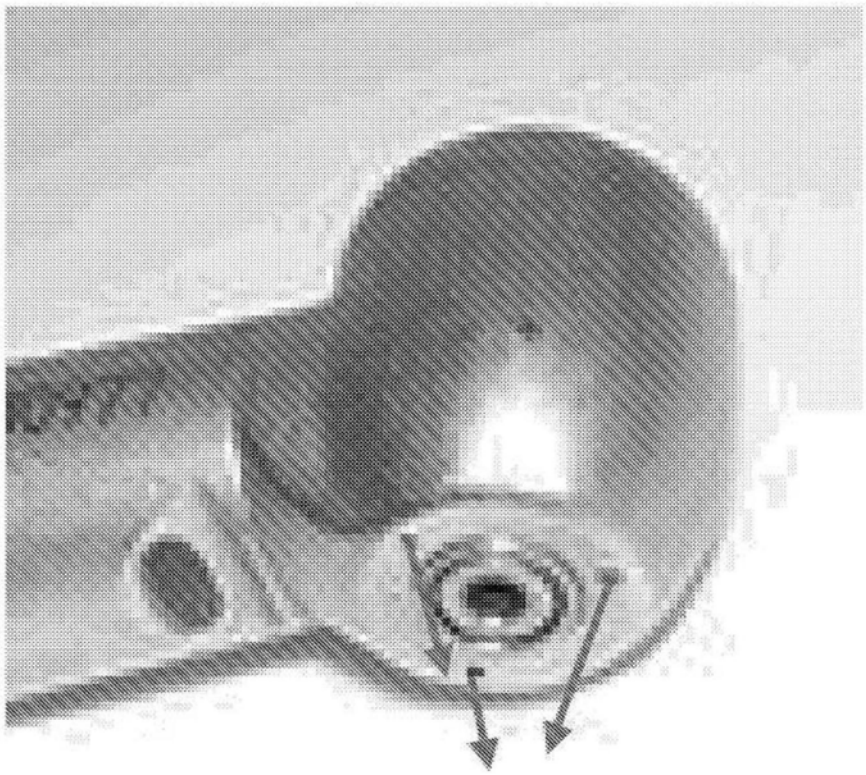


图4

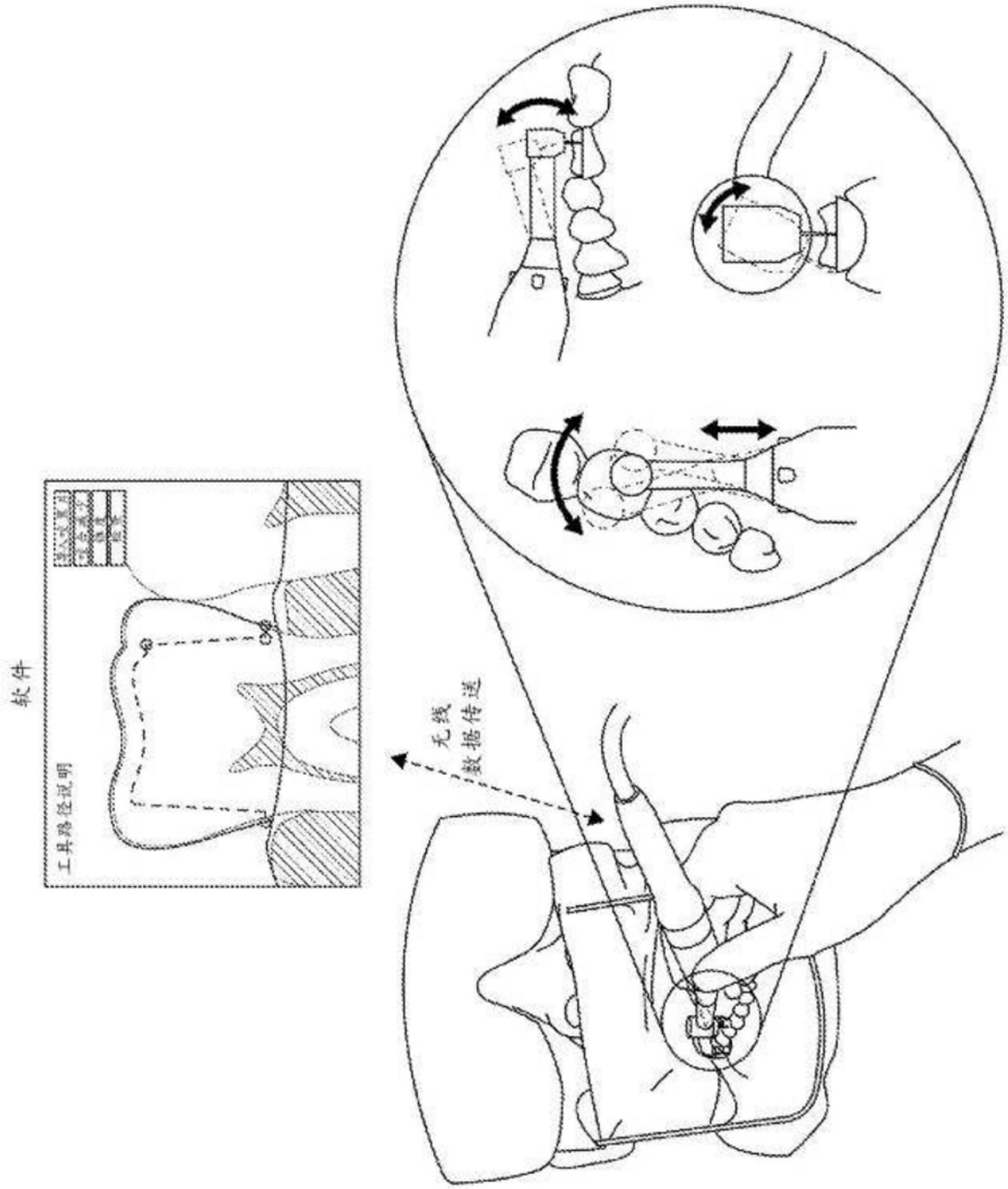


图5A

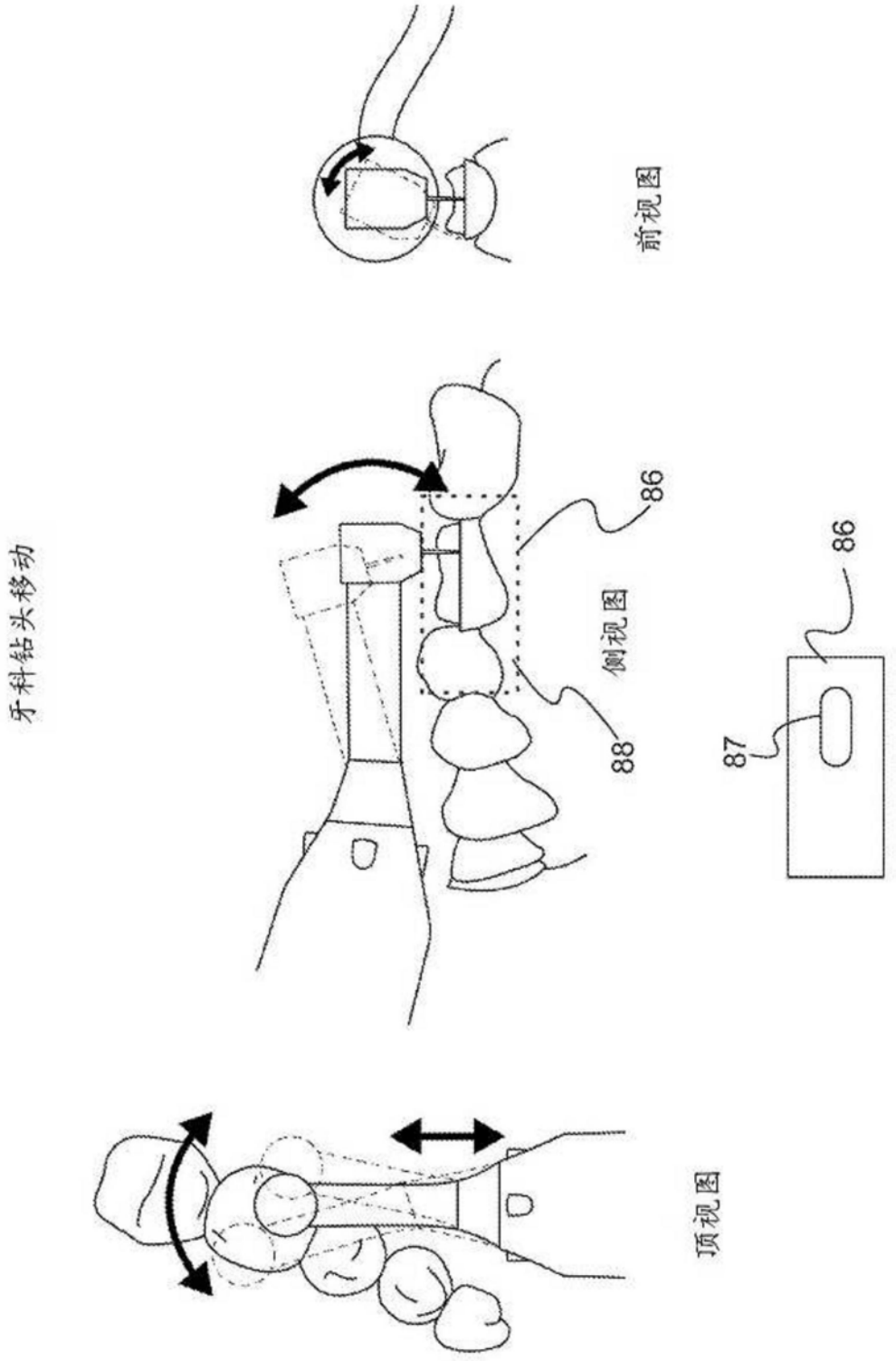


图5B

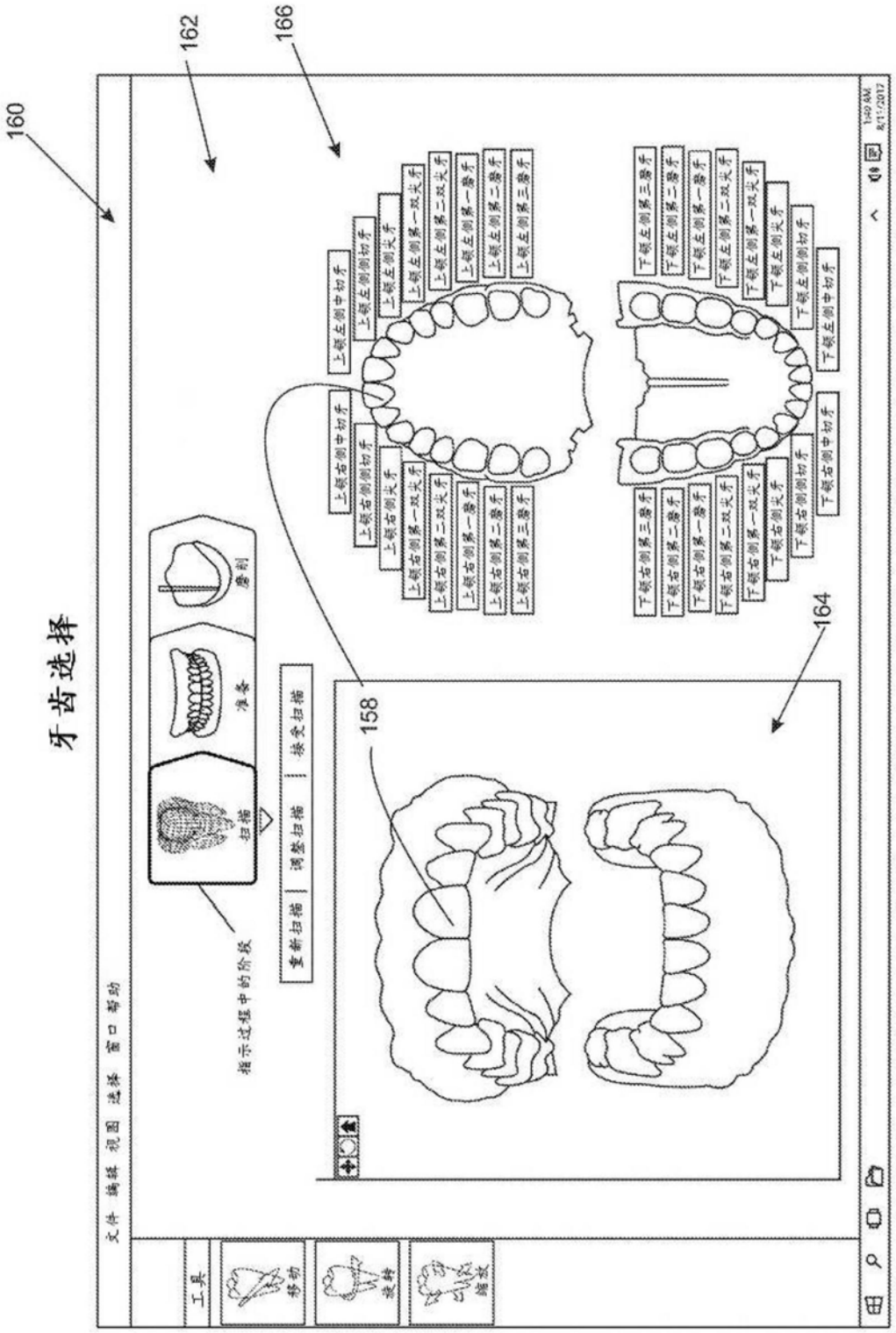

牙齿选择
160
162
166
158
164
文件 编辑 视图 选择 窗口 帮助
工具
移动
选择
指示过程中的阶段
扫描
准备
磨削
重新扫描
调整扫描
接受扫描
上颌左侧中切牙
上颌左侧侧切牙
上颌左侧尖牙
上颌左侧第一双尖牙
上颌左侧第二双尖牙
上颌左侧第一磨牙
上颌左侧第二磨牙
上颌左侧第三磨牙
下颌左侧第三磨牙
下颌左侧第二磨牙
下颌左侧第一磨牙
下颌左侧第二双尖牙
下颌左侧第一双尖牙
下颌左侧尖牙
下颌左侧侧切牙
下颌左侧中切牙

图6

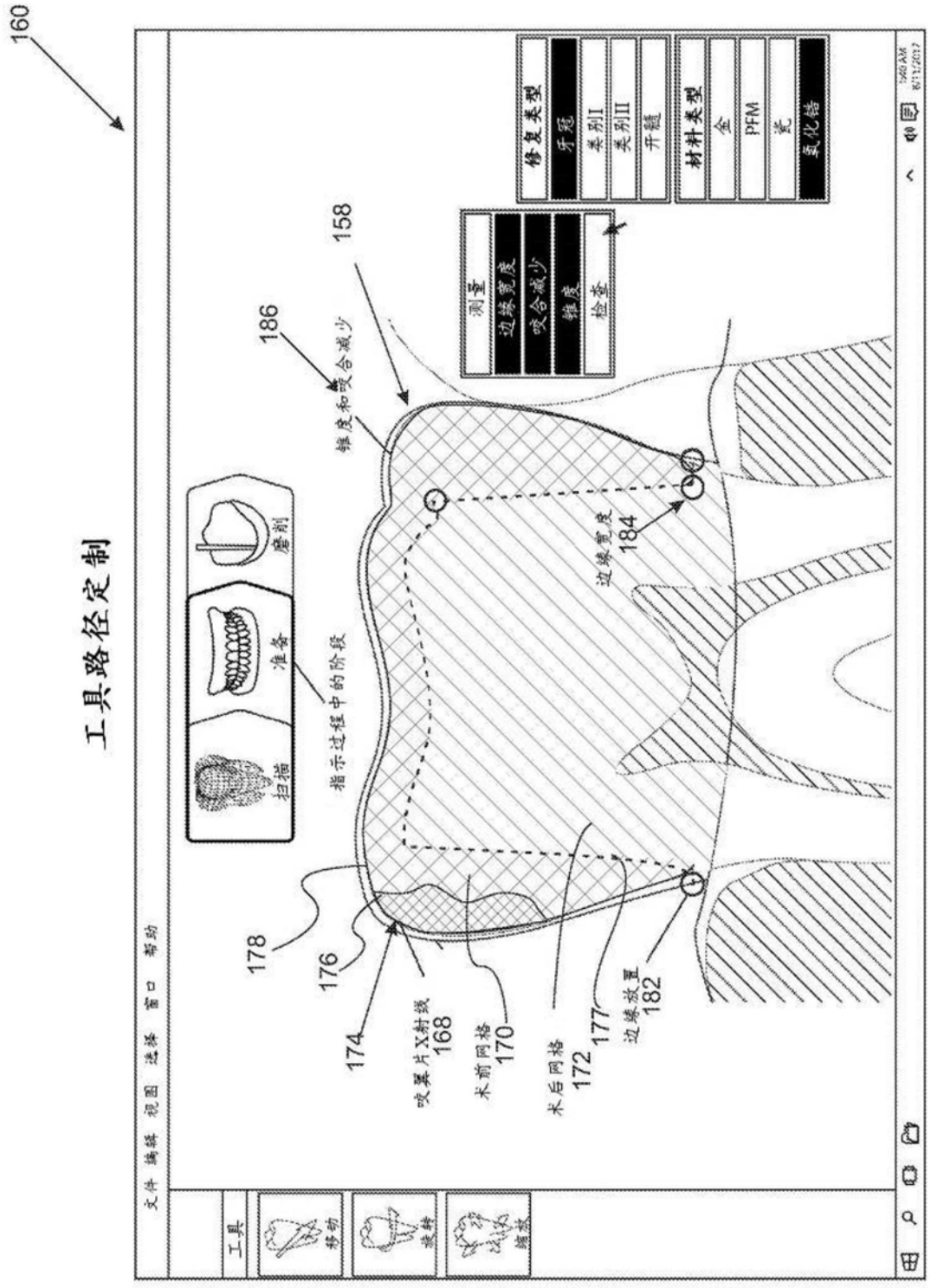

160
工具路径定制
文件 编辑 视图 选择 窗口 帮助
工具
移动
旋转
缩放
扫描
准备
磨削
指示过程中的阶段
158
186
缝度和咬合减少
测量
边缘宽度
咬合减少
缝度
检查
修复类型
手术
类别I
类别II
开链
材料类型
全
PFM
瓷
氧化锆
178
176
174
咬翼片X射线
168
术前网格
170
术后网格
172
177
边缘放置
182
边缘宽度
184

图7

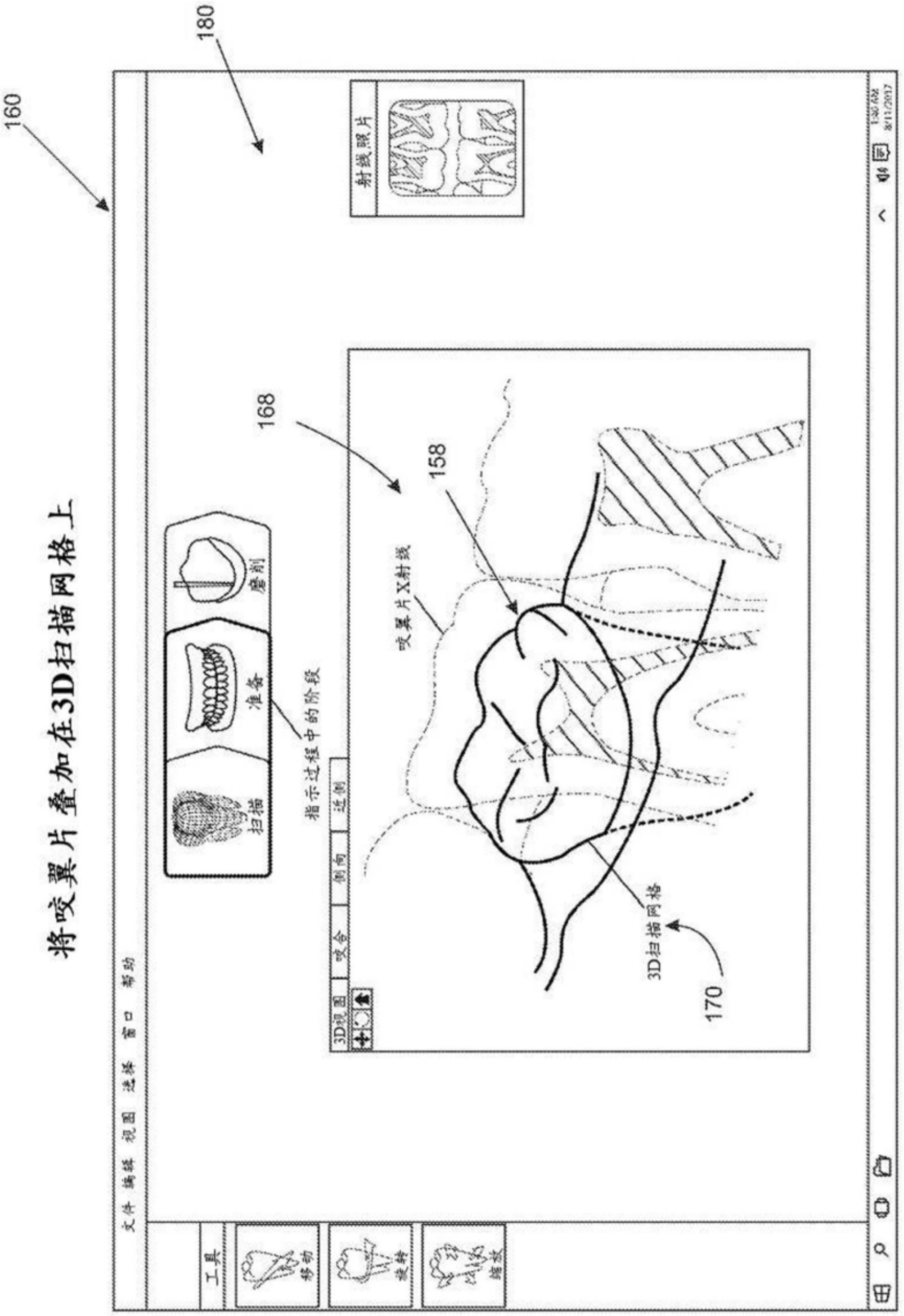

160
180
将咬翼片叠加在3D扫描网格上
文件 编辑 视图 选择 窗口 帮助
工具
移动
旋转
缩放
扫描
准备
磨削
指示过程中的阶段
3D视图
咬合
侧向
近侧
咬翼片X射线
168
158
3D扫描网格
170
射线照片

图8

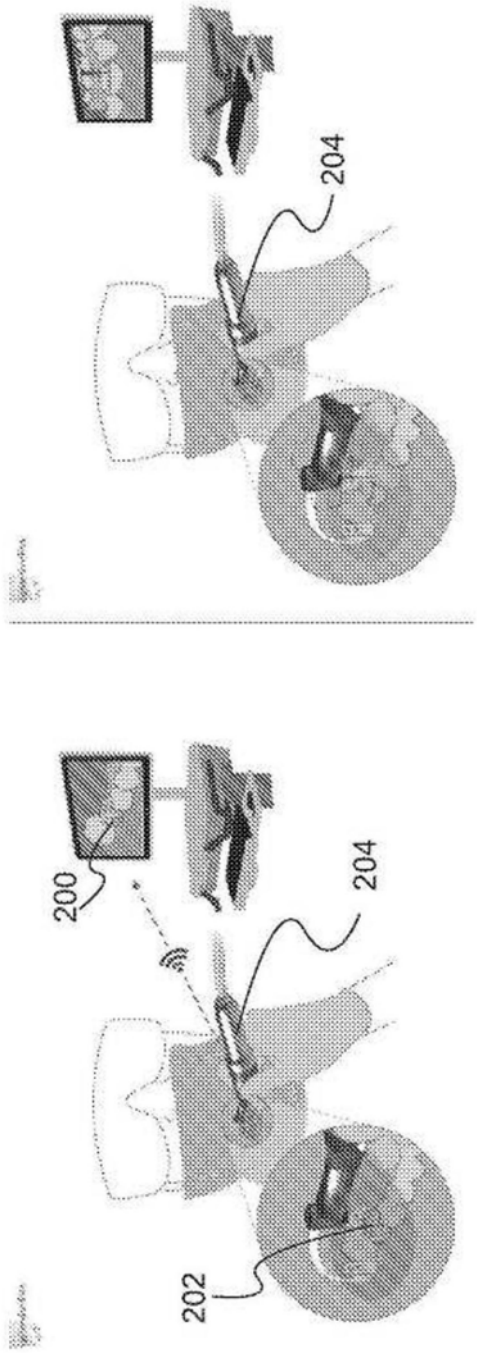


图9

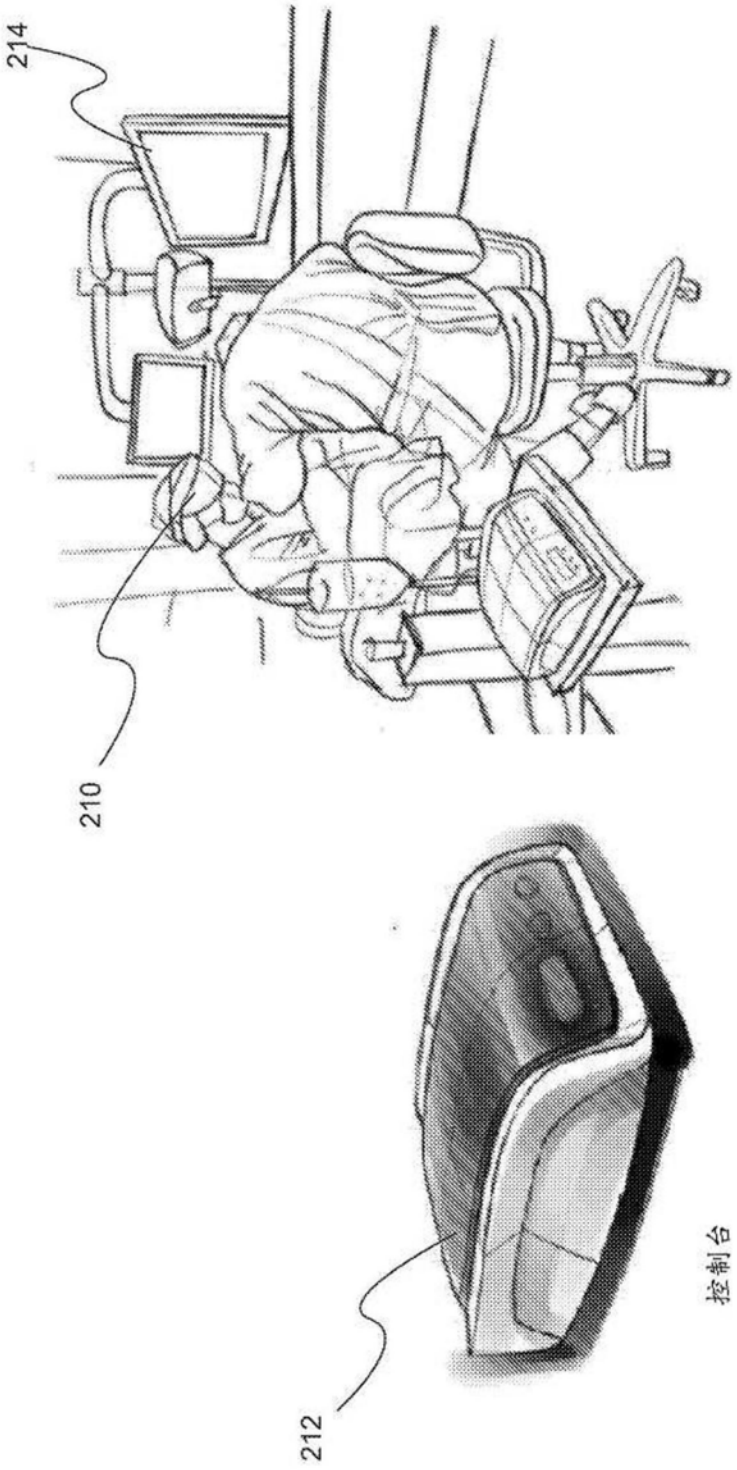


图10

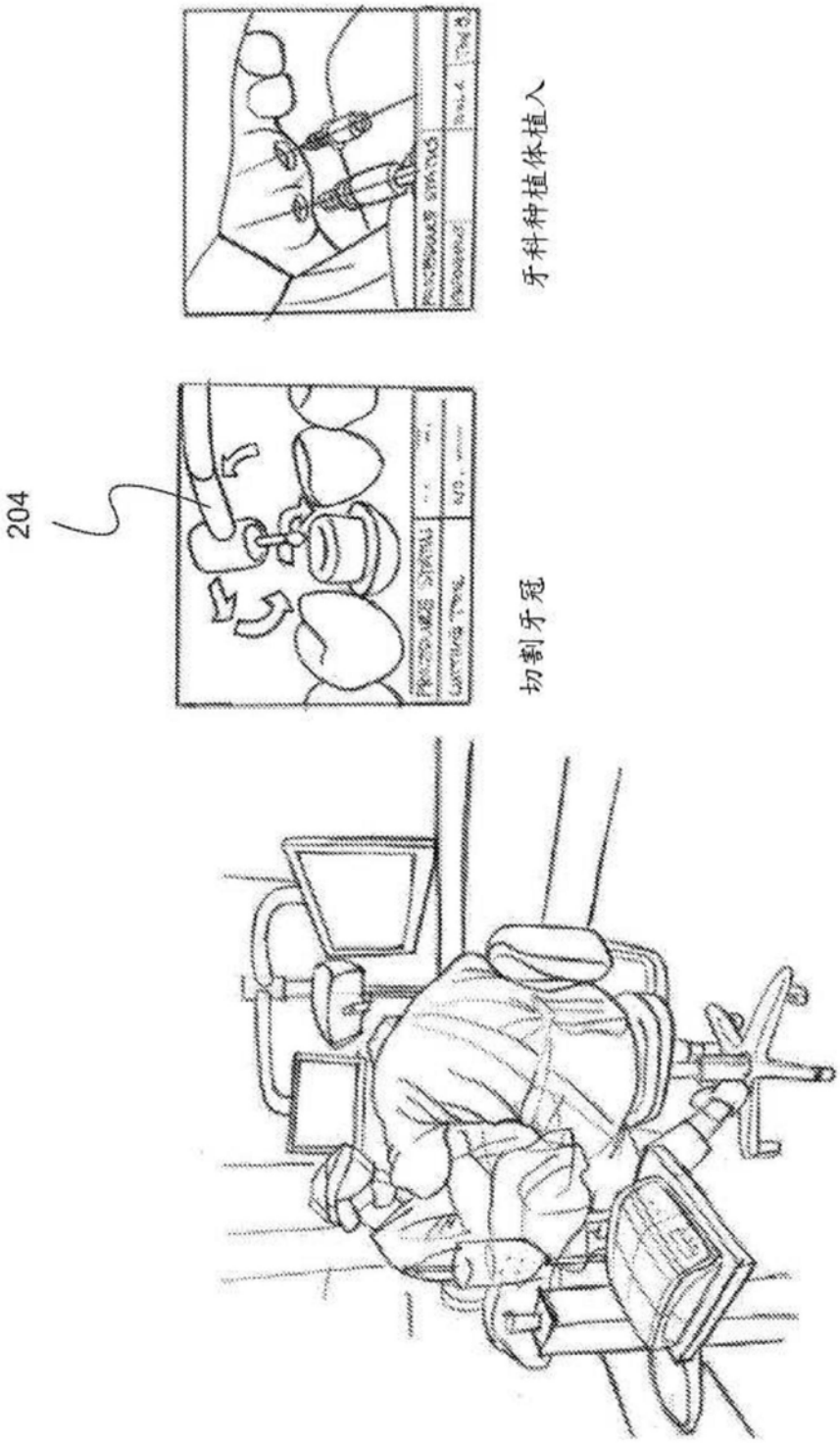


图11

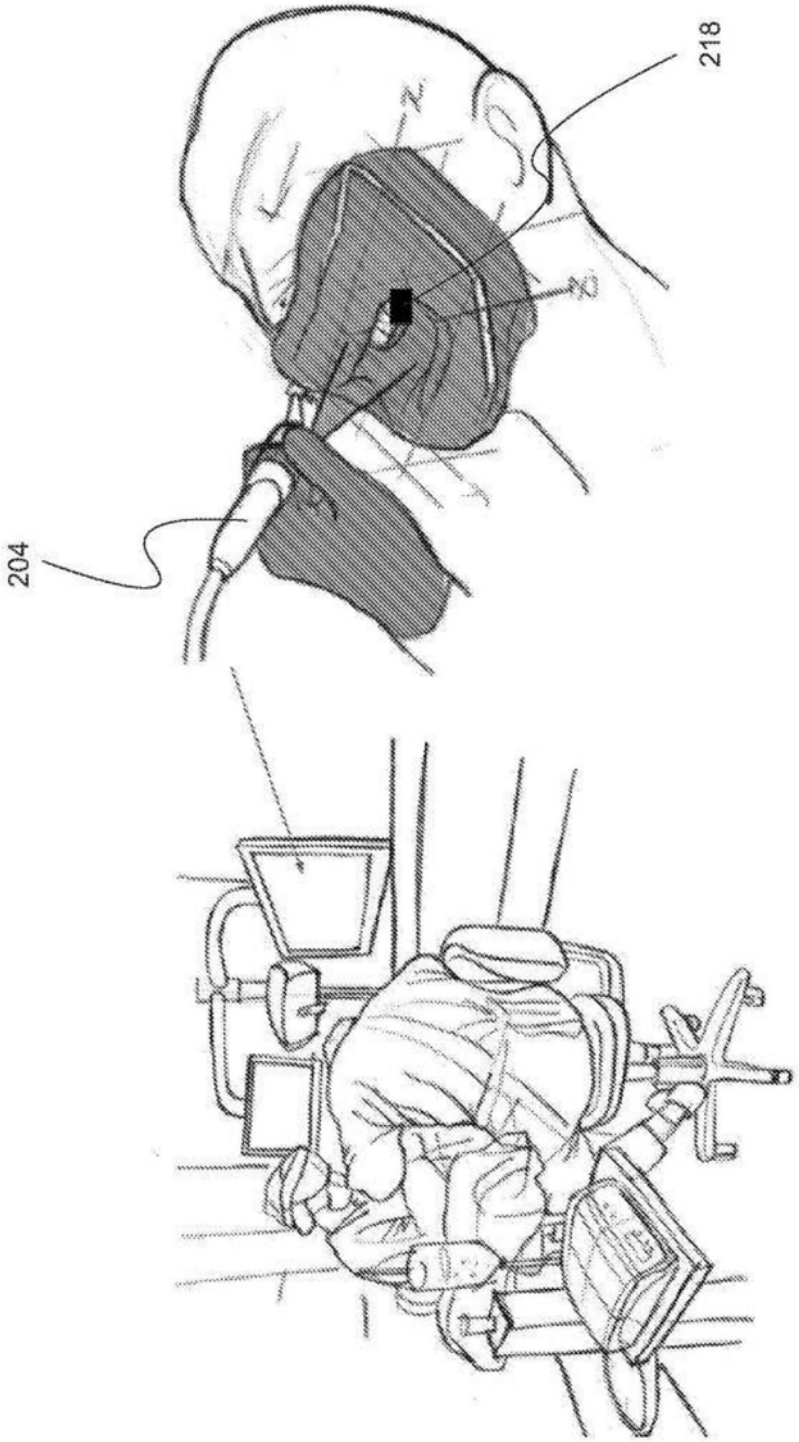


图12

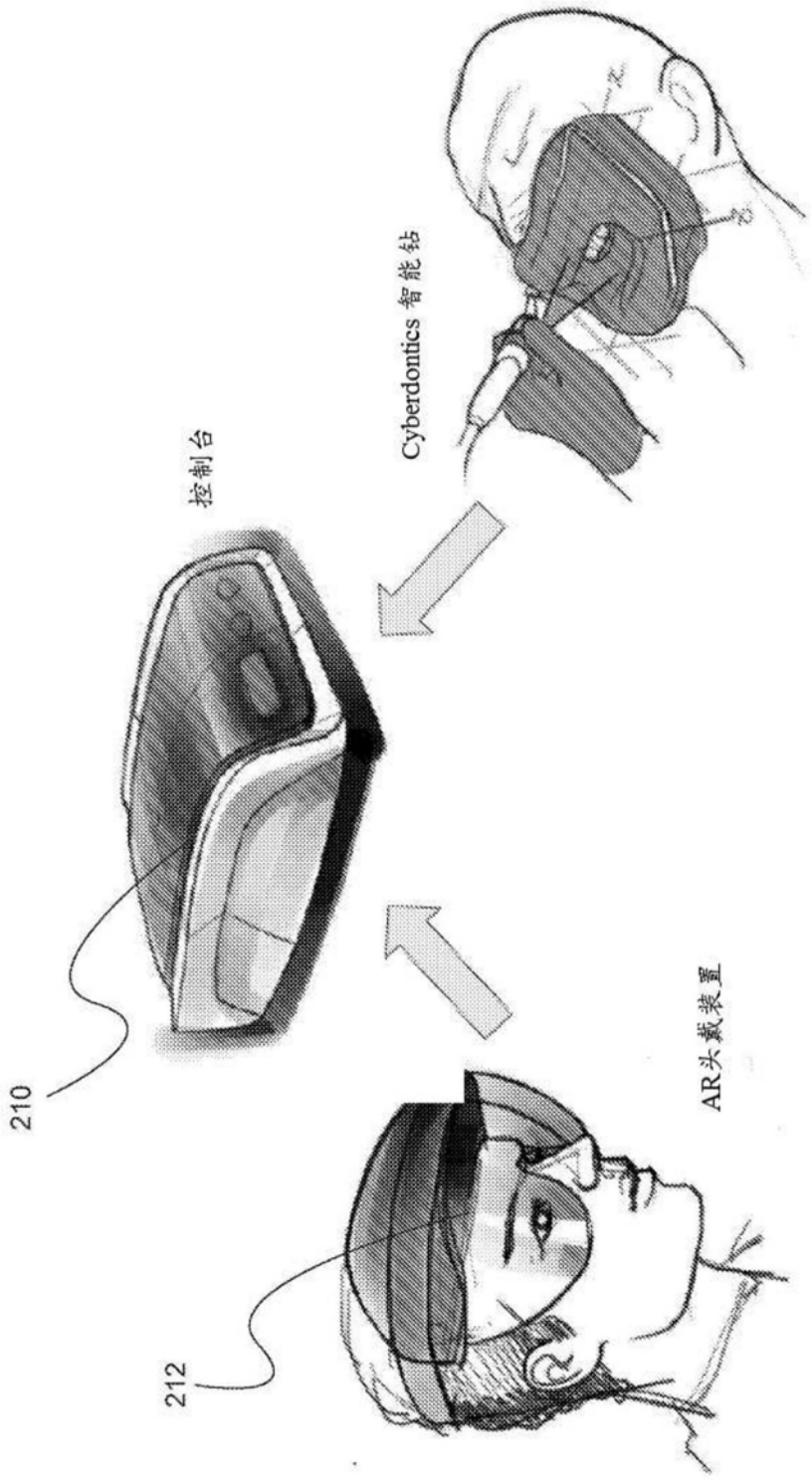
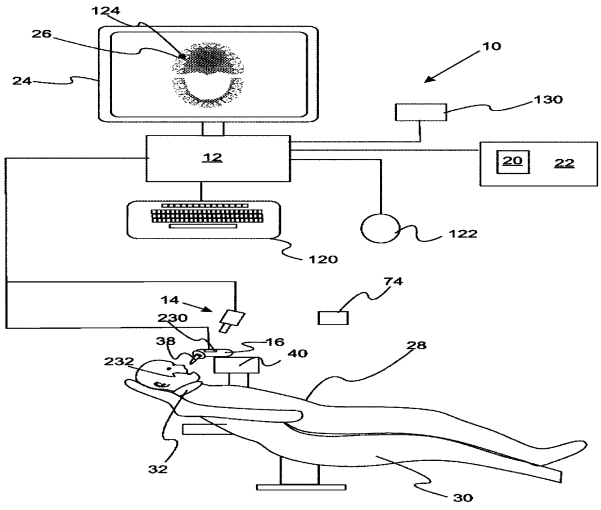


图13

专利名称(译)	自动牙科治疗系统		
公开(公告)号	CN110520074A	公开(公告)日	2019-11-29
申请号	CN201880026163.3	申请日	2018-02-22
[标]发明人	克里斯托弗约翰奇列洛		
发明人	克里斯托弗·约翰·奇列洛 克莉丝汀·恩京·帕克 纳森·约翰·穆勒 达斯汀·理查德·德蒙蒂尼		
IPC分类号	A61B34/20 A61B34/00 A61C19/00 A61C3/02		
CPC分类号	A61B34/10 A61B2034/104 A61C3/02 A61C13/0004 A61C13/0019 A61C2201/005 A61B34/00 A61B34/20		
代理人(译)	武晶晶		
优先权	62/461896 2017-02-22 US 62/515106 2017-06-05 US 62/532641 2017-07-14 US 62/609550 2017-12-22 US		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

用于对受试者进行牙科手术的系统包括控制该系统的自动操作的中央处理单元和渲染需要手术治疗的目标牙齿的图像的显示器。目标牙齿的图像从由该中央处理单元接收的图像文件创建。输入装置接收来自用户的手术指令以提供手术治疗，该手术指令随后由中央处理单元接收。手术指令包括待治疗的目标牙齿的图像上的视觉指示。该系统还包括分段牙科手机，其具有附接到第二段的第一段。第二段附接到牙科钻头并且可在中央处理单元的控制下相对于第一段移动。第一段可由操作者相对于目标牙齿保持静止。特征性地，牙科钻头包括从其突出的牙钻。该系统还包括三维(3D)视觉系统，其包括附接到分段牙科手机的多个摄像机。多个摄像机提供受试者牙齿的二维图像和/或实况视频，以映射到手术部位的预定3D表面扫描，从而建立分段牙科手机所对齐的世界坐标系。