(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 113272861 B
(45)授权公告日 2024.08.13

(21)申请号 201980087181.7
(22)申请日 2019.11.06
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113272861 A
(43)申请公布日 2021.08.17
(30)优先权数据
62/787,025 2018.12.31 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2021.06.29
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/IB2019/059553 2019.11.06
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2020/141366 EN 2020.07.09

(73)专利权人 舒万诺知识产权公司
地址 美国
(72)发明人 理查德·E·拉比
埃里克·S·汉森
约瑟夫·R·杜福尔
(74)专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责任公司 11219
专利代理师 梁晓广 李金刚

(51)Int.Cl.
G06T 7/33(2006.01)
A61C 13/00(2006.01)
(56)对比文件
US 2014227655 A1,2014.08.14
审查员 程美琦

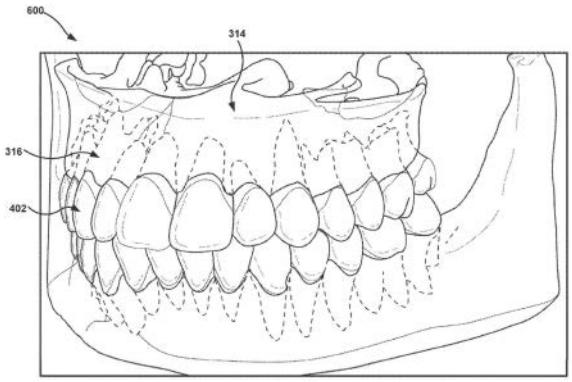
权利要求书4页 说明书25页 附图21页

(54)发明名称

组合来自多次牙科解剖结构扫描的数据

(57)摘要

一种组合牙科解剖结构数据的方法,该方法包括通过使用计算装置来:接收体积牙科数据和浅表牙科数据;将体积牙科数据的牙冠与体积牙科数据的牙根分割开;将浅表牙科数据的牙冠与浅表牙科数据的齿龈分割开;将牙冠的浅表牙科数据变换为与牙冠的体积牙科数据基本上对准;将牙冠的所变换的浅表牙科数据缝合到牙冠的体积牙科数据;以及基于组合牙科数据来输出图像数据以进行显示。



CN 113272861 B

1.一种方法,所述方法包括:

通过计算装置接收指示患者的三维龈下牙科解剖结构的体积牙科数据;

通过所述计算装置接收指示所述患者的三维浅表牙科解剖结构的浅表牙科数据;

通过所述计算装置将所述体积牙科数据的表示所述患者的牙齿的牙冠的第一子集与所述体积牙科数据的表示所述牙齿的牙根的第二子集分割开,其中所述体积牙科数据的第一子集指示所述牙冠的第一空间取向,并且其中所述体积牙科数据的第二子集指示所述牙根的空间取向;

通过所述计算装置将所述浅表牙科数据的表示所述牙冠的第一子集与所述浅表牙科数据的表示所述患者的齿龈的第二子集分割开,其中所述浅表牙科数据的第一子集指示所述牙冠的第二空间取向,并且其中所述浅表牙科数据的第二子集指示所述齿龈的空间取向;

通过所述计算装置变换所述浅表牙科数据的指示所述牙冠的第二空间取向的第一子集,使得所述牙冠的第二空间取向与所述牙冠的第一空间取向基本上对准,其中变换所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向包括:

通过所述计算装置确定基于所述体积牙科数据的一个或多个第一质心和基于所述浅表牙科数据的一个或多个第二质心,其中所述一个或多个第二质心中的每个对应相应的第一质心;

通过所述计算装置确定每个第一质心与对应的第二质心之间的平移量;

将限定所述浅表牙科数据中的每个牙冠的每个网格的每个三角形顶点平移所述平移量;

通过所述计算装置确定介于每个第一质心与对应的第二质心之间的一个或多个旋转角,其中所述一个或多个旋转角中的每个规定沿着对应轴线的旋转量;

通过所述计算装置,使用相应的第二质心作为旋转中心,将限定所述浅表牙科数据中的每个牙冠的每个网格的每个三角形顶点旋转所述一个或多个旋转角中的每个;

通过所述计算装置,通过用所述浅表牙科数据的指示所述牙冠的第二空间取向的所变换的第一子集取代所述体积牙科数据的指示所述牙冠的第一空间取向的第一子集,以将所述浅表牙科数据的指示所述牙冠的第二空间取向的所变换的第一子集缝合到所述体积牙科数据的表示所述牙根的第二子集,来生成组合牙科数据;以及

通过所述计算装置基于所述组合牙科数据来输出图像数据,以进行显示。

2.根据权利要求1所述的方法,其中接收所述体积牙科数据包括通过所述计算装置从锥形束计算机断层摄影扫描仪或磁共振成像扫描仪接收所述体积牙科数据。

3.根据权利要求1所述的方法,其中接收浅表牙科数据包括通过所述计算装置从口内扫描仪接收所述浅表牙科数据。

4.根据权利要求1所述的方法,其中所述龈下牙科解剖结构包括所述患者的上颌骨、所述患者的下颌骨或所述患者的颅骨的一部分中的至少一者。

5.根据权利要求1所述的方法,其中所述浅表牙科数据包括三角形网格,所述三角形网格表示所述患者的上颌弓或所述患者的下颌弓的至少一部分的光学可见表面。

6.根据权利要求1所述的方法,其中所述体积牙科数据包括密度加权点云,所述密度加权点云解析所述龈下牙科解剖结构的硬组织和所述龈下牙科解剖结构的软组织,其中所述

硬组织包括牙釉质、牙本质、牙骨质、齿槽骨或皮质骨中的至少一者,并且其中所述软组织包括硬腭、齿龈、舌、口腔粘膜、牙周韧带、软骨、肌肉或皮肤中的至少一者。

7.根据权利要求6所述的方法,其中接收所述体积牙科数据还包括:通过所述计算装置,基于所述硬组织或所述软组织中的至少一者的至少一个密度,使用至少一个密度阈值来过滤所述体积牙科数据。

8.根据权利要求7所述的方法,其中所述至少一个密度阈值包括牙釉质、牙本质、牙骨质、齿槽骨、皮质骨、硬腭、齿龈、舌、口腔粘膜、牙周韧带、软骨、肌肉或皮肤中的至少一者的密度上限和密度下限。

9.根据权利要求1所述的方法,其中将所述体积牙科数据的第一子集与所述体积牙科数据的第二子集分割开包括:

通过所述计算装置,通过组合指示牙釉质、牙本质、牙骨质或修复材料中的至少一者的点云的点,来将牙冠的第一空间取向与所述牙根的空间取向分割开;以及

通过所述计算装置确定限定所组合的点的外表面的三角形顶点网格。

10.根据权利要求1所述的方法,所述方法还包括:

通过所述计算装置限定第一组,所述第一组包括所述体积牙科数据的第一子集和所述体积牙科数据的第二子集的一部分;以及

通过所述计算装置限定第二组,所述第二组包括所述浅表牙科数据的第一子集的一部分,其中所述浅表牙科数据的第一子集的所述部分对应于所述体积牙科数据的第一子集的所述部分。

11.根据权利要求10所述的方法,其中所述第一组包括所述体积牙科数据的上颌弓或下颌弓的牙冠以及所述体积牙科数据的所述上颌弓或所述下颌弓的对应牙根,并且其中所述第二组包括所述浅表牙科数据的所述上颌弓或所述下颌弓的牙冠。

12.根据权利要求1所述的方法,其中变换所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向包括以下平移或旋转中的至少一者:通过所述计算装置将所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向平移或旋转为与所述体积牙科数据的所述牙冠的第一空间取向基本上对准。

13.根据权利要求1所述的方法,其中变换包括将多个线性变换应用于第二牙科数据的对应部分的离散区段,或将非线性连续变换应用于第二牙科数据的对应部分。

14.根据权利要求1所述的方法,其中变换所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向包括:

通过所述计算装置,基于所述体积牙科数据的所述牙冠的第一空间取向,来确定牙弓质心、一个或多个牙弓段质心、一个或多个牙齿质心、一个或多个牙冠质心、一个或多个牙科解剖标志、一个或多个网格顶点、一个或多个网格三角形中的至少一者;

通过所述计算装置,基于所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向,来确定牙弓质心、一个或多个牙弓段质心、一个或多个牙齿质心、一个或多个牙冠质心、一个或多个牙科解剖标志、一个或多个网格顶点、一个或多个网格三角形中的至少一者;以及

通过所述计算装置,将三维空间中所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向的牙弓质心、一个或多个牙弓段质心、一个或多个牙齿质心、一个或多个牙冠质心、一个或多个牙科解剖标志、一个或多个网格顶点、一个或多个网格三角形中的至少一者,平移或旋转为

与所述体积牙科数据的所述牙冠的第一空间取向的牙弓质心、一个或多个牙弓段质心、一个或多个牙齿质心、一个或多个牙冠质心、一个或多个牙科解剖标志、一个或多个网格顶点、一个或多个网格三角形中的至少一者基本上对准。

15.根据权利要求1所述的方法,其中变换所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向还包括:

所述一个或多个第一质心是所述体积牙科数据的所述牙冠的第一空间取向的一个或多个牙冠质心,所述一个或多个第二质心是所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向的牙冠质心;

所确定的所述一个或多个旋转角中的第一旋转角是介于所述体积牙科数据的所述牙冠的第一空间取向的第一牙冠和第二牙冠之间的第一矢量与所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向的第三牙冠和第四牙冠之间的第二矢量之间的水平旋转角α,其中所述第一牙冠对应于所述第三牙冠,并且所述第二牙冠对应于所述第四牙冠;

所确定的所述一个或多个旋转角中的第二旋转角是介于所述体积牙科数据的所述牙冠的第一空间取向的所述第一牙冠和质心之间的第三矢量与所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向的所述第三牙冠和质心之间的第四矢量之间的竖直旋转角θ;以及

通过所述计算装置,使用所述第三牙冠的质心作为旋转中心,来将限定所述第三牙冠的网格的每个三角形顶点旋转所述水平旋转角α;以及通过所述计算装置,使用所述第三牙冠的质心作为旋转中心,来将限定所述第三牙冠的网格的每个三角形顶点旋转所述竖直旋转角θ。

16.根据权利要求1所述的方法,其中:

所确定的所述一个或多个旋转角中的第一旋转角是介于相应第一质心之间的第一矢量与对应的相应第二质心之间的第二矢量之间的竖直旋转角θ;并且

通过所述计算装置,使用所述相应第二质心作为旋转中心,来将限定所述浅表牙科数据中的每个牙冠的每个网格的每个三角形顶点旋转所述竖直旋转角θ。

17.根据权利要求1所述的方法,其中变换所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向还包括:

通过所述计算装置确定多个第一组,每个第一组包括所述第一质心的子集;

通过所述计算装置确定多个第二组,每个第二组包括所述第二质心的子集;

通过所述计算装置确定所述第一质心和所述第二质心的相应共线性程度;

通过所述计算装置确定每个相应共线性程度是否大于阈值;以及

通过所述计算装置,根据相应第二组的原始取向以及所述相应第二组和所述多个第二组中的至少一个其他第二组的取向,来调整所述多个第二组中的每个相应第二组的取向;

通过所述计算装置将所述多个第二组中的每个相应第二组划分成至少两个子组;

迭代地确定质心、确定共线性程度、调整取向以及划分每个相应子组,直到每个子组包括两个牙冠。

18.根据权利要求1所述的方法,其中变换所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向还包括:

通过所述计算装置确定所述体积牙科数据和所述浅表牙科数据的牙弓质心;

通过所述计算装置确定所述体积牙科数据的所述牙冠的第一空间取向的和所述浅表

牙科数据的所述牙冠的第二空间取向的每个牙冠的牙冠质心;

通过所述计算装置,将限定所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向的网格的每个三角形顶点,平移介于所述体积牙科数据的所述牙冠的第一空间取向的牙冠质心与所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向的对应牙冠质心之间的平移量;

通过所述计算装置确定第一样条函数和第二样条函数,所述第一样条函数穿过所述体积牙科数据的所述牙冠的第一空间取向的牙冠质心,所述第二样条函数穿过所述浅表牙科数据的所述牙冠的所平移的第二空间取向的牙冠质心;

通过所述计算装置确定从所述第二样条函数到所述第一样条函数的三维仿射变换;

通过所述计算装置,使用所述三维仿射变换,来变换限定所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向的网格的每个三角形顶点。

19.根据权利要求18所述的方法,其中确定所述三维仿射变换包括:

通过所述计算装置,针对所述体积牙科数据的所述牙冠的第一空间取向的所述牙冠质心中的每个牙冠质心处的所述第一样条函数和所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向的所述牙冠质心中的每个牙冠质心处的所述第二样条函数中的每个相应样条函数,确定与所述相应样条函数相切的第一矢量、与所述相应样条函数正交并且穿过所述牙弓质心的第二矢量,以及与所述第一矢量和所述第二矢量的交叉乘积相等的第三矢量;以及

通过所述计算装置基于所述第一矢量、所述第二矢量和所述第三矢量来确定所述三维仿射变换。

20.根据权利要求18所述的方法,其中使用三维仿射变换来变换限定所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向的网格的每个三角形顶点包括:

通过所述计算装置确定在所述三维仿射变换的平移分量之间进行插值的平移样条函数;

通过所述计算装置确定在所述三维仿射变换的旋转分量之间进行插值的旋转样条函数;

针对限定所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向的网格的每个三角形顶点:

通过所述计算装置将所述顶点投影到所述第二样条函数上的最近点上;

通过所述计算装置定义与所述第二样条函数正交的平面,所述平面穿过所述第二样条函数上的所述最近点;

通过所述计算装置确定所述平面与所述第二样条函数上的所述最近点的交叉点处所述第二样条函数的值;

通过所述计算装置在所述值处评估所述平移样条函数和所述旋转样条函数,以确定平移分量和旋转分量;

通过所述计算装置定义包括所述平移分量和所述旋转分量的特定于顶点的三维仿射变换;以及

通过所述计算装置将所述特定于顶点的三维变换应用于所述顶点。

组合来自多次牙科解剖结构扫描的数据

技术领域

[0001] 本公开涉及牙科成像,具体地涉及用于操纵从牙科成像过程获得的数据的系统和技术。

背景技术

[0002] 正畸学领域涉及重新定位患者的牙齿以实现改善的功能和美观的外观。使用牙套或对准托盘的正畸治疗受益于患者的牙科解剖结构(诸如牙齿、牙根或牙科解剖结构的其他部分)的成像。患者的牙科解剖结构的成像可使用各种成像系统和技术来执行。从两个或更多个不同的成像装置获得的数据可进行组合以提供患者的牙科解剖结构的更全面的图像。

发明内容

[0003] 组合来自两个或更多个不同成像装置的牙科解剖结构数据(诸如组合源自不同扫描源的浅表牙科解剖结构与龈下牙科解剖结构)可包括将第一数据集的部分变换为与第二数据集的对应部分对准以减少牙科解剖结构的特征的畸变。例如,用于组合牙科解剖结构数据的计算装置可被配置为接收指示患者的三维牙科解剖结构的第一牙科数据和指示患者的三维牙科解剖结构的第二牙科数据。计算装置可被配置为将第一牙科数据的第一子集与第一牙科数据的第二子集分割开。第二牙科数据的至少一部分可对应于第一牙科数据的第一子集。例如,第二牙科数据和第一牙科数据的第一子集可指示患者的牙科解剖结构的相同部分。计算装置可被配置为将第二牙科数据的对应部分变换为与第一牙科数据基本上对准。计算装置可被配置为通过用所变换的第二牙科数据取代第一牙科数据的第一子集,以将所变换的第二牙科数据缝合到第二牙科数据的第二子集,来生成组合牙科数据。计算装置可被配置为基于组合牙科数据来输出图像数据以进行显示。

[0004] 在一些示例中,一种方法可包括:通过计算装置接收指示患者的三维龈下牙科解剖结构的体积牙科数据;通过计算装置接收指示患者的三维浅表牙科解剖结构的浅表牙科数据;通过计算装置将体积牙科数据的表示患者的牙齿的牙冠的第一子集与体积牙科数据的表示牙齿的牙根的第二子集分割开,其中体积牙科数据的第一子集指示牙冠的第一空间取向,并且其中体积牙科数据的第二子集指示牙根的空间取向;通过计算装置将浅表牙科数据的表示牙冠的第一子集与浅表牙科数据的表示患者的齿龈的第二子集分割开,其中浅表牙科数据的第一子集指示牙冠的第二空间取向,并且其中浅表牙科数据的第二子集指示齿龈的空间取向;通过计算装置变换浅表牙科数据的指示牙冠的第二空间取向的第一子集,使得牙冠的第二空间取向与牙冠的第一空间取向基本上对准;通过计算装置,通过用浅表牙科数据的指示牙冠的第二空间取向的所变换的第一子集取代龈下数据的指示牙冠的第一空间取向的第一子集,以将浅表牙科数据的指示牙冠的第二空间取向的所变换的第一子集缝合到体积牙科数据的表示牙根的第二子集,来生成组合牙科数据;以及通过计算装置基于组合牙科数据来输出图像数据,以进行显示。

[0005] 在一些示例中,一种方法可包括:通过计算装置接收指示患者的第一三维牙科解剖结构的第一牙科数据;通过计算装置接收指示患者的第二三维牙科解剖结构的第二牙科数据;通过计算装置将第一牙科数据的第一子集与第一牙科数据的第二子集分割开,其中第二牙科数据的至少一部分对应于第一牙科数据的第一子集;通过计算装置将第二牙科数据的对应部分变换为与第一牙科数据基本上对准;通过计算装置,通过用第二牙科数据的所变换的对应部分取代第一牙科数据的第一子集,以将所变换的第二牙科数据缝合到第二牙科数据的第二子集,来生成组合牙科数据;以及通过计算装置基于组合牙科数据来输出图像数据,以进行显示。

[0006] 在一些示例中,一种存储计算机系统可执行指令的非暂态计算机可读存储介质,该计算机系统可执行指令在被执行时将处理器配置为:接收指示患者的三维龈下牙科解剖结构的体积牙科数据;接收指示患者的三维浅表牙科解剖结构的浅表牙科数据;将体积牙科数据的表示患者的牙齿的牙冠的第一子集与体积牙科数据的表示牙齿的牙根的第二子集分割开,其中体积牙科数据的第一子集指示牙冠的第一空间取向,并且其中体积牙科数据的第二子集指示牙根的空间取向;将浅表牙科数据的表示牙冠的第一子集与浅表牙科数据的表示患者的齿龈的第二子集分割开,其中浅表牙科数据的第一子集指示牙冠的第二空间取向,并且其中浅表牙科数据的第二子集指示齿龈的空间取向;变换浅表牙科数据的指示牙冠的第二空间取向的第一子集,使得牙冠的第二空间取向与牙冠的第一空间取向基本上对准;通过用浅表牙科数据的指示牙冠的第二空间取向的所变换的第一子集取代龈下数据的指示牙冠的第一空间取向的第一子集,以将浅表牙科数据的指示牙冠的第二空间取向的所变换的第一子集缝合到体积牙科数据的表示牙根的第二子集,来生成组合牙科数据;以及基于组合牙科数据来输出图像数据以进行显示。

[0007] 本公开的一个或多个实施例的细节在附图和以下描述中进行阐述。从说明书和附图、以及从权利要求书中,本公开的其他特征、目标和优点将显而易见。

附图说明

[0008] 图1是示出被配置为组合患者的牙科解剖结构的数据的示例性系统的概念图。

[0009] 图2示出了使用指示患者的三维龈下牙科解剖结构的体积牙科数据来生成的示例性数字图像。

[0010] 图3示出了使用指示患者的三维龈下牙科解剖结构的体积牙科数据来生成的示例性数字图像。

[0011] 图4示出了使用指示患者的三维浅表牙科解剖结构的浅表牙科数据来生成的示例性数字图像。

[0012] 图5是用于组合来自两个或更多个不同成像装置的牙科解剖结构数据的示例性技术的流程图。

[0013] 图6示出了表示组合牙科数据的示例性数字图像,该组合牙科数据包括缝合到体积牙科数据的骨和牙根的浅表牙科数据的牙冠的所变换的对应部分。

[0014] 图7是用于组合来自两个或更多个不同成像装置的牙科解剖结构数据的示例性技术的流程图。

[0015] 图8A和图8B示出了表示组合牙科数据的示例性数字图像,该组合牙科数据包括缝

合到体积牙科数据的牙根的浅表牙科数据的牙冠的所变换的对应部分。

[0016] 图9A至图9C是示出变换牙科解剖结构数据的示例性技术的示意图。

[0017] 图10A和图10B是表示(例如,浅表牙科数据的)牙冠与牙根(例如,体积牙科数据的牙根)的最佳拟合配准的示例性图像。

[0018] 图11A至图11C是示出使用质心来变换牙科解剖结构数据的示例性技术的示意图。

[0019] 图12A至图12D是示出变换牙科解剖结构数据的示例性技术的示意图,包括竖直旋转和水平旋转。

[0020] 图13是示出变换牙科解剖结构数据的示例性技术的流程图。

[0021] 图14是示出变换牙科解剖结构数据的示例性技术的流程图。

[0022] 图15是示出变换牙科解剖结构数据的示例性技术的流程图。

[0023] 图16是示出示例性计算机环境的框图。

[0024] 图17是示出变换牙科解剖结构数据的示例性技术的流程图。

具体实施方式

[0025] 本文所描述的系统和技术可用于组合来自不同类型的扫描的牙科解剖结构数据,其中改善了总体准确度(就牙齿位置和取向而言)和图像接缝处的对准。组合来自两个或更多个不同成像装置的牙科解剖结构数据(诸如组合源自不同扫描源的包括龈下牙科解剖结构的第一数据集与包括浅表牙科解剖结构的第二数据集)可包括将第一数据集的部分变换为与第二数据集的对应部分对准以减少牙科解剖结构的特征的畸变。

[0026] 牙科成像系统可捕获浅表牙科解剖结构、龈下牙科解剖结构或两者。浅表牙科解剖结构包括患者齿龈上方牙齿的解剖结构,诸如牙齿的表面轮廓和间距。龈下牙科解剖结构包括患者齿龈下方牙齿的解剖结构,诸如牙根、齿槽骨和皮质骨。一些牙科成像系统可捕获浅表牙科解剖结构或龈下牙科解剖结构的更准确图像。例如,与其他牙科成像系统相比,口内扫描仪(诸如3M True Defintion扫描仪)可产生浅表牙科解剖结构的更高分辨率图像。相比之下,与其他牙科成像系统相比,锥形束计算机断层摄影(CBCT、3D X射线)扫描仪或磁共振成像(MRI)扫描仪可产生龈下牙科解剖结构的更高分辨率图像。在一些示例中,由于扫描仪内部件的刚性固定,因此CBCT、3D X射线或MRI可产生跨扫描体积具有更大总体准确度的图像,例如,患者可在扫描期间与扫描仪保持固定关系,这也改善了总体准确度。此外或另选地,一些牙科成像系统可能够捕获浅表牙科解剖结构和龈下牙科解剖结构两者,但可产生浅表牙科解剖结构或龈下牙科解剖结构中任一者的更高分辨率图像。此外或另选地,一些牙科成像系统可更准确地表示牙齿在三维空间中的位置(例如,总体准确度),但与其他牙科成像系统相比分辨率相对较低。例如,与口内扫描仪相比,CBCT扫描仪和MRI扫描仪可具有更高的总体准确度,但表面细节分辨率更差。相比之下,口内扫描仪可具有更高的表面细节分辨率,但与CBCT扫描仪和MRI扫描仪相比总体准确度更差,这是由于在将许多扫描数据块缝合在一起形成牙弓时的累积误差。

[0027] 将来自口内扫描的与牙冠相关联的数据与来自CBCT扫描的与牙根相关联的数据组合可提供牙齿的两个部分的更高分辨率图像。然而,将来自口内扫描的与牙冠相关联的数据与来自CBCT扫描的与牙根相关联的数据组合可导致所得组合图像中给定牙齿的牙根和牙冠之间的不正确配准和/或未对准。该不正确配准和/或未对准可能是由于口内扫描中

的畸变以及由于CBCT扫描中缺乏细节而导致的扫描类型之间的特征的局部配准中的误差。不正确配准和/或未对准可导致所得图像中的可见不连续性,例如,牙冠和牙根之间将数据集组合在一起(例如“缝合”在一起)的地方的突变。

[0028] 在一些示例中,本文所描述的系统和技术使得能够通过展开口内扫描并将其与CBCT(或MRI)扫描对准来改善不同数据集之间的集成。此外或另选地,本文所描述的系统和技术可通过更准确地描绘牙冠在口腔中的总体位置来改善CBCT扫描在正畸治疗计划中的实用性;从而允许临床医生更加自信地计划设置和牙齿移动,以确保牙根不会彼此干扰和/或不干扰植入物、微型螺钉或皮质骨中的一者或多者。

[0029] 图1是示出被配置为组合患者101的牙科解剖结构的数据的示例性系统100的概念图。系统100包括计算装置102,该计算装置被配置为:从第一成像装置106接收指示患者101的三维牙科解剖结构的第一牙科数据,以及从第二成像装置108接收指示患者101的三维牙科解剖结构的第二牙科数据。系统100可包括附加部件,为清楚起见在图1中未示出这些附加部件。例如,系统100可包括用于向系统100的部件提供电力的电源。类似地,图1所示系统100的部件可能不是在系统100的每个示例中都是必需的。

[0030] 计算装置102可包括例如台式计算机、膝上型计算机、平板电脑、工作站、服务器、主机、云计算系统等。计算装置102被配置为从第一成像装置106接收体积牙科数据以及从第二成像装置108接收浅表牙科数据。在一些示例中,计算装置102可被配置为控制第一成像装置106和第二成像装置108。例如,计算装置102可被配置为使得第一成像装置106和/或第二成像装置108采集相应的体积牙科数据和/或浅表牙科数据。在图1的示例中,计算装置102包括处理电路110、通信单元112、用户接口114、存储器116和图像处理模块118。在一些示例中,计算装置102可包括附加部件或比图1所示的那些部件更少的部件。

[0031] 处理电路110被配置为实现功能性和/或处理用于在计算装置102内执行的指令。本文所描述的处理电路110以及其他处理器、控制器、控制电路等可包括一个或多个处理器。处理电路110可包括集成电路、离散逻辑电路、模拟电路的任何组合,诸如一个或多个微处理器、数字信号处理器(DSP)、专用集成电路(ASIC)或现场可编程门阵列(FPGA)。在一些示例中,处理电路110可包括多个部件,诸如一个或多个微处理器、一个或多个DSP、一个或多个ASIC或一个或多个FPGA以及其他离散或集成逻辑电路和/或模拟电路的任何组合。

[0032] 通信单元112可被配置为经由一个或多个网络(诸如一个或多个有线或无线网络)与外部装置(例如,第一成像装置106、第二成像装置108或服务器)通信。通信单元112可以是网络接口卡,诸如以太网卡、光学收发器、射频收发器或者可发送和接收信息的任何其他类型的装置。此类网络接口的其他示例可包括Wi-Fi无线电或USB。在一些示例中,计算装置102利用通信单元112来与外部装置进行无线通信。

[0033] 用户接口114包括输入装置120和输出装置122。输入装置120可包括一个或多个输入装置,该一个或多个输入装置被配置为通过触觉、音频或视频源接收来自用户的输入。输入装置120的示例包括但不限于鼠标、键盘、语音应答系统、视频摄像机、麦克风、触摸屏或用于检测来自用户的命令的装置。输出装置122可包括一个或多个输出装置,该一个或多个输出装置被配置为使用音频或视频媒体向用户提供输出。输出装置122的示例可包括但不限于显示器、声卡、视频图形适配器卡或用于将信号转换为人类或机器可理解的适当形式的装置。

[0034] 存储器116可被配置为在操作期间将信息存储在计算装置102内。存储器116可包括计算机可读存储介质或计算机可读存储装置。在一些示例中,存储器116可存储程序指令。程序指令可包括能够由处理电路110执行的一个或多个程序模块。当由处理电路110执行时,此类程序指令可使得处理电路110提供本文赋予其的功能性。程序指令可体现在软件、固件和/或RAMware中。存储器120可包括易失性介质、非易失性介质、磁性介质、光学介质或电介质中的任何一者或多者,诸如随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、非易失性RAM(NVRAM)、电可擦除可编程ROM(EEPROM)、闪存存储器或任何其他数字介质。

[0035] 计算装置102可使用相应的通信连接通信地耦接到第一成像装置106和第二成像装置108。在一些示例中,通信连接可包括网络链路,诸如以太网或其他网络连接。此类连接可以是无线连接、有线连接或两者的组合。在一些示例中,通信连接可包括其他类型的装置连接,诸如USB、IEEE 1394等。例如,计算装置102可经由有线或无线方式通信地耦接到第一成像装置106和第二成像装置108。

[0036] 第一成像装置106可被配置为采集数字图像数据,该数字图像数据包括指示患者101的三维龈下牙科解剖结构的体积牙科数据。第一成像装置106可包括锥形束计算机断层摄影(CBCT)扫描仪、磁共振成像(MRI)扫描仪、或被配置为产生数字图像数据的成像装置,该数字图像数据可穿透并且区分不同类型的牙科解剖组织。龈下牙科解剖结构包括患者101齿龈上方和下方的牙齿的解剖结构。例如,龈下牙科解剖结构可包括牙齿、牙根、齿槽骨和皮质骨。在一些示例中,龈下牙科解剖结构可包括患者101的上颌骨、下颌骨或颅骨的一部分中的至少一者。

[0037] 图2示出了使用指示患者101的三维龈下牙科解剖结构的体积牙科数据来生成的示例性数字图像200。数字图像200表示从患者101的颅骨202的下部部分(包括上颌骨204和下颌骨206)的CBCT扫描中采集的体积牙科数据,以DICOM图像文件格式表示。在一些示例中,第一成像装置106可被配置为生成包括密度加权点云的体积牙科数据。密度加权点云可用于解析龈下牙科解剖结构的硬组织和龈下牙科解剖结构的软组织。例如,硬组织可包括牙釉质、牙本质、牙骨质、齿槽骨或皮质骨中的至少一者。软组织可包括硬腭、齿龈、舌、口腔粘膜、牙周韧带、软骨、肌肉或皮肤中的至少一者。这样,第一成像装置106可生成体积牙科数据,该体积牙科数据包括表示第一组织的第一子集和表示第二组织的第二子集。

[0038] 在一些示例中,计算装置102(例如,处理电路110)可被配置为基于硬组织或软组织中的至少一者的至少一个密度使用至少一个密度阈值来过滤体积牙科数据。在一些示例中,第一成像装置106可包括被配置为过滤龈下数据的预处理电路。至少一个密度阈值可包括牙科解剖结构的至少一个组织的密度上限和密度下限。例如,至少一个密度阈值可包括牙釉质、牙本质、牙骨质、齿槽骨、皮质骨、硬腭、齿龈、舌、口腔粘膜、牙周韧带、软骨、肌肉或皮肤中的至少一者的密度上限和密度下限。在数字图像200的示例中,软组织已被滤除,因此仅示出了硬组织,诸如牙釉质和皮质骨。其他硬组织(诸如齿槽骨、牙本质和牙釉质)也可存在,但由于上牙结构的阻塞而不可见。

[0039] 在一些示例中,由密度加权点云表示的多于一个硬组织可在单个数字图像上进行解析。例如,图3示出了使用指示患者101的三维龈下牙科解剖结构的体积牙科数据来生成的示例性数字图像300。数字图像300表示从患者101的颅骨302的下部部分(包括上颌骨304和下颌骨306)的CBCT扫描中采集的体积牙科数据。如本文所用,术语“图像”和“成像”不限

于光学成像,而是还包括对隐藏在视野之外的牙科解剖结构进行的成像。数字图像300表示龈下牙科数据的指示患者101的三维龈下牙科解剖结构的第一子集308和龈下牙科数据的指示患者101的三维龈下牙科解剖结构的第二子集310。类似于数字图像200,软组织已被滤除,因此仅示出了硬组织。第一子集308包括上颌骨304和下颌骨306的牙齿的牙冠312。例如,第一子集308可包括含有牙釉质、牙本质和牙骨质的组织。第二子集310包括上颌骨304和下颌骨306的骨314。例如,第二子集310可包括含有皮质骨和齿槽骨的组织。虚线所指示的区域可包括牙齿的牙根,例如,牙根316,其中第一子集308和第二子集310重叠。第一子集308和第二子集310中的每一者可包括限定网格的多个三角形顶点。在一些示例中,网格可由三维空间中的其他点、线和/或平面表示,诸如例如四边形或六边形网格、贝塞尔曲面、非均匀有理B样条(NURBS)曲面、参数化实体或其他曲面表示法。在一些示例中,牙根316与齿槽骨314之间可存在小间隙,在此牙周韧带已被滤除。在一些示例中,每颗牙齿的齿槽(例如,齿槽骨中的承窝)可被封堵以在齿槽突的咬合侧上创建连续表面。这样,通过使用第一子集308和第二子集310,可从骨314和牙根316分割出牙冠312。

[0040] 如图1所示,第二成像装置108可被配置为采集数字图像数据,该数字图像数据包括指示患者101的三维浅表牙科解剖结构的浅表牙科数据。例如,第二成像装置108可包括口内扫描仪或成像装置,该口内扫描仪或成像装置被配置为产生牙科解剖结构的光学印模。浅表牙科解剖结构包括患者齿龈上方的牙齿和齿龈的解剖结构,诸如牙齿的表面轮廓、牙齿的间距和齿龈的表面轮廓。在一些示例中,第二成像装置108可被配置为扫描患者101的牙齿、患者101的牙齿的物理印模或两者。在第二成像装置108被配置为扫描患者101的牙齿的物理印模的示例中,第二成像装置108可包括例如CT扫描仪、激光扫描仪、结构光扫描仪、3D摄影测量扫描仪等。

[0041] 图4示出了使用指示患者101的三维浅表牙科解剖结构的浅表牙科数据来生成的示例性数字图像400。数字图像400表示从患者101的牙齿的牙冠402和齿龈404的口内扫描中采集的浅表牙科数据。在一些示例中,第二成像装置108可被配置为生成浅表牙科数据,该浅表牙科数据包括限定网格的三角形顶点,该网格表示患者101的上颌弓或患者101的下颌弓的至少一部分的光学可见表面。在一些示例中,网格可由三维空间中的其他点、线和/或平面表示,诸如例如四边形或六边形网格、贝塞尔曲面、非均匀有理B样条(NURBS)曲面、参数化实体或其他曲面表示法。光学可见表面可包括例如自然牙齿牙冠(例如,牙釉质)、人造牙冠、牙桥、植入物、正畸器具(例如,托架、牙扣、吊钩、牙带、夹板等)或临时锚固装置(微型螺钉)。

[0042] 图像处理模块118包括图像数据采集模块124、图像数据调理模块126、分割模块128、变换模块130、图像生成模块132和图像输出模块134。图像数据采集模块124、图像数据调理模块126、分割模块128、变换模块130、图像生成模块132和图像输出模块134可以各种方式来实现。例如,图像数据采集模块124、图像调理模块126、分割模块128、变换模块130、图像生成模块132和图像输出模块134中的一者或多者可被实现为由处理电路110执行的应用或被实现为计算装置102的硬件单元的一部分。下面参考图5至图14中示出的示例性流程图来解释由图像数据采集模块124、图像数据调理模块126、分割模块128、变换模块130、图像生成模块132和图像输出模块134中的一者或多者执行的功能。

[0043] 图5是用于组合来自两个或更多个不同成像装置的牙科解剖结构数据的示例性技

术的流程图。尽管将相对于图1的系统100描述图5的技术,但在其他示例中,可使用不同的系统来执行图5的技术。此外,系统100可执行用于组合来自两个或更多个不同成像装置的牙科解剖结构数据的其他技术。

[0044] 图5所示技术包括通过计算装置102(例如,图像数据采集模块124)接收指示患者的第一三维牙科解剖结构的第一牙科数据(502)。该技术还包括通过计算装置102(例如,图像数据采集模块124)接收指示患者的第二三维牙科解剖结构的第二牙科数据(504)。如上所讨论的,第一牙科数据可从第一成像装置106采集,并且第二牙科数据可从第二成像装置108采集。

[0045] 在接收到第一牙科数据之后,图5所示技术包括通过计算装置102(例如,分割模块128)将第一牙科数据的第一子集与第一牙科数据的第二子集分割开(506)。例如,如上面参考图3所讨论的,体积牙科数据的第一子集可表示牙冠312。体积牙科数据的第二子集表示牙根316。在一些示例中,体积牙科数据的第一子集可指示牙冠312的第一空间取向。在一些示例中,体积牙科数据的第二子集可指示牙根316的空间取向。

[0046] 在一些示例中,第二牙科数据的至少一部分对应于第一牙科数据的第一子集。例如,如上面参考图4所讨论的,第二牙科数据可包括牙冠402。牙冠402可对应于第一牙科数据的第一子集的牙冠312。通过将第一牙科数据的第一子集与第一牙科数据的第二子集分割开,计算装置102可限定第一牙科数据的龈下部分和浅表部分。

[0047] 在分割第一牙科数据之后,图5所示技术包括通过计算装置102(例如,变换模块130)将第二牙科数据的对应部分变换为与第一牙科数据的第一子集基本上对准。第二牙科数据的变换可包括使用任何合适的变换。例如,合适的变换可被配置为将指示牙冠402的空间取向的第二牙科数据变换为与指示牙冠312的空间取向的第一牙科数据的第一子集基本上对准。关于整个牙弓的对准,基本上对准可包括例如将两次相应扫描的牙科特征彼此在约2毫米至约3毫米的范围内(诸如在约0.25毫米内)对准。关于牙弓的区段的对准,基本上对准可包括将两次相应扫描的牙科特征在约100微米内对准。关于对准单颗牙齿或牙齿对,基本上对准可包括将两次相应扫描的牙科特征在约25微米至约50微米内对准。在一些示例中,基本上对准可包括在扫描仪的像素或体素分辨率处或附近的对准,使得基本上对准可基于许多数据点(诸如计算质心)的统计平均值。

[0048] 在变换第二牙科数据之后,图5所示技术包括通过计算装置102(例如,图像生成模块132),通过用第二牙科数据的所变换的对应部分取代第一牙科数据的第一子集,以将所变换的第二牙科数据缝合到第一牙科数据的第二子集,来生成组合牙科数据。例如,生成组合牙科数据可包括用牙冠402的所变换的对应部分取代牙冠312以将所变换的牙冠402缝合到骨314和/或牙根316。

[0049] 在生成组合牙科数据之后,图5所示技术包括通过计算装置102(例如,图像输出模块134)基于组合牙科数据来输出图像数据,以进行显示(例如,用户接口114)(512)。例如,图6示出了表示组合牙科数据的示例性数字图像600,该组合牙科数据包括缝合到体积牙科数据的骨314和牙根316的浅表牙科数据的牙冠402的所变换的对应部分。在一些示例中,输出可包括将组合牙科数据输出到诊所或制造设施以制备牙科器具,诸如透明托盘对准器、假体等。

[0050] 图5中的技术的各方面可与可移除修复性牙科器具结合使用,以围绕可移除修复

性牙科器具的部件设计可移除牙科器具。在至少一个实施方案中,第一三维牙科解剖结构包括由患者佩戴的可移除修复性牙科器具,其中可移除修复性牙科器具在第二三维牙科解剖结构中未由患者佩戴,或反之亦然。在至少一个实施方案中,其中第一牙科数据的第一子集包括可移除修复性牙科器具的体积牙科数据,并且第一牙科数据的第二子集包括患者的牙列的体积牙科数据。

[0051] 图17示出了用于使用来自可移除修复性牙科器具的组合牙科数据的方法1700的流程图。方法1700可与图5中的流程图相关联。例如,框1702可在框510之后继续。在至少一个实施方案中,方法1700可涉及围绕可移除修复性牙科器具的桥体设计可移除牙科器具,使得该桥体不用作可移除牙科器具的锚固件。方法1700的各方面可在制造设施处进行以用于构造一组可移除牙科器具。

[0052] 在框1702中,计算装置102可接收组合牙科的数字表示(例如,如框510所获得的)。组合牙科数据可由计算装置102以任何方式访问,诸如从另一计算装置传输或访问计算装置102内的本地高速缓存。例如,制造设施处的计算装置102从诊所接收数字牙科解剖结构数据,包括患者的一颗或多颗牙齿的初始位置以及处方数据。另选地,计算装置102可从位于计算装置102内的或者以其他方式能够由该计算装置访问的数据库检索信息。与计算装置102相关联的受过训练的用户可与在计算装置102上运行的计算机化建模环境交互以相对于患者牙齿结构的数字表示制定治疗计划并且生成处方数据18(如果诊所14尚未进行这样的操作)。在其他示例中,计算装置102可仅基于患者的牙齿结构和预定义的设计约束来自动制定治疗计划。

[0053] 在框1704中,计算装置102可基于治疗计划来确定用于患者的可移除牙科器具的尺寸和形状。在至少一个实施方案中,治疗计划从相邻牙齿的牙齿位置调整中排除分割区域(包括可移除修复性牙科器具的至少一部分)。例如,计算装置102可将可移除牙科器具设计成使得来自可移除修复性牙科器具的桥体在改变相邻牙齿对该桥体的位置时不受力。

[0054] 可移除牙科器具可包括器具主体,该器具主体被构造成至少部分地围绕患者的牙弓的多颗牙齿形成。在至少一个实施方案中,器具主体包括单一材料,该单一材料限定被成形为接纳患者的至少一颗牙齿的壳体。在至少一个实施方案中,可移除牙科器具的尺寸和形状包括:壳体的位置、尺寸和形状。

[0055] 一旦计算装置102接收患者的牙齿结构,计算装置102就在框1704中确定用于患者的可移除牙科器具的尺寸和形状。可移除牙科器具的尺寸和形状被构造成当可移除牙科器具被患者佩戴时将患者的一颗或多颗牙齿从其初始位置重新定位到最终位置。在相同或附加的示例中,计算装置102确定用于患者的一组可移除牙科器具22的尺寸和形状,该组可移除牙科器具被构造成按顺序佩戴。

[0056] 在一些示例中,确定可移除牙科器具的尺寸和形状包括利用计算装置102根据一组预定义的设计约束来选择可移除牙科器具的尺寸和形状。该组预定义的设计约束可包括一个或多个因素,包括但不限于:施加到所包围的牙齿中的一颗或多颗的最小局部力和最大局部力中的至少一者、施加到所包围的牙齿中的一颗或多颗的最小旋转力和最大旋转力中的至少一者、施加到所包围的牙齿中的一颗或多颗的最小平移力和最大平移力中的至少一者、施加到所包围的牙齿中的一颗或多颗的最小总力和最大总力中的至少一者、以及当可移除牙科器具被患者佩戴并且所包围的牙齿处于其初始位置时施加到可移除牙科器具

的最小应力或应变和最大应力或应变中的至少一者。

[0057] 在确定可移除牙科器具的尺寸和形状期间,计算装置102可使用有限元分析(FEA)技术来分析患者牙齿以及可移除牙科器具上的力。例如,在建模牙齿从其初始位置移动到表示治疗的其最终位置时,计算装置102可对患者牙齿的立体模型应用FEA,该治疗包括一组有序的可移除牙科器具。计算装置102可使用FEA来选择适当的可移除牙科器具以在牙齿上施加期望的力。此外,计算装置102可使用虚拟咬合架来确定在治疗期间建模牙齿的整个移动中牙齿之间的接触点。计算装置102还可在FEA力分析中包括咬合接触力诸如牙间交错力,其与在设计一组有序的可移除牙科器具中的牙科器具期间来自可移除牙科器具的力相结合。计算装置102还可确定牙齿移动的顺序,以优化力的施加、减少治疗时间、改善患者舒适度等。计算装置102还可确定牙列的过度矫治,以解决治疗结束后的复发。

[0058] 在一些示例中,确定可移除牙科器具的尺寸和形状包括用计算装置102选择器具主体或壳体、定位构件、挠曲区域的厚度以提供一定刚度,该刚度适合于在可移除牙科器具被患者佩戴时将患者的一颗或多颗牙齿从其初始位置重新定位到最终位置。在一些示例中,选定的厚度可以在约0.10毫米和约2.0毫米之间的范围内,诸如在约0.2毫米和约1.0毫米之间,或者在约0.3毫米和约0.75毫米之间。在一些示例中,计算装置102还可根据预定义的设计约束选择可移除牙科器具的材料。

[0059] 患者的可移除牙科器具的尺寸和形状可经由计算装置102的图像输出模块呈现给用户,如在框512中。在可移除牙科器具的尺寸和形状被呈现给用户的示例中,在将设计数据发送到计算机辅助的制造系统20之前,用户可有机会调整设计约束或者直接调整可移除牙科器具的尺寸和形状。在一些示例中,当可移除牙科器具由计算机辅助的制造系统20制造时,可移除牙科器具的尺寸和形状可由计算装置102直接呈现给用户。例如,计算装置102可将可移除牙科器具的数字模型发送到计算机辅助的制造系统20,并且计算机辅助的制造系统20根据来自计算装置102的数字模型制造可移除牙科器具。

[0060] 然而,即使在用于患者的可移除牙科器具的尺寸和形状可经由计算装置102的用户接口呈现给用户的示例中,在用户批准之后,计算装置102也在框1706中将可移除牙科器具的数字模型发送到计算机辅助的制造系统20,并且计算机辅助的制造系统20根据来自计算装置102的数字模型制造可移除牙科器具。

[0061] 在一些示例中,计算机辅助的制造系统20可包括3D打印机。形成器具主体可以包括利用3D打印机打印弹簧构件、附接件、壳体、定位构件、挠曲区域、应力减低区域和被偏压部分中的至少一者。在其他示例中,形成器具主体可包括用3D打印机打印患者牙齿的表示,在牙齿的表示上热成型器具主体,并修剪多余的材料以形成弹簧构件、附接件、壳体、定位构件、挠曲区域、应力减低区域和被偏压部分中的至少一者。患者牙齿的表示可以包括凸起的表面,以便于在热成型和修剪的器具主体中形成弹簧构件、附接件、壳体、定位构件、挠曲区域、应力减低区域和被偏压部分中的至少一者。

[0062] 方法1700的技术可应用于设计和制造一组有序的可移除牙科器具22中的每个可移除牙科器具。例如,该组有序的可移除牙科器具22中的每个可移除牙科器具可被构造成增量地重新定位患者的牙齿。这样,该组有序的可移除牙科器具22可被构造成比该组可移除牙科器具22内的任一个可移除牙科器具更大程度地重新定位患者的牙齿。此类一组有序的可移除牙科器具22可具体地被构造成当患者的该组有序的可移除牙科器具22中的可移

除牙科器具被患者依次佩戴时,将患者的所述一颗或多颗牙齿从其初始位置增量地重新定位到最终位置。

[0063] 图7是用于组合来自两个或更多个不同成像装置的牙科解剖结构数据的示例性技术的流程图。尽管将相对于图1的系统100描述图7的技术,但在其他示例中,可使用不同的系统来执行图7的技术。此外,系统100可执行用于组合来自两个或更多个不同成像装置的牙科解剖结构数据的其他技术。

[0064] 图7所示技术包括通过计算装置102(例如,图像数据采集模块124)接收指示患者101的三维龈下牙科解剖结构的体积牙科数据(702)。例如,体积牙科数据可包括表示数字图像300的数据,如图3所示。该技术还包括通过计算装置102(例如,图像数据采集模块124)接收指示患者101的三维浅表牙科解剖结构的浅表牙科数据(704)。例如,浅表牙科数据可包括表示数字图像400的牙科数据,如图4所示。尽管未在图7中示出,但该技术可包括控制第一成像装置106以采集体积牙科数据、控制第二成像装置108以采集浅表牙科数据、与网络通信以检索体积牙科数据或浅表牙科数据、或它们的组合。

[0065] 在接收到体积牙科数据之后,图7所示技术包括通过计算装置102(例如,分割模块128)将体积牙科数据的表示患者的牙齿的牙冠的第一子集与体积牙科数据的表示牙齿的牙根的第二子集分割开(706)。例如,如上面参考图3所讨论的,体积牙科数据的第一子集可表示牙冠312。体积牙科数据的第二子集可表示牙根316。在一些示例中,体积牙科数据的第一子集可指示牙冠312的第一空间取向。在一些示例中,体积牙科数据的第二子集可指示牙根316的空间取向。通过将体积牙科数据的第一子集与体积牙科数据的第二子集分割开,计算装置102可限定体积牙科数据的龈下部分(例如,牙根316)和浅表部分(例如,牙冠312)。

[0066] 在一些示例中,将体积牙科数据的第一子集与体积牙科数据的第二子集分割开可包括:通过计算装置102(例如,分割模块128),通过组合指示牙釉质、牙本质、牙骨质或修复材料中的至少一者的点云的点,来将牙冠312的第一空间取向与牙根316的空间取向分割开,以及通过计算装置102(例如,分割模块128)确定限定组合点的外表面的三角形顶点网格。确定三角形顶点网格可包括将点云的组合点包绕在三角形顶点网格中。

[0067] 在接收到浅表牙科数据之后,图7所示技术包括通过计算装置102(例如,分割模块128)将浅表牙科数据的表示牙冠的第一子集与浅表牙科数据的表示患者的齿龈的第二子集分割开(708)。例如,如上面参考图4所讨论的,浅表牙科数据的第一子集可表示牙冠402。浅表牙科数据的第二子集可表示齿龈404。在一些示例中,浅表牙科数据的第一子集可指示牙冠402的第二空间取向。在一些示例中,浅表牙科数据的第二子集可指示齿龈404的空间取向。通过将浅表牙科数据的第一子集与浅表牙科数据的第二子集分割开,计算装置102可限定浅表牙科数据的对应于体积牙科数据的浅表部分的部分。例如,如上面参考图4所讨论的牙冠402可对应于如上面参考图4所讨论的牙冠312。

[0068] 尽管未在图7中示出,但在一些示例中,该技术可包括通过计算装置102限定第一组,该第一组包括体积牙科数据的第一子集和体积牙科数据的第二子集的一部分。该技术还可包括通过计算装置102限定第二组,该第二组包括浅表牙科数据的第一子集的一部分。浅表牙科数据的第一子集的该部分可对应于体积牙科数据的第一子集的该部分。例如,第一组可包括体积牙科数据的上颌弓或下颌弓的牙冠以及体积牙科数据的上颌弓或下颌弓的对应牙根,并且第二组可包括浅表牙科数据的上颌弓或下颌弓的牙冠。在这种意义上,第

一组和第二组可被认为是相应的弓形对象。

[0069] 在一些示例中,第一组可包括多个第一组,并且第二组可包括多个第二组。多个第一组中的每个第一组可包括体积牙科数据的第一子集的至少两个牙冠和体积牙科数据的第二子集的至少两个对应牙根。多个第二组中的每个第二组可包括浅表牙科数据的第一子集的至少两个牙冠。限定第一组和第二组可减少变换浅表牙科数据的计算强度或时间。

[0070] 在分割第一牙科数据之后,图7所示技术包括通过计算装置102(例如,变换模块130)来变换浅表牙科数据的指示牙冠的第二空间取向的第一子集,使得牙冠的第二空间取向与牙冠的第一空间取向基本上对准(710)。浅表牙科数据的第一子集的变换可包括使用任何合适的变换。例如,变换(710)可包括通过计算装置102(例如,变换模块130)来变换浅表牙科数据的指示牙冠402的第二空间取向的第一子集,使得牙冠402的第二空间取向与牙冠312的第一空间取向基本上对准。在一些示例中,变换(710)可包括将多个线性变换应用于表示牙弓的不同区段(或部分)的数据、将沿描述牙弓的路径变化的连续变换函数应用于表示牙弓的数据或两者。在一些示例中,牙弓的不同区段可与表示牙弓的三角形网格中的各个顶点一样小。

[0071] 在变换第二牙科数据之后,图7所示技术包括通过计算装置102(例如,图像生成模块132),通过用浅表牙科数据的指示牙冠的第二空间取向的所变换的第一子集取代龈下数据的指示牙冠的第一空间取向的第一子集,以将浅表牙科数据的指示牙冠的第二空间取向的所变换的第一子集缝合到体积牙科数据的表示牙根的第二子集,来生成组合牙科数据(712)。例如,生成组合牙科数据可包括用牙冠402的所变换的对应部分取代牙冠312以将所变换的牙冠402缝合到骨314和/或牙根316。

[0072] 在生成组合牙科数据之后,图7所示技术包括通过计算装置102(例如,图像输出模块134)基于组合牙科数据来输出图像数据,以进行显示(例如,用户接口114)(714)。例如,图8A和图8B示出了表示组合牙科数据的示例性数字图像,该组合牙科数据包括缝合到体积牙科数据的牙根的浅表牙科数据的牙冠的所变换的对应部分。图8A示出了表示下颌弓752的牙科图像750,该下颌弓包括在平滑且连续的接口758处交汇的牙冠754和牙根756。接口758不包括从牙冠754到牙根756的任何显著突变。图8B示出了表示上颌弓772的牙科图像770,该上颌弓包括在平滑且连续的接口778处交汇的牙冠774和牙根776。接口778不包括从牙冠774到牙根776的任何显著突变(可见不连续性)。

[0073] 如下面进一步详细讨论的,在一些示例中,变换(710)可包括参考图9A至图15所示的技术中的一种或多种技术。图9A至图9C是示出变换牙科解剖结构数据的示例性技术的示意图。尽管将相对于图1的系统100描述图9A至图9C的技术,但在其他示例中,可使用不同的系统来执行图9A至图9C的技术。此外,系统100可执行用于变换牙科解剖结构数据的其他技术。

[0074] 图9A的流程图中所示的技术可包括通过计算装置102(例如,变换模块130)将浅表牙科数据的牙冠的第二空间取向平移为与体积牙科数据的牙冠的第一空间取向基本上对准(802)。例如,如图9B所示,表示牙冠806的空间取向的浅表牙科数据可进行平移(例如,平移810),以与表示牙冠808的空间取向的体积牙科数据基本上对准。尽管被示出为二维平移,但该平移也可以是三维的。平移可包括位置平移分量和取向平移分量两者。在一些示例中,平移可包括缩放分量。图9A所示技术可包括通过计算装置102(例如,变换模块130)将浅

表牙科数据的牙冠的第二空间取向旋转为与体积牙科数据的牙冠的第一空间取向基本上对准(804)。例如,如图9C所示,表示牙冠806的空间取向的浅表牙科数据可进行旋转(例如,旋转812),以与表示牙冠808的空间取向的体积牙科数据基本上对准。尽管被示出为沿单个轴线的旋转,但该旋转可以是相对于两个或更多个轴线。

[0075] 在一些示例中,平移(802)和/或旋转(804)作为单个整体对象可限定浅表牙科数据的牙冠的第二空间取向与体积牙科数据的牙冠的第一空间取向的“最佳拟合配准”。在一些示例中,将浅表牙科数据的牙冠的第二空间取向(例如,作为单个整体对象)与体积牙科数据的牙冠的第一空间取向(例如,作为单个整体对象)最佳拟合配准可由于体积牙科数据的牙冠的第一空间取向的畸变而导致轻微失配。

[0076] 图10A和图10B是表示牙冠902(例如,牙冠402中的牙冠)与牙根904(例如,牙根316中的牙根)的最佳拟合配准的示例性图像900A和900B。图10B示出了图10A所示视图的90度旋转。如图10A和图10B所示,最佳拟合对准可导致牙冠902与对应牙根904之间的位置的突变906。突变906可表示平移和/或旋转中的未对准(例如,分别为位置误差和取向误差)。在图10A和图10B所示的示例中,位置误差的大小大于取向误差的大小。

[0077] 为了减少来自最佳拟合配准的误差,质心或其他数据特征可用于改善经由平移和/或旋转的对准。图11A至图11C是示出使用质心来变换牙科解剖结构数据的示例性技术的示意图。尽管将相对于图1的系统100描述图11的技术,但在其他示例中,可使用不同的系统来执行图11的技术。此外,系统100可执行用于变换牙科解剖结构数据的其他技术。

[0078] 图11A所示技术包括通过计算装置102(例如,变换模块130),基于体积牙科数据的牙冠的第一空间取向,来确定牙弓质心、一个或多个牙弓段质心、一个或多个牙齿质心、一个或多个牙冠质心、一个或多个牙科解剖标志、一个或多个网格顶点、一个或多个网格三角形中的至少一者(1002)。图11A所示技术包括通过计算装置102(例如,变换模块130),基于浅表牙科数据的牙冠的第二空间取向,来确定牙弓质心、一个或多个牙弓段质心、一个或多个牙齿质心、一个或多个牙冠质心、一个或多个牙科解剖标志、一个或多个网格顶点、一个或多个网格三角形中的至少一者(1004)。如本文所用,质心可包括三角形顶点网格的几何中心,该三角形顶点网格表示牙科解剖结构的相应特征或牙科解剖结构数据的特征的表面。牙科解剖结构的特征可包括整个牙弓、牙弓的区段、各个牙冠、其他标志(例如,植入物、假体或自然牙科解剖结构特征)。牙科解剖结构数据的特征可包括一个或多个坐标集,该一个或多个坐标集表示限定牙科解剖结构的特征的三维形状的网格上的一个或多个点。

[0079] 图11A所示技术包括以下平移或旋转中的至少一者:通过计算装置102(例如,变换模块130),通过修改三维空间中浅表牙科数据的牙冠的第二空间取向的牙弓质心、一个或多个牙弓段质心、一个或多个牙齿质心、一个或多个牙冠质心、一个或多个牙科解剖标志、一个或多个网格顶点、一个或多个网格三角形中的至少一者的位置,来将其平移为或将该至少一者旋转为与体积牙科数据的牙冠的第一空间取向的牙弓质心、一个或多个牙弓段质心、一个或多个牙齿质心、一个或多个牙冠质心、一个或多个牙科解剖标志、一个或多个网格顶点、一个或多个网格三角形中的至少一者基本上对准(1006)。

[0080] 例如,如图11B所示,计算装置102(例如,变换模块130)可被配置为确定表示牙冠1012的空间取向的浅表牙科数据的质心1010。类似地,计算装置102(例如,变换模块130)可被配置为确定表示牙冠1016的空间取向的体积牙科数据的质心1014。计算装置102(例如,

变换模块130)可被配置为确定从质心1010到质心1014的平移量1018,以及然后将所确定的平移量应用于限定牙冠1012的网格的每个三角形顶点。尽管被示出为二维平移,但应当理解,平移可以是三维的。如图11C所示,计算装置102(例如,变换模块130)可被配置为确定牙冠1012的旋转1020(例如,以质心1010作为旋转轴线)以与牙冠1016基本上对准。

[0081] 尽管在图11C中被示出为沿单个轴线的单次旋转,但该旋转可以是相对于两个或更多个轴线。图12A至图12D是示出变换牙科解剖结构数据的示例性技术的示意图,包括竖直旋转和水平旋转。尽管将相对于图1的系统100描述图12A至图12D的技术,但在其他示例中,可使用不同的系统来执行图12A至图12D的技术。此外,系统100可执行用于变换牙科解剖结构数据的其他技术。

[0082] 图12A所示技术包括通过计算装置102(例如,变换模块130)确定体积牙科数据的牙冠的第一空间取向和浅表牙科数据的牙冠的第二空间取向的一个或多个牙冠质心(1102)。一个或多个质心可包括三角形顶点网格的几何中心,该三角形顶点网格表示相应牙科数据的牙冠的表面。例如,如图11B所示,质心1120可包括表示牙冠1122的网格的所有顶点的算术平均位置,并且质心1124可包括表示牙冠1126的网格的所有顶点的算术平均位置。这样,可为患者101的牙弓的每颗牙齿限定由相应的体积牙科数据或浅表牙科数据表示的相应质心。

[0083] 图12A所示技术包括通过计算装置102(例如,变换模块130)确定体积牙科数据的牙冠的第一空间取向的一个或多个牙冠质心与浅表牙科数据的牙冠的第二空间取向的对应的一个或多个牙冠质心之间的平移量(1104)。图12A所示技术包括通过计算装置102(例如,变换模块130)将限定浅表牙科数据的牙冠的第二空间取向的网格的每个三角形顶点平移该平移量(1106)。例如,如图11B所示,计算装置102(例如,变换模块130)可被配置为确定从质心1120到质心1124的平移量1128,以及然后将所确定的平移量应用于限定牙冠1122的网格的每个三角形顶点。尽管被示出为二维平移,但该平移也可以是三维的。这样,牙弓的每颗牙齿可被平移为与体积牙科数据的牙冠的第一空间取向中的对应牙齿居中对准。

[0084] 图12A所示技术包括通过计算装置102(例如,变换模块130)确定介于体积牙科数据的牙冠的第一空间取向的第一牙冠和第二牙冠之间的第一矢量与浅表牙科数据的牙冠的第二空间取向的第三牙冠和第四牙冠之间的第二矢量之间的水平旋转角α,其中第一牙冠对应于第三牙冠,并且第二牙冠对应于第四牙冠(1108)。该技术还包括通过计算装置102(例如,变换模块130),使用第三牙冠的质心作为旋转中心,来将限定第三牙冠的网格的每个三角形顶点旋转水平旋转角α(1110)。例如,如图12C所示,计算装置102(例如,变换模块130)可被配置为确定牙冠1122的水平旋转角α,以及将牙冠1122绕着作为旋转轴线的质心1120旋转为与牙冠1126基本上对准。在一些示例中,第一牙冠和第二牙冠包括近中-远侧相邻牙齿,或者在最近中牙冠的情况下,包括牙弓的相邻象限的牙冠。可针对牙弓的每颗牙齿重复对水平旋转的确定。

[0085] 图12所示技术包括通过计算装置102(例如,变换模块130)确定介于体积牙科数据的牙冠的第一空间取向的第一牙冠和质心之间的第三矢量与浅表牙科数据的牙冠的第二空间取向的第三牙冠和质心之间的第四矢量之间的竖直旋转角θ(1112)。该技术还包括通过计算装置102(例如,变换模块130),使用第三牙冠的质心作为旋转中心,来将限定第三牙冠的网格的每个三角形顶点旋转竖直旋转角θ(1114)。例如,如图12D所示,计算装置102(例

如,变换模块130)可被配置为确定牙冠1122的竖直旋转角θ,以及将牙冠1122绕着作为旋转轴线的质心1120旋转为与牙冠1126基本上对准。

[0086] 在一些示例中,变换浅表牙科数据的牙冠的第二空间取向可包括针对浅表牙科数据的牙冠的第二空间取向的每个牙冠重复水平旋转和竖直旋转。

[0087] 图13是变换牙科解剖结构数据的示例性技术的流程图。尽管将相对于图1的系统100描述图13的技术,但在其他示例中,可使用不同的系统来执行图13的技术。此外,系统100可执行用于变换牙科解剖结构数据的其他技术。

[0088] 图13所示技术包括通过计算装置102(例如,变换模块130)确定多个第一组中的每个第一组的第一质心和多个第二组中的每个第二组的第二质心(1202)。例如,如上所讨论的,体积牙科数据和浅表牙科数据可被细分成表示牙弓的区段的组。相应质心包括表示相应组的表面的三角形顶点网格的几何中心。与确定每个牙冠的质心相比,确定组质心可减少计算强度或时间。

[0089] 图13所示技术包括通过计算装置102(例如,变换模块130)确定每个第一质心与对应的第二质心之间的平移量(1204)。图13所示技术包括通过计算装置102(例如,变换模块130)将限定多个第二组中的每个第二组的每个网格的每个三角形顶点平移该平移量(1206)。这样,每个组(例如,牙弓的牙齿的每个区段)可被平移为与对应组居中对准。

[0090] 图13所示技术包括通过计算装置102(例如,变换模块130)确定介于相应第一质心和多个第一组的质心之间的第一矢量与相应第二质心和多个第二组的质心之间的第二矢量之间的竖直旋转角θ(1208)。图13所示技术包括通过计算装置102(例如,变换模块130),使用相应第二质心作为旋转中心,来将限定多个第二组中的每个第二组的每个网格的每个三角形顶点旋转竖直旋转角θ(1210)。在一些示例中,变换浅表牙科数据的牙冠的第二空间取向可包括针对多个第二组中的每个第二组重复竖直旋转。

[0091] 图14是变换牙科解剖结构数据的示例性技术的流程图。尽管将相对于图1的系统100描述图14的技术,但在其他示例中,可使用不同的系统来执行图14的技术。此外,系统100可执行用于变换牙科解剖结构数据的其他技术。

[0092] 图14所示技术包括通过计算装置102(例如,变换模块130)确定多个第一组中的每个第一组的第一质心和多个第二组中的每个第二组的第二质心(1302)。步骤1302可与上文所讨论的步骤1202相同或基本上类似。

[0093] 图14所示技术包括通过计算装置102(例如,变换模块130)确定第一质心和第二质心的相应共线性程度(1304)。例如,每个第一质心可通过第一矢量接合到相邻的第一质心,并且每个第二质心可通过第二矢量接合到相邻的第二质心。可比较对应的第一矢量和第二矢量以确定共线性程度。在一些示例中,线性回归可用于将线拟合到多个质心。该线可被认为是多个质心的平均线或趋势。在一些示例中,共线性程度可基于多个质心与该线的标准偏差。例如,质心与该线的较大偏差意味着较小的共线性。在一些示例中,共线性程度可基于的多个质心的平均线进行的均方根(RMS)误差计算。

[0094] 图14所示技术包括通过计算装置102(例如,变换模块130)确定每个相应的共线性程度是否大于阈值(1306)。在一些示例中,阈值可包括完全共线性所需的平移和/或旋转的量。例如,阈值可包括小于约1毫米的平移和小于约10度(诸如小于约5度)的旋转。在将线拟合到整个牙弓的质心的示例中,阈值可包括小于约20毫米(诸如小于约10毫米或小于约1毫

米)的平移。在将线拟合到牙弓的区段的示例中,阈值可包括小于约10毫米(诸如小于约5毫米或小于约1毫米)的平移。在将线拟合到仅包括两颗牙齿的牙弓的区段的示例中,阈值可包括在扫描仪的误差界限内基本上为零毫米(例如,零或接近零)的平移。这样,共线性可用于通过仅变换需要阈值量的变换的数据的部分来减少计算强度或时间。

[0095] 图14所示技术包括通过计算装置102(例如,变换模块130)将多个第二组中的每个相应第二组划分成至少两个子组(1308)。每个相应第二组可被定义为父组。至少两个子组可被定义为子组。

[0096] 图14所示技术包括通过计算装置102(例如,变换模块130)调整多个第二组中的每个相应第二组的取向(1310)。在一些示例中,调整取向可以是基于相应第二组的原始取向和父组的取向的函数。例如,调整取向可包括基于表示父组和子组的变换的矢量的加权平均数来使每个相应第二组平移和/或旋转。

[0097] 图14所示技术包括迭代地确定质心、确定共线性程度、调整取向以及划分每个相应子组,直到每个子组包括两个牙冠(1312)。

[0098] 图15是变换牙科解剖结构数据的示例性技术的流程图。尽管将相对于图1的系统100描述图15的技术,但在其他示例中,可使用不同的系统来执行图15的技术。此外,系统100可执行用于变换牙科解剖结构数据的其他技术。

[0099] 图15所示技术包括通过计算装置102(例如,变换模块130)确定体积牙科数据和浅表牙科数据的牙弓质心(1402)。图15所示技术包括通过计算装置102(例如,变换模块130)确定体积牙科数据的牙冠的第一空间取向的和浅表牙科数据的牙冠的第二空间取向的每个牙冠的牙冠质心(1404)。

[0100] 图15所示技术包括通过计算装置102(例如,变换模块130)将限定浅表牙科数据的牙冠的第二空间取向的网格的每个三角形顶点平移介于体积牙科数据的牙冠的第一空间取向的牙冠质心与浅表牙科数据的牙冠的第二空间取向的对应牙冠质心之间的平移量(1406)。

[0101] 图15所示技术包括通过计算装置102(例如,变换模块130)确定第一样条函数和第二样条函数,该第一样条函数穿过体积牙科数据的牙冠的第一空间取向的牙冠质心,该第二样条函数穿过浅表牙科数据的牙冠的所平移的第二空间取向的牙冠质心(1408)。第一样条函数和第二样条函数可包括任何合适的分段多项式参数曲线。例如,第一样条函数和第二样条函数可包括三维样条函数或六维样条函数(例如,其组合平移分量和旋转分量两者)。在一些示例中,第一样条函数和第二样条函数可包括其他插值函数。

[0102] 图15所示技术包括通过计算装置102(例如,变换模块130)确定从第二样条函数到第一样条函数的三维仿射变换(1410)。三维仿射变换可包括任何合适数量的参数。例如,12参数仿射变换可适合于定义表示三维图像的数据(例如,体积牙科数据和浅表牙科数据)之间的关系。三维仿射变换可包括但不限于平移分量、旋转分量或缩放分量中的至少一者。

[0103] 在一些示例中,确定三维仿射变换可包括通过计算装置102(例如,变换模块130),针对体积牙科数据的牙冠的第一空间取向的牙冠质心中的每个牙冠质心处的第一样条函数和浅表牙科数据的牙冠的第二空间取向的牙冠质心中的每个牙冠质心处的第二样条函数中的每个相应样条函数,确定与相应样条函数相切的第一矢量、与相应样条函数正交并且穿过牙弓质心的第二矢量,以及与第一矢量和第二矢量的交叉乘积相等的第三矢量。三

维仿射变换是基于第一矢量、第二矢量和第三矢量。

[0104] 图15所示技术包括通过计算装置102(例如,变换模块130),使用三维仿射变换,来变换限定浅表牙科数据的牙冠的第二空间取向的网格的每个三角形顶点(1412)。在一些示例中,使用三维仿射变换来变换每个三角形顶点可包括多个子步骤。例如,该技术可包括通过计算装置102(例如,变换模块130)确定在三维仿射变换的平移分量之间进行插值的平移样条函数。该技术还可包括通过计算装置102(例如,变换模块130)确定在三维仿射变换的旋转分量之间进行插值的旋转样条函数。该技术还可包括通过计算装置102(例如,变换模块130)确定在三维仿射变换的缩放分量之间进行插值的缩放样条函数。另选地,该技术可包括通过计算装置102(例如,变换模块130)确定在三维仿射变换的平移分量、旋转分量或缩放分量中的至少一者之间同时进行插值的高维样条函数。例如,样条函数中的控制点或关键帧可由包括三维仿射变换的变换矩阵中的值的任何子集表示,而不仅仅是平移值或旋转值中的每个值的3元组,例如(x,y,z)或(α,β,γ)。

[0105] 在确定平移样条和旋转样条之后,该技术可包括针对限定浅表牙科数据的牙冠的第二空间取向的网格的每个三角形顶点,通过计算装置102(例如,变换模块130)将顶点投影到第二样条函数上的最近点上。该技术还可包括通过计算装置102(例如,变换模块130)定义与第二样条函数正交的平面,该平面穿过第二样条函数上的最近点。该技术还可包括通过计算装置102(例如,变换模块130)确定平面与第二样条函数上的最近点的交叉点处第二样条函数的值。该技术还可包括通过计算装置102(例如,变换模块130)在该值处评估平移样条函数和旋转样条函数,以确定平移分量、旋转分量或缩放分量中的至少一者。该技术还可包括通过计算装置102(例如,变换模块130)定义包括平移分量、旋转分量或缩放分量中的至少一者的特定于顶点的三维仿射变换。该技术还可包括通过计算装置102(例如,变换模块130)将该特定于顶点的三维变换应用于顶点。

[0106] 在一些示例中,使用图5至图14所示技术来生成的组合牙科数据可用于制造牙科器具。

[0107] 图16是示出示例性计算机环境10的框图,在该示例性计算机环境中,诊所14和制造设施20在患者12的牙科器具22的整个制造过程中沟通信息。牙科器具22可包括例如透明托盘对准器、植入物、假体等。首先,诊所14的正畸医师使用例如第一成像装置106和第二成像装置108(图1)来生成患者12的牙科解剖结构的一个或多个图像,以生成体积牙科解剖结构数据和浅表牙科解剖结构数据。为了生成数字牙科解剖结构数据16,计算机可使用上面所描述的技术来将来自成像系统的原始数据变换为可使用的数字模型。此外,计算机可将牙列表面分割以产生表示单颗牙齿的一个或多个离散的可移动的3D牙齿对象模型。计算机还可将来自齿龈的这些牙齿模型分隔成单独的对象。分割可允许用户以一组单独的对象的形式来表征并且操控牙齿排列。在一些示例中,计算机可根据这些模型推导诊断信息,诸如牙弓长度、咬合位置、相邻牙齿之间的间隙间距以及甚至美国正牙学委员会(ABO)客观评分。通过用数字过程替代物理过程,可在不需要将石膏模型或印模从一个位置输送到另一个位置的情况下,在独立的位置处执行数据采集步骤和数据操控步骤。减少或消除对物理对象的往复运送的需求可为定制器具的客户和制造商两者带来显著的成本节省。

[0108] 在生成数字牙科解剖结构数据16之后,诊所14可将数字牙科解剖结构数据16存储在数据库中的患者记录内。诊所14可例如更新具有多个患者记录的本地数据库。另选地,诊

所14可经由网络24远程更新中央数据库(任选地,在制造设施20内)。在存储了数字牙科解剖结构数据16之后,诊所14将数字牙科解剖结构数据16以电子方式发送到制造设施20。另选地,制造设施20可从中央数据库检索数字牙科解剖结构数据16。另选地,制造设施20可以从与诊所14非关联的数据源检索预先存在的数字牙科解剖结构数据16。

[0109] 诊所14还可将处方数据18转发到制造设施20,该处方数据传达与医师对患者12的诊断和治疗计划有关的一般信息。制造设施20可位于场外或与诊所14位于一起。例如,每个诊所14可充当制造设施20,使得可由临床医师或助手在临床环境中使用本地安装的软件完整地执行治疗计划和数字设计。

[0110] 制造设施20利用患者12的数字牙科解剖结构数据16来构造牙科器具22。制造可包括3D打印或其他增材制造方法。3D打印机允许制造牙科器具的复杂特征或者患者12的牙科解剖结构的物理表示。在一些示例中,增材制造的其他方法可包括例如在热成形、3D打印和/或铣削可移除牙科器具之后使用5轴或6轴直角坐标机器人或关节运动臂机器人将材料分配到可移除牙科器具的表面上的熔融沉积成型。制造可包括后处理(诸如铣削)以移除未固化的树脂并且移除支撑结构,或者以组装各种部件,该后处理也可以是必要的并且也可在临床环境中执行。

[0111] 自此的一段时间之后,制造设施20将牙科器具22转发到诊所14,或者另选地,直接转发到患者12。患者12可返回到诊所14以周期性地监测使用可移除牙科器具22进行的治疗的进展。在此类周期性监测期间,临床医生可调整患者12的处方计划表,以用于随时间推移依次佩戴该组可移除牙科器具22中的可移除牙科器具。监测通常包括对患者12的牙齿进行目检并且还可包括成像以生成新的数字牙科解剖结构数据16。

[0112] 已描述了各种示例。这些示例以及其他示例均在如下权利要求书的范围内。

[0113] “相邻牙齿”是指与最近桥体相距2个位置内的牙齿。例如,如果桥体是使用FDI两位符号的右上中切牙11,则牙齿12、13、21和22被认为是相邻牙齿。

[0114] “桥体”是指取代缺失的自然牙齿的人造牙齿。桥体也可被称为当可移除修复性牙科器具的一部分时的单元。

[0115] “可移除牙科器具”是指可从患者的牙列移除并且用于正畸治疗的器具。可移除牙科器具的示例包括透明托盘对准器。

[0116] “可移除修复性牙科器具”是指对于患者的牙列是修复性的并且能够在没有工具的情况下从牙列移除的器具。可移除修复性牙科器具可以是结合桥体(诸如牙桥或局部义齿)或保持器的牙科替代物。可移除修复性牙科器具也可被锚固到基牙或植入物。

[0117] “保持器”是指用于尤其是在正畸治疗之后将牙齿保持在其正确位置的牙科器具。

[0118] “样条函数”是指在需要数据插值和/或平滑的应用中使用的一类广泛的函数。

[0119] 例示性实施方案的列表:

[0120] 1.一种方法,所述方法包括:

[0121] 通过计算装置接收指示患者的三维龈下牙科解剖结构的体积牙科数据;

[0122] 通过所述计算装置接收指示所述患者的三维浅表牙科解剖结构的浅表牙科数据;

[0123] 通过所述计算装置将所述体积牙科数据的表示所述患者的牙齿的牙冠的第一子集与所述体积牙科数据的表示所述牙齿的牙根的第二子集分割开,其中所述体积牙科数据的第一子集指示所述牙冠的第一空间取向,并且其中所述体积牙科数据的第二子集指示所

述牙根的空间取向;

[0124] 通过所述计算装置将所述浅表牙科数据的表示所述牙冠的第一子集与所述浅表牙科数据的表示所述患者的齿龈的第二子集分割开,其中所述浅表牙科数据的第一子集指示所述牙冠的第二空间取向,并且其中所述浅表牙科数据的第二子集指示所述齿龈的空间取向;

[0125] 通过所述计算装置变换所述浅表牙科数据的指示所述牙冠的第二空间取向的第一子集,使得所述牙冠的第二空间取向与所述牙冠的第一空间取向基本上对准;

[0126] 通过所述计算装置,通过用所述浅表牙科数据的指示所述牙冠的第二空间取向的所变换的第一子集取代所述龈下数据的指示所述牙冠的第一空间取向的第一子集,以将所述浅表牙科数据的指示所述牙冠的第二空间取向的所变换的第一子集缝合到所述体积牙科数据的表示所述牙根的第二子集,来生成组合牙科数据;以及

[0127] 通过所述计算装置基于所述组合牙科数据来输出图像数据,以进行显示。

[0128] 2.根据实施方案1所述的方法,其中接收所述体积牙科数据包括通过所述计算装置从锥形束计算机断层摄影扫描仪或磁共振成像扫描仪接收所述体积牙科数据。

[0129] 3.根据实施方案1或2所述的方法,其中接收浅表牙科数据包括通过所述计算装置从口内扫描仪接收所述浅表牙科数据。

[0130] 4.根据实施方案1至3中任一项所述的方法,其中所述龈下牙科解剖结构包括所述患者的上颌骨、所述患者的下颌骨或所述患者的颅骨的一部分中的至少一者。

[0131] 5.根据实施方案1至4中任一项所述的方法,其中所述浅表牙科数据包括三角形网格,所述三角形网格表示所述患者的上颌弓或所述患者的下颌弓的至少一部分的光学可见表面。

[0132] 6.根据实施方案1至5中任一项所述的方法,其中所述体积牙科数据包括密度加权点云,所述密度加权点云解析所述龈下牙科解剖结构的硬组织和所述龈下牙科解剖结构的软组织,其中所述硬组织包括牙釉质、牙本质、牙骨质、齿槽骨或皮质骨中的至少一者,并且其中所述软组织包括硬腭、齿龈、舌、口腔粘膜、牙周韧带、软骨、肌肉或皮肤中的至少一者。

[0133] 7.根据实施方案1至6中任一项所述的方法,其中接收所述体积牙科数据还包括:通过所述计算装置,基于所述硬组织或所述软组织中的至少一者的至少一个密度,使用至少一个密度阈值来过滤所述体积牙科数据。

[0134] 8.根据实施方案7所述的方法,其中所述至少一个密度阈值包括牙釉质、牙本质、牙骨质、齿槽骨、皮质骨、硬腭、齿龈、舌、口腔粘膜、牙周韧带、软骨、肌肉或皮肤中的至少一者的密度上限和密度下限。

[0135] 9.根据实施方案1至8中任一项所述的方法,其中将所述体积牙科数据的第一子集与所述体积牙科数据的第二子集分割开包括:

[0136] 通过所述计算装置,通过组合指示牙釉质、牙本质、牙骨质或修复材料中的至少一者的点云的点,来将牙冠的第一空间取向与所述牙根的空间取向分割开;以及

[0137] 通过所述计算装置确定限定所组合的点的外表面的三角形顶点网格。

[0138] 10.根据实施方案1至9中任一项所述的方法,所述方法还包括:

[0139] 通过所述计算装置限定第一组,所述第一组包括所述体积牙科数据的第一子集和所述体积牙科数据的第二子集的一部分;以及

[0140] 通过所述计算装置限定第二组,所述第二组包括所述浅表牙科数据的第一子集的一部分,其中所述浅表牙科数据的第一子集的所述部分对应于所述体积牙科数据的第一子集的所述部分。

[0141] 11.根据实施方案10所述的方法,其中所述第一组包括所述体积牙科数据的上颌弓或下颌弓的牙冠以及所述体积牙科数据的所述上颌弓或所述下颌弓的对应牙根,并且其中所述第二组包括所述浅表牙科数据的所述上颌弓或所述下颌弓的牙冠。

[0142] 12.根据实施方案10或11所述的方法,其中所述第一组包括多个第一组,每个第一组包括所述体积牙科数据的第一子集的至少两个牙冠和所述体积牙科数据的第二子集的至少两个对应牙根,并且其中所述第二组包括多个第二组,每个第二组包括所述浅表牙科数据的第一子集的至少两个牙冠。

[0143] 13.根据实施方案1至12中任一项所述的方法,其中变换所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向包括以下平移或旋转中的至少一者:通过所述计算装置将所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向平移或旋转为与所述体积牙科数据的所述牙冠的第一空间取向基本上对准。

[0144] 14.根据实施方案1至13中任一项所述的方法,其中变换包括将多个线性变换应用于第二牙科数据的对应部分的离散区段,或将非线性连续变换应用于第二牙科数据的对应部分。

[0145] 15.根据实施方案1至14中任一项所述的方法,其中变换所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向包括:

[0146] 通过所述计算装置,基于所述体积牙科数据的所述牙冠的第一空间取向,来确定牙弓质心、一个或多个牙弓段质心、一个或多个牙齿质心、一个或多个牙冠质心、一个或多个牙科解剖标志、一个或多个网格顶点、一个或多个网格三角形中的至少一者;

[0147] 通过所述计算装置,基于所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向,来确定牙弓质心、一个或多个牙弓段质心、一个或多个牙齿质心、一个或多个牙冠质心、一个或多个牙科解剖标志、一个或多个网格顶点、一个或多个网格三角形中的至少一者;以及

[0148] 通过所述计算装置,将三维空间中所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向的牙弓质心、一个或多个牙弓段质心、一个或多个牙齿质心、一个或多个牙冠质心、一个或多个牙科解剖标志、一个或多个网格顶点、一个或多个网格三角形中的至少一者,平移或旋转为与所述体积牙科数据的所述牙冠的第一空间取向的牙弓质心、一个或多个牙弓段质心、一个或多个牙齿质心、一个或多个牙冠质心、一个或多个牙科解剖标志、一个或多个网格顶点、一个或多个网格三角形中的至少一者基本上对准。

[0149] 16.根据实施方案1至14中任一项所述的方法,其中变换所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向还包括:

[0150] 通过所述计算装置确定所述体积牙科数据的所述牙冠的第一空间取向的和所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向的一个或多个牙冠质心;

[0151] 通过所述计算装置确定所述体积牙科数据的所述牙冠的第一空间取向的一个或多个牙冠质心与所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向的对应的一个或多个牙冠质心之间的平移量;

[0152] 通过所述计算装置将限定所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向的网格

的每个三角形顶点平移所述平移量；

[0153] 通过所述计算装置确定介于所述体积牙科数据的所述牙冠的第一空间取向的第一牙冠和第二牙冠之间的第一矢量与所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向的第三牙冠和第四牙冠之间的第二矢量之间的水平旋转角α，其中所述第一牙冠对应于所述第三牙冠，并且所述第二牙冠对应于所述第四牙冠；

[0154] 通过所述计算装置，使用所述第三牙冠的质心作为旋转中心，来将限定所述第三牙冠的网格的每个三角形顶点旋转所述水平旋转角α；

[0155] 通过所述计算装置确定介于所述体积牙科数据的所述牙冠的第一空间取向的所述第一牙冠和质心之间的第三矢量与所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向的所述第三牙冠和质心之间的第四矢量之间的竖直旋转角θ；以及

[0156] 通过所述计算装置，使用所述第三牙冠的质心作为旋转中心，来将限定所述第三牙冠的网格的每个三角形顶点旋转所述竖直旋转角θ。

[0157] 17.根据实施方案16所述的方法，其中变换所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向还包括针对所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向的每个牙冠重复所述水平旋转和所述竖直旋转。

[0158] 18.根据实施方案1至14中任一项所述的方法，其中变换所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向还包括：

[0159] 通过所述计算装置确定多个第一组中的每个第一组的第一质心和多个第二组中的每个第二组的第二质心；

[0160] 通过所述计算装置确定每个第一质心与对应的第二质心之间的平移量；

[0161] 将限定所述多个第二组中的每个第二组的每个网格的每个三角形顶点平移所述平移量；

[0162] 通过所述计算装置确定介于相应第一质心和所述多个第一组的质心之间的第一矢量与相应第二质心和所述多个第二组的质心之间的第二矢量之间的竖直旋转角θ；

[0163] 通过所述计算装置，使用所述相应第二质心作为旋转中心，来将限定所述多个第二组中的每个第二组的每个网格的每个三角形顶点旋转所述竖直旋转角θ。

[0164] 19.根据实施方案18所述的方法，其中变换所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向还包括针对多个第二组中的每个第二组重复所述竖直旋转。

[0165] 20.根据实施方案1至14中任一项所述的方法，其中变换所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向还包括：

[0166] 通过所述计算装置确定多个第一组中的每个第一组的第一质心和多个第二组中的每个第二组的第二质心；

[0167] 通过所述计算装置确定所述第一质心和所述第二质心的相应共线性程度；

[0168] 通过所述计算装置确定每个相应共线性程度是否大于阈值；以及

[0169] 通过所述计算装置，根据相应第二组的原始取向以及所述相应第二组和所述多个第二组中的至少一个其他第二组的取向，来调整所述多个第二组中的每个相应第二组的取向；

[0170] 通过所述计算装置将所述多个第二组中的每个相应第二组划分成至少两个子组；

[0171] 迭代地确定质心、确定共线性程度、调整取向以及划分每个相应子组，直到每个子

组包括两个牙冠。

[0172] 21.根据实施方案1至14中任一项所述的方法,其中变换所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向还包括:

[0173] 通过所述计算装置确定所述体积牙科数据和所述浅表牙科数据的牙弓质心;

[0174] 通过所述计算装置确定所述体积牙科数据的所述牙冠的第一空间取向的和所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向的每个牙冠的牙冠质心;

[0175] 通过所述计算装置,将限定所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向的网格的每个三角形顶点,平移介于所述体积牙科数据的所述牙冠的第一空间取向的牙冠质心与所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向的对应牙冠质心之间的平移量;

[0176] 通过所述计算装置确定第一样条函数和第二样条函数,所述第一样条函数穿过所述体积牙科数据的所述牙冠的第一空间取向的牙冠质心,所述第二样条函数穿过所述浅表牙科数据的所述牙冠的所平移的第二空间取向的牙冠质心;

[0177] 通过所述计算装置确定从所述第二样条函数到所述第一样条函数的三维仿射变换;

[0178] 通过所述计算装置,使用所述三维仿射变换,来变换限定所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向的网格的每个三角形顶点。

[0179] 22.根据实施方案21所述的方法,其中确定所述三维仿射变换包括:

[0180] 通过所述计算装置,针对所述体积牙科数据的所述牙冠的第一空间取向的所述牙冠质心中的每个牙冠质心处的所述第一样条函数和所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向的所述牙冠质心中的每个牙冠质心处的所述第二样条函数中的每个相应样条函数,确定与所述相应样条函数相切的第一矢量、与所述相应样条函数正交并且穿过所述牙弓质心的第二矢量,以及与所述第一矢量和所述第二矢量的交叉乘积相等的第三矢量;以及

[0181] 通过所述计算装置,基于所述第一矢量、所述第二矢量和所述第三矢量,来确定所述三维仿射变换。

[0182] 23.根据实施方案21或22所述的方法,其中使用三维仿射变换来变换限定所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向的网格的每个三角形顶点包括:

[0183] 通过所述计算装置确定在所述三维仿射变换的平移分量之间进行插值的平移样条函数;

[0184] 通过所述计算装置确定在所述三维仿射变换的旋转分量之间进行插值的旋转样条函数;

[0185] 针对限定所述浅表牙科数据的所述牙冠的第二空间取向的网格的每个三角形顶点:

[0186] 通过所述计算装置将所述顶点投影到所述第二样条函数上的最近点上;

[0187] 通过所述计算装置定义与所述第二样条函数正交的平面,所述平面穿过所述第二样条函数上的所述最近点;

[0188] 通过所述计算装置确定所述平面与所述第二样条函数上的所述最近点的交叉点处所述第二样条函数的值;

[0189] 通过所述计算装置在所述值处评估所述平移样条函数和所述旋转样条函数,以确

定平移分量和旋转分量;

[0190] 通过所述计算装置定义包括所述平移分量和所述旋转分量的特定于顶点的三维仿射变换;以及

[0191] 通过所述计算装置将所述特定于顶点的三维变换应用于所述顶点。

[0192] 24.一种方法,所述方法包括:

[0193] 通过计算装置接收指示患者的第一三维牙科解剖结构的第一牙科数据;

[0194] 通过所述计算装置接收指示所述患者的第二三维牙科解剖结构的第二牙科数据;

[0195] 通过所述计算装置将所述第一牙科数据的第一子集与所述第一牙科数据的第二子集分割开,其中所述第二牙科数据的至少一部分对应于所述第一牙科数据的第一子集;

[0196] 通过所述计算装置将所述第二牙科数据的对应部分变换为与所述第一牙科数据基本上对准;

[0197] 通过所述计算装置,通过用所述第二牙科数据的所变换的对应部分取代所述第一牙科数据的第一子集,以将所变换的第二牙科数据缝合到所述第二牙科数据的第二子集,来生成组合牙科数据;以及

[0198] 通过所述计算装置基于所述组合牙科数据来输出图像数据,以进行显示。

[0199] 25.根据实施方案24所述的方法,其中所述第一三维牙科解剖结构包括由所述患者佩戴的可移除修复性牙科器具,其中所述可移除修复性牙科器具在所述第二三维牙科解剖结构中未由所述患者佩戴。

[0200] 26.根据实施方案24所述的方法,其中所述第二三维牙科解剖结构包括由所述患者佩戴的可移除修复性牙科器具,其中所述可移除修复性牙科器具在所述第一三维牙科解剖结构中未由所述患者佩戴。

[0201] 27.根据实施方案25所述的方法,其中所述第一牙科数据的第一子集包括所述可移除修复性牙科器具的体积牙科数据,并且所述第一牙科数据的第二子集包括患者的牙列的体积牙科数据。

[0202] 28.根据实施方案25所述的方法,响应于所述组合牙科数据的生成来执行至少一个操作。

[0203] 29.根据前述实施方案中任一项所述的方法,其中变换包括将多个线性变换应用于所述第一牙科数据的对应部分的离散区段。

[0204] 30.根据前述实施方案中任一项所述的方法,其中变换包括将非线性连续变换应用于所述第一牙科数据的所述对应部分。

[0205] 31.根据实施方案30所述的方法,其中所述非线性连续变换包括样条函数。

[0206] 32.根据前述实施方案中任一项所述的方法,其中所述可移除修复性牙科器具包括桥体。

[0207] 33.根据前述实施方案中任一项所述的方法,其中所述可移除修复性牙科器具包括保持器。

[0208] 34.根据实施方案33所述的方法,其中所述可移除修复性牙科器具是包括锚固部分的牙桥(固定局部义齿)。

[0209] 35.根据实施方案33所述的方法,其中所述患者的所述三维(3D)牙科解剖结构还包括牙根、齿龈、牙周韧带(PDL)、齿槽突或皮质骨的至少一部分。

[0210] 36.根据前述实施方案中任一项所述的方法,还包括:

[0211] 通过所述计算装置访问所述组合牙科数据的数字表示;

[0212] 通过所述计算装置,基于治疗计划,来确定用于所述患者的可移除牙科器具的尺寸和形状,所述治疗计划从相邻牙齿的牙齿位置调整中排除包括所述可移除修复性牙科器具的至少一部分的分割区域,其中所述可移除牙科器具包括:

[0213] 器具主体,所述器具主体被构造成至少部分地围绕所述患者的牙弓的多颗牙齿形成,所述器具主体包括单一材料,所述单一材料限定被成形为接纳所述患者的至少一颗牙齿的壳体;

[0214] 其中所述可移除牙科器具的所述尺寸和所述形状包括:所述壳体的位置、尺寸和形状;以及

[0215] 通过所述计算装置将所述可移除牙科器具的表示传输到计算机辅助的制造系统。

[0216] 37.根据实施方案36所述的方法,其中所述可移除修复性牙科器具是包括由义齿基底围绕的桥体的局部义齿,所述义齿基底可适形于所述患者的牙龈或骨脊;

[0217] 其中确定所述可移除牙科器具的尺寸和形状结合了所述义齿基底的尺寸。

[0218] 38.根据实施方案37所述的方法,其中,除所述基底之外,没有重新定位力被施加到所述桥体上,但是力施加到所述相邻牙齿上。

[0219] 39.根据实施方案37所述的方法,其中所述治疗计划不使用所述可移除修复性牙科器具作为锚固件来影响所述牙齿的定位。

[0220] 40.根据实施方案36至39中任一项所述的方法,其中通过所述计算装置确定所述可移除牙科器具的尺寸和形状包括接受来自用户的输入,其中所述输入影响所述尺寸和形状中的至少一者。

[0221] 41.根据实施方案36至40中任一项所述的方法,其中通过所述计算装置确定所述可移除牙科器具的尺寸和形状包括自动确定所述尺寸和所述形状中的至少一者。

[0222] 42.根据实施方案36至41中任一项所述的方法,其中通过所述计算装置确定所述可移除牙科器具的尺寸和形状包括将所述可移除牙科器具的表示呈现给用户以供查看。

[0223] 43.根据实施方案36至42中任一项所述的方法,其中传输所述可移除牙科器具的所述表示包括:将所述可移除牙科器具的数字模型从所述计算装置发送到所述计算机辅助的制造系统,以及根据来自所述计算装置的所述数字模型用所述计算机辅助的制造系统制造所述可移除牙科器具的至少一部分。

[0224] 44.根据实施方案43所述的方法,其中所述计算机辅助的制造系统包括3D打印机,并且所述可移除牙科器具的至少一部分使用所述3D打印机形成。

[0225] 45.根据实施方案36至44中任一项所述的方法,其中所述方法还包括:通过所述计算装置确定用于所述患者的一组有序的可移除正畸器具中的每一者的尺寸和形状,所述可移除牙科器具为用于所述患者的所述组有序的可移除正畸器具中的一者,其中所述组有序的可移除正畸器具中的每个可移除牙科器具被构造成将所述患者的所述牙齿增量地重新定位到相比所述组有序的可移除正畸器具中所述较早的可移除牙科器具中的任一者前进更多的位置。

[0226] 46.根据权利要求45所述的方法,其中所述组有序的可移除正畸器具被构造成避免重新定位来自所述分割区域的任何单元。

[0227] 47.根据实施方案36所述的方法,其中通过所述计算装置确定所述可移除牙科器具的尺寸和形状包括:通过所述计算装置,根据一组预定义的设计约束,来选择所述可移除牙科器具的所述尺寸和所述形状,所述组预定义的设计约束包括由以下项组成的组中的一者或多者:

[0228] 当所述可移除牙科器具被所述患者佩戴时施加到所述患者的所述一颗或多颗牙齿或所述附接件的最小和最大局部力;

[0229] 当所述可移除牙科器具被所述患者佩戴时施加到所述患者的所述一颗或多颗牙齿或所述附接件的最小和最大旋转力;

[0230] 从所述可移除牙科器具的所述分割区域施加到任何单元的最大力;

[0231] 当所述可移除牙科器具被所述患者佩戴时施加到所述患者的所述一颗或多颗牙齿或所述附接件的最小和最大平移力;

[0232] 当所述可移除牙科器具被所述患者佩戴时施加到所述患者的所述一颗或多颗牙齿或所述附接件的最小和最大总力;以及

[0233] 当被所述患者佩戴时施加到所述可移除牙科器具的最小和最大应力或应变。

[0234] 48.根据实施方案36至47中任一项所述的方法,还包括通过所述计算装置选择所述可移除牙科器具的材料。

[0235] 49.根据实施方案45至48中任一项所述的方法,其中通过所述计算装置确定所述可移除牙科器具的尺寸和形状包括选择所述器具主体的至少一部分的厚度以提供一定刚度,所述刚度适合于当所述可移除牙科器具被所述患者佩戴时将所述患者的所述一颗或多颗牙齿从其初始位置重新定位到调整位置。

[0236] 50.根据实施方案36至49中任一项所述的方法,其中通过所述计算装置确定所述可移除牙科器具的尺寸和形状包括修改所述患者的一颗或多颗牙齿的所述初始位置(不包括所述分割区域并且锚固在所述患者的所述牙齿上),以产生经修改的牙科解剖结构,其中

[0237] 所述经修改的牙科解剖结构表示与所述患者的所述一颗或多颗牙齿的所述初始位置相比对所述患者的所述一颗或多颗牙齿进行的增量重新定位,并且所述可移除牙科器具的所述尺寸和所述形状适形于所述经修改的牙科解剖结构。

[0238] 51.根据实施方案36至50中任一项所述的方法,其中所述壳体包括表面,所述表面限定所述壳体内部的空隙并且被成形为在期望位置接纳所述至少一颗牙齿。

[0239] 52.根据实施方案36至51中任一项所述的方法,其中所述计算装置包括经由一个或多个计算机网络在操作上连接的多个计算装置。

[0240] 53.一种计算装置,所述计算装置包括处理器和存储指令的存储器,所述指令在由所述处理器执行时将所述设备配置为执行根据实施方案24至实施方案52所述的方法。

[0241] 54.一种计算装置,所述计算装置包括:

[0242] 处理器;和

[0243] 存储器,所述存储器存储指令,所述指令在由所述处理器执行时将所述计算装置配置为:

[0244] 接收指示患者的第一三维牙科解剖结构的第一牙科数据;

[0245] 接收指示所述患者的第二三维牙科解剖结构的第二牙科数据;

[0246] 将所述第一牙科数据的第一子集与所述第一牙科数据的第二子集分割开,其中所

述第二牙科数据的至少一部分对应于所述第一牙科数据的第一子集;

[0247] 将所述第二牙科数据的对应部分变换为与所述第一牙科数据基本上对准;

[0248] 通过用所述第二牙科数据的所变换的对应部分取代所述第一牙科数据的第一子集,以将所变换的第二牙科数据缝合到所述第二牙科数据的第二子集,来生成组合牙科数据;以及

[0249] 基于所述组合牙科数据来输出图像数据以进行显示。

[0250] 55.根据实施方案54所述的计算装置,其中所述指令还将所述计算装置配置为:

[0251] 通过所述计算装置接收所述组合牙科数据的数字表示;

[0252] 通过所述计算装置,基于治疗计划,来确定用于所述患者的可移除牙科器具的尺寸和形状,所述治疗计划从相邻牙齿的牙齿位置调整中排除包括所述可移除修复性牙科器具的至少一部分的分割区域,其中所述可移除牙科器具包括:

[0253] 器具主体,所述器具主体被构造成至少部分地围绕所述患者的牙弓的多颗牙齿形成,所述器具主体包括单一材料,所述单一材料限定被成形为接纳所述患者的至少一颗牙齿的壳体;

[0254] 其中所述可移除牙科器具的所述尺寸和所述形状包括:所述壳体的位置、尺寸和形状;以及

[0255] 通过所述计算装置将所述可移除牙科器具的表示传输到计算机辅助的制造系统。

[0256] 56.一种非暂态计算机可读存储介质,所述非暂态计算机可读存储介质存储计算机系统可执行指令,所述计算机系统可执行指令在被执行时将处理器配置为执行根据实施方案1至53中任一项所述的方法。

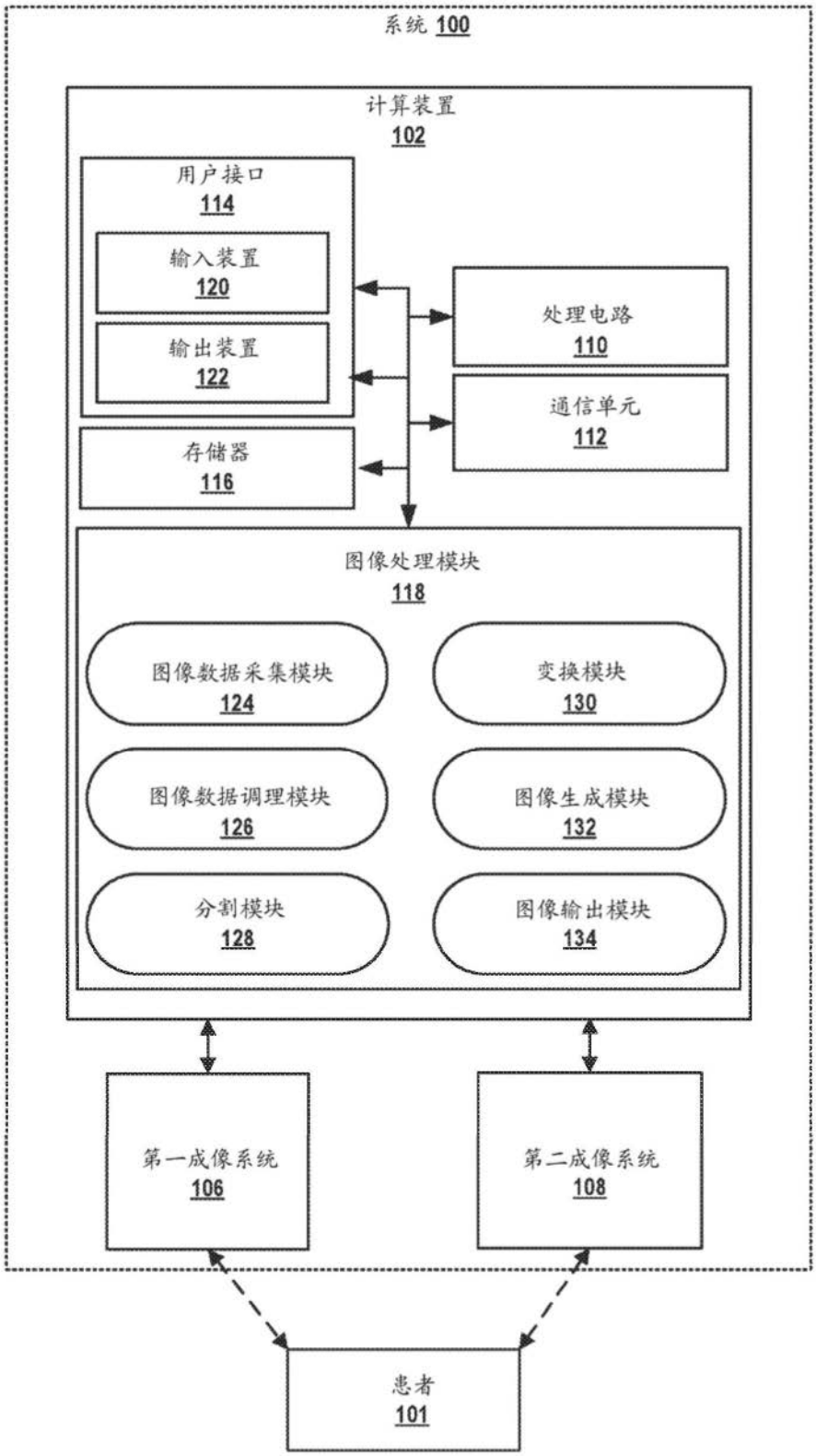

系统 100
计算装置
102
用户接口
114
输入装置
120
输出装置
122
存储器
116
处理电路
110
通信单元
112
图像处理模块
118
图像数据采集模块
124
变换模块
130
图像数据调理模块
126
图像生成模块
132
分割模块
128
图像输出模块
134
第一成像系统
106
第二成像系统
108
患者
101

图1

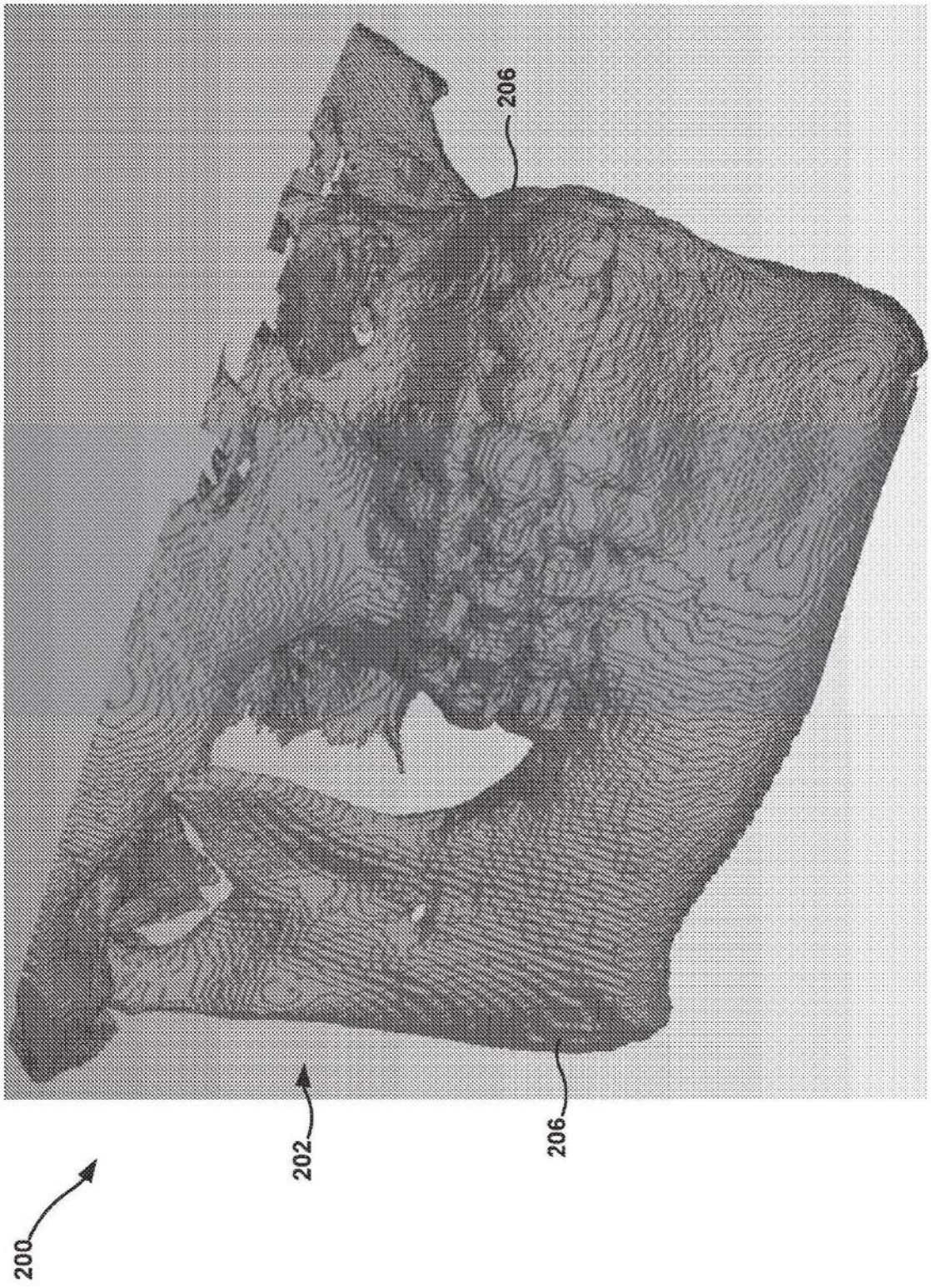


图2

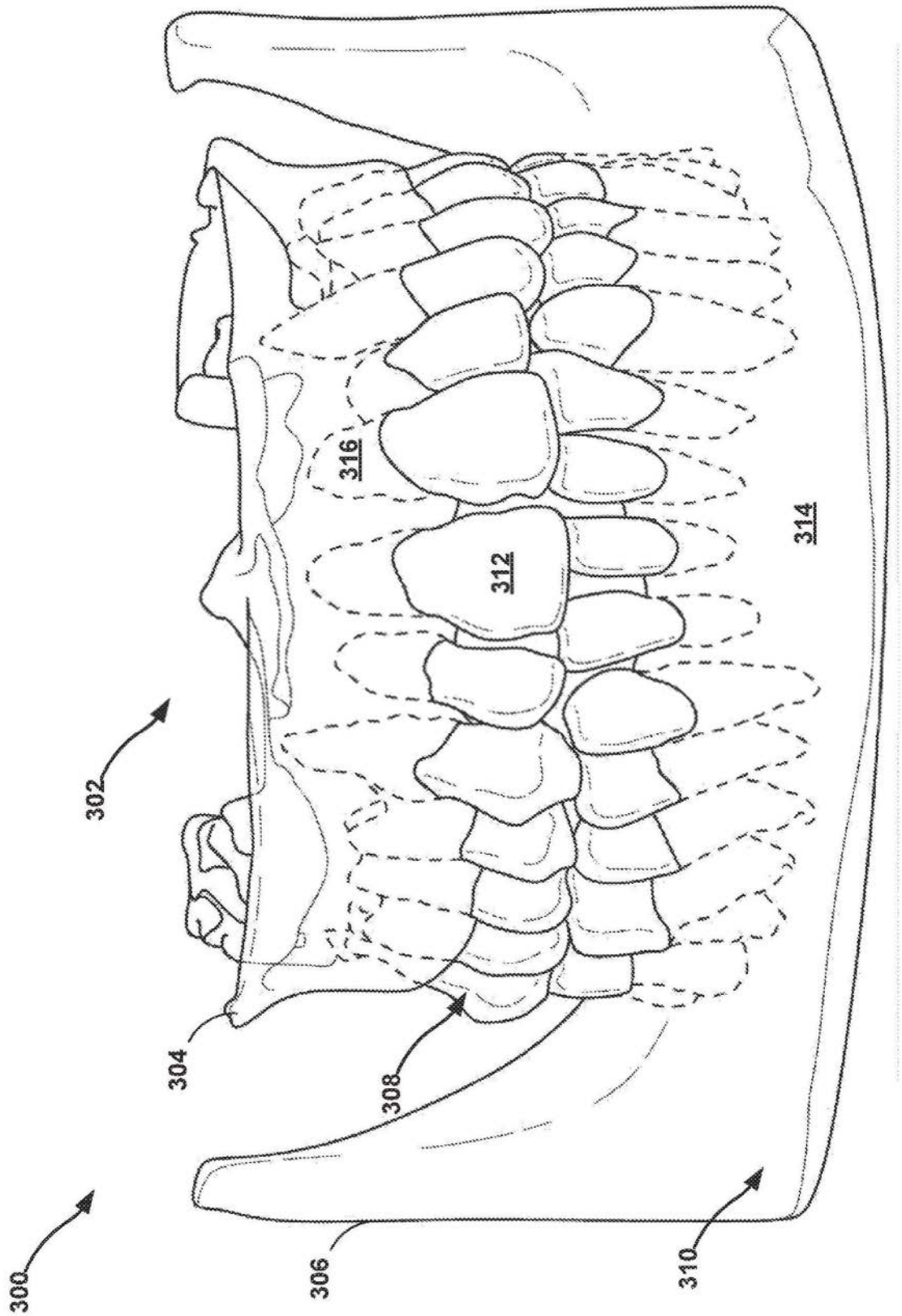


图3

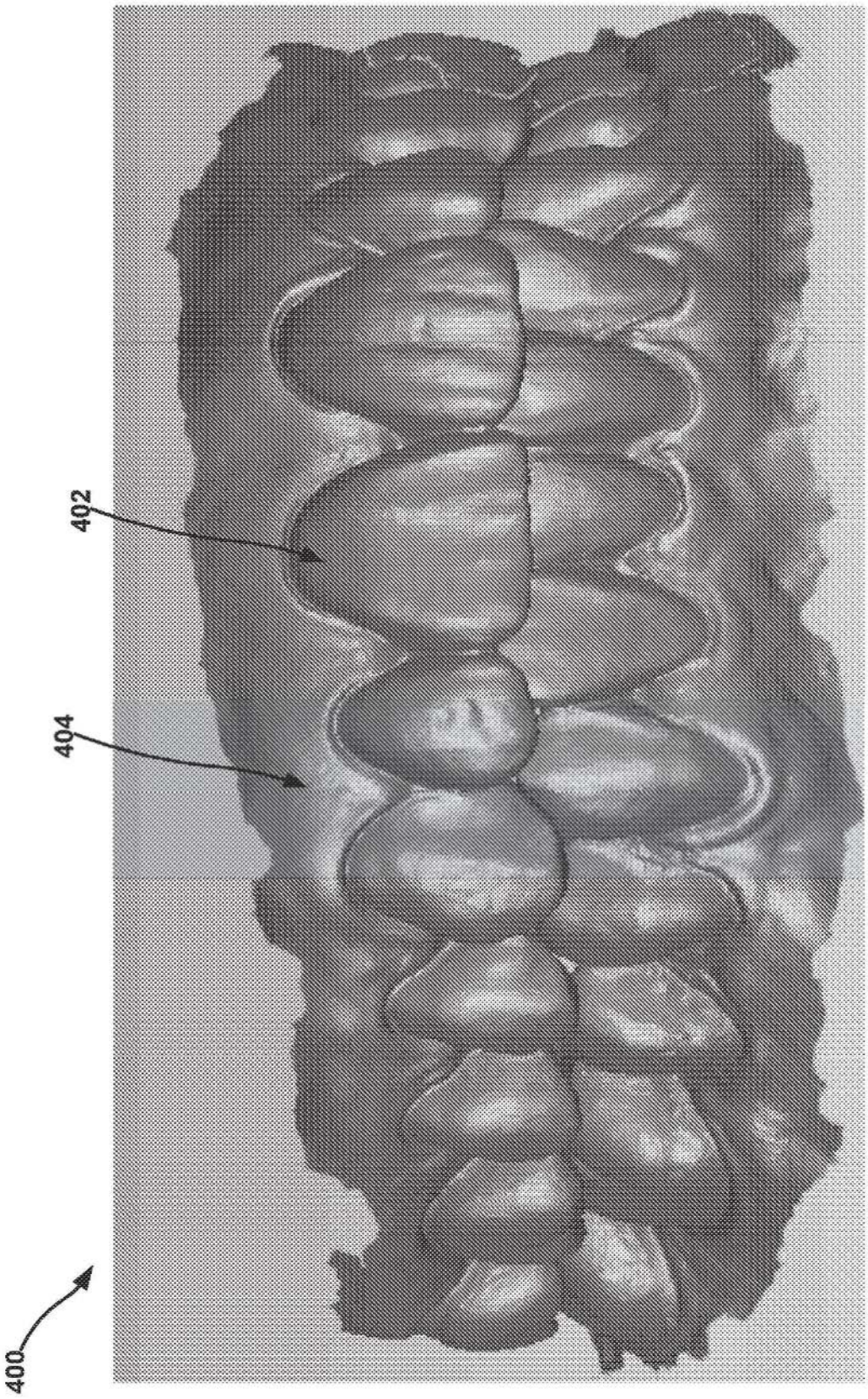


图4

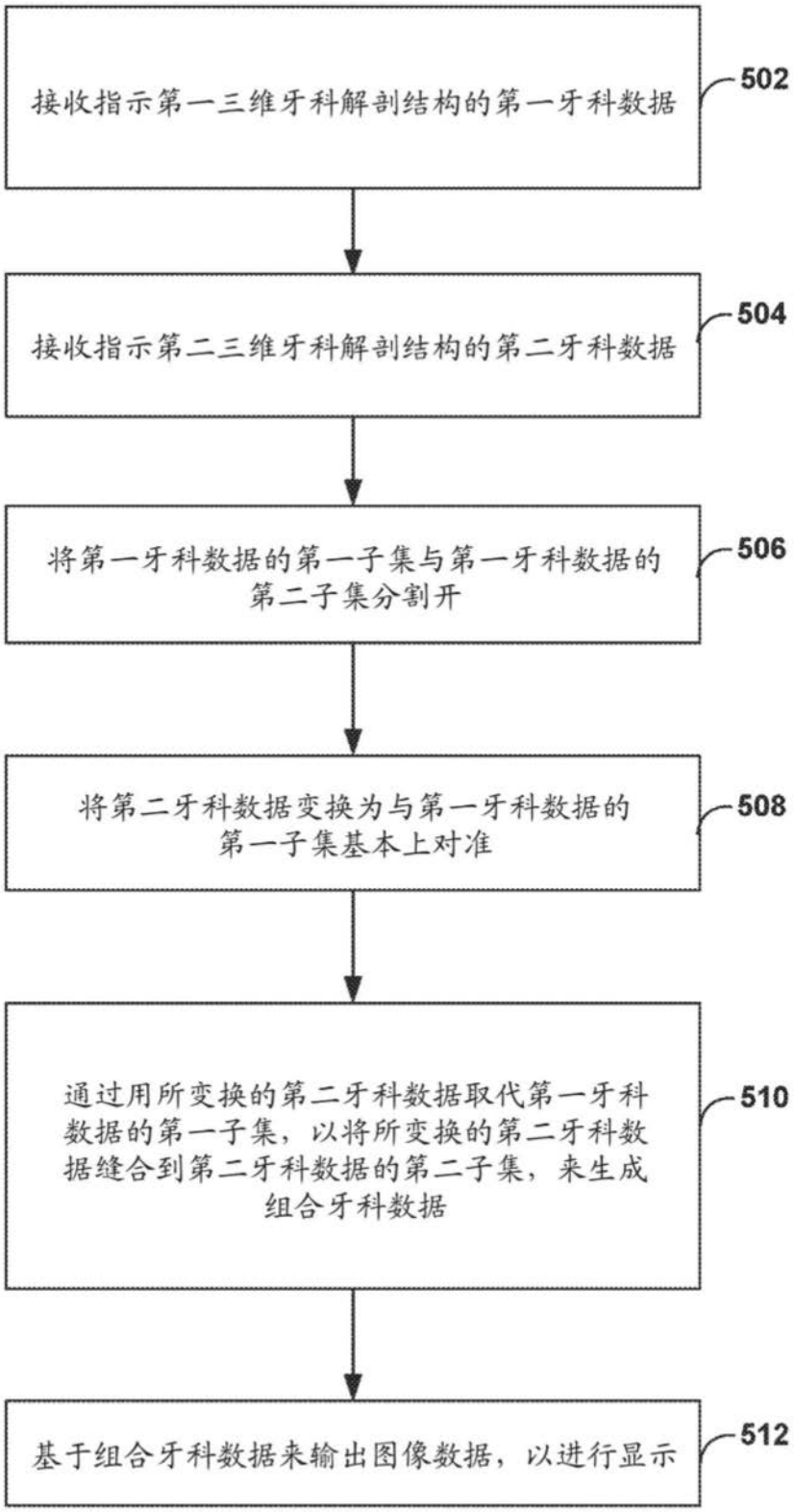

接收指示第一三维牙科解剖结构的第一牙科数据
502
接收指示第二三维牙科解剖结构的第二牙科数据
504
将第一牙科数据的第一子集与第一牙科数据的第二子集分割开
506
将第二牙科数据变换为与第一牙科数据的第一子集基本上对准
508
通过用所变换的第二牙科数据取代第一牙科数据的第一子集，以将所变换的第二牙科数据缝合到第二牙科数据的第二子集，来生成组合牙科数据
510
基于组合牙科数据来输出图像数据，以进行显示
512

图5

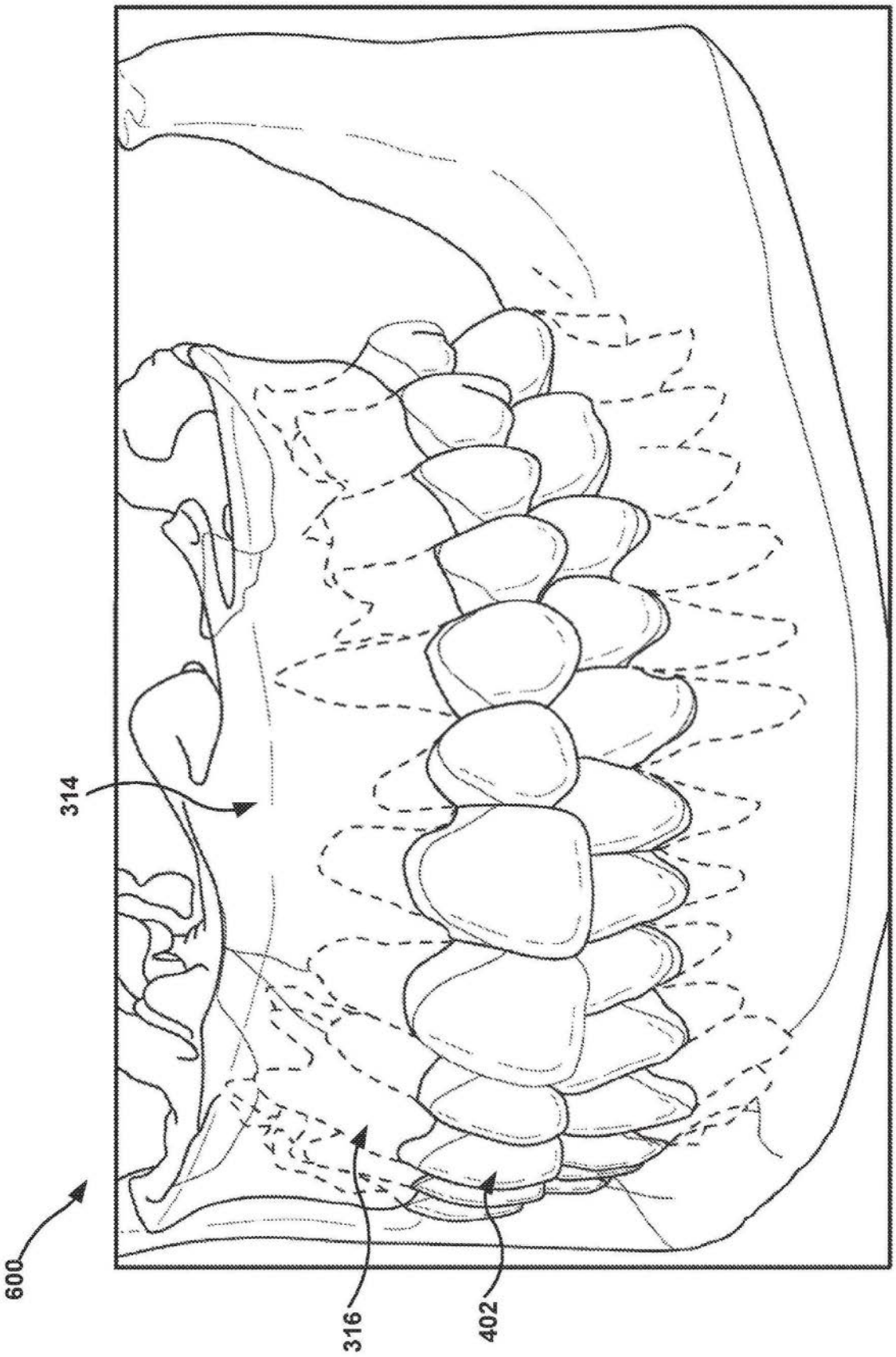


图6

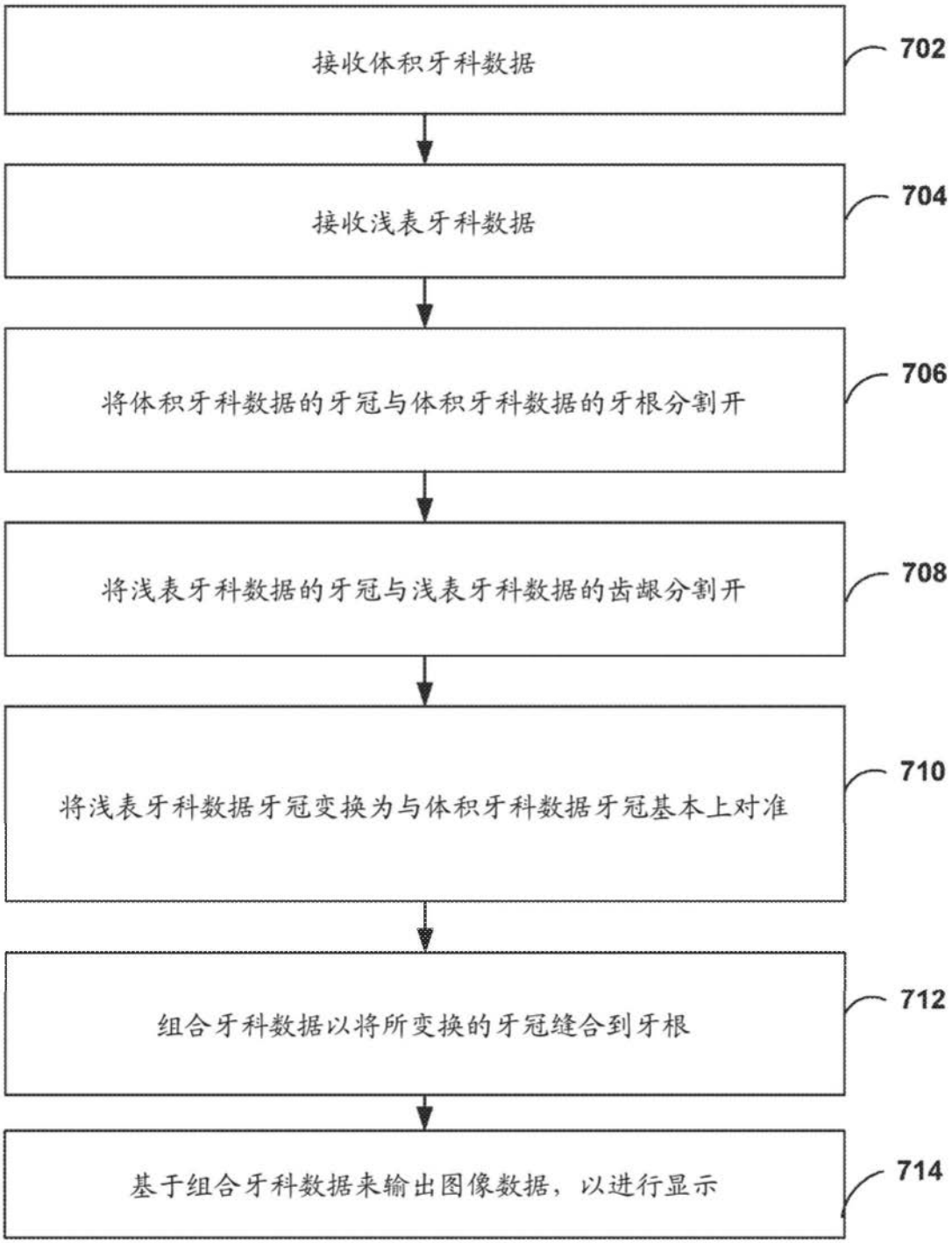

接收体积牙科数据
702
接收浅表牙科数据
704
将体积牙科数据的牙冠与体积牙科数据的牙根分割开
706
将浅表牙科数据的牙冠与浅表牙科数据的齿龈分割开
708
将浅表牙科数据牙冠变换为与体积牙科数据牙冠基本上对准
710
组合牙科数据以将所变换的牙冠缝合到牙根
712
基于组合牙科数据来输出图像数据，以进行显示
714

图7

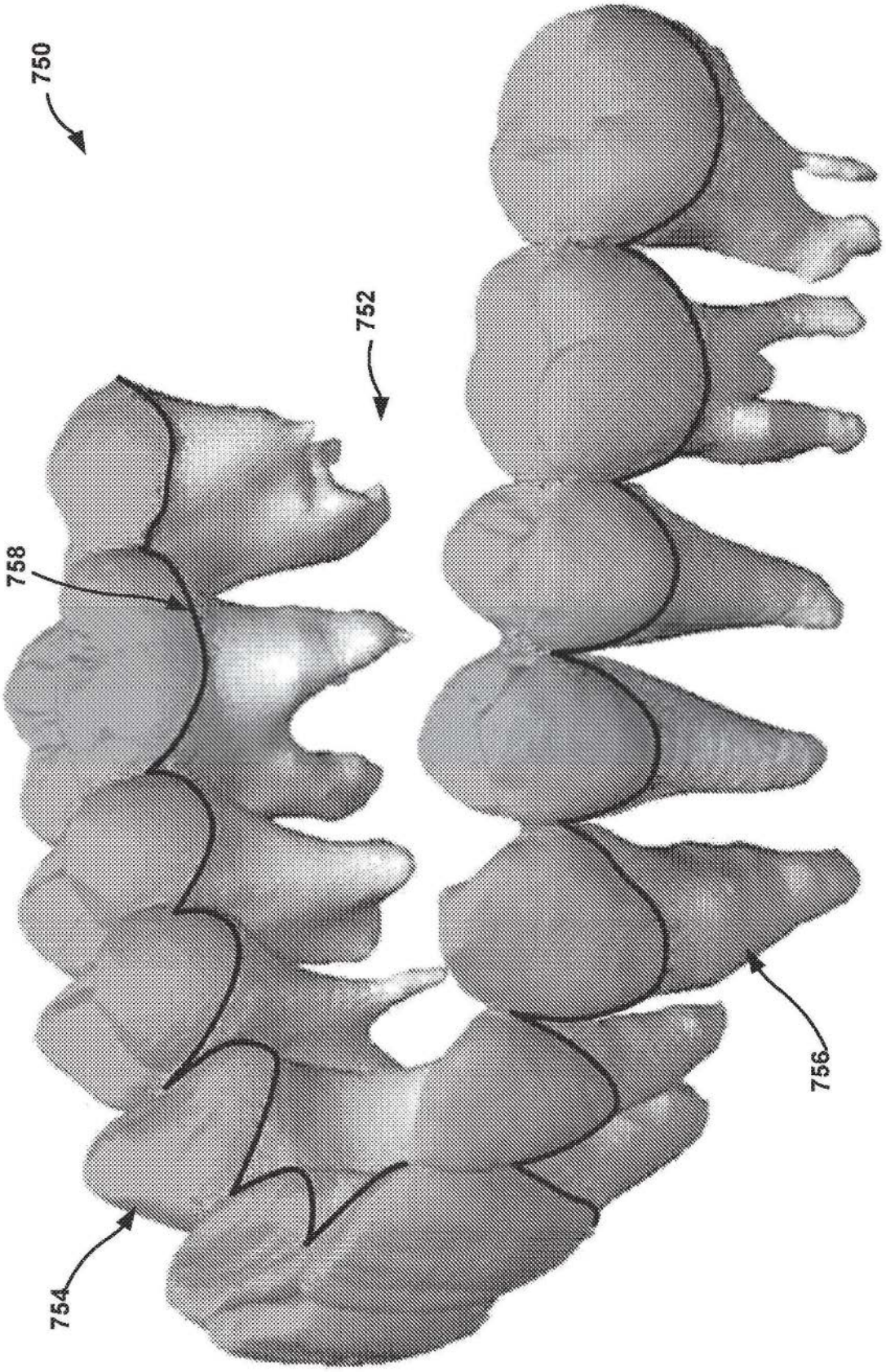


图8A

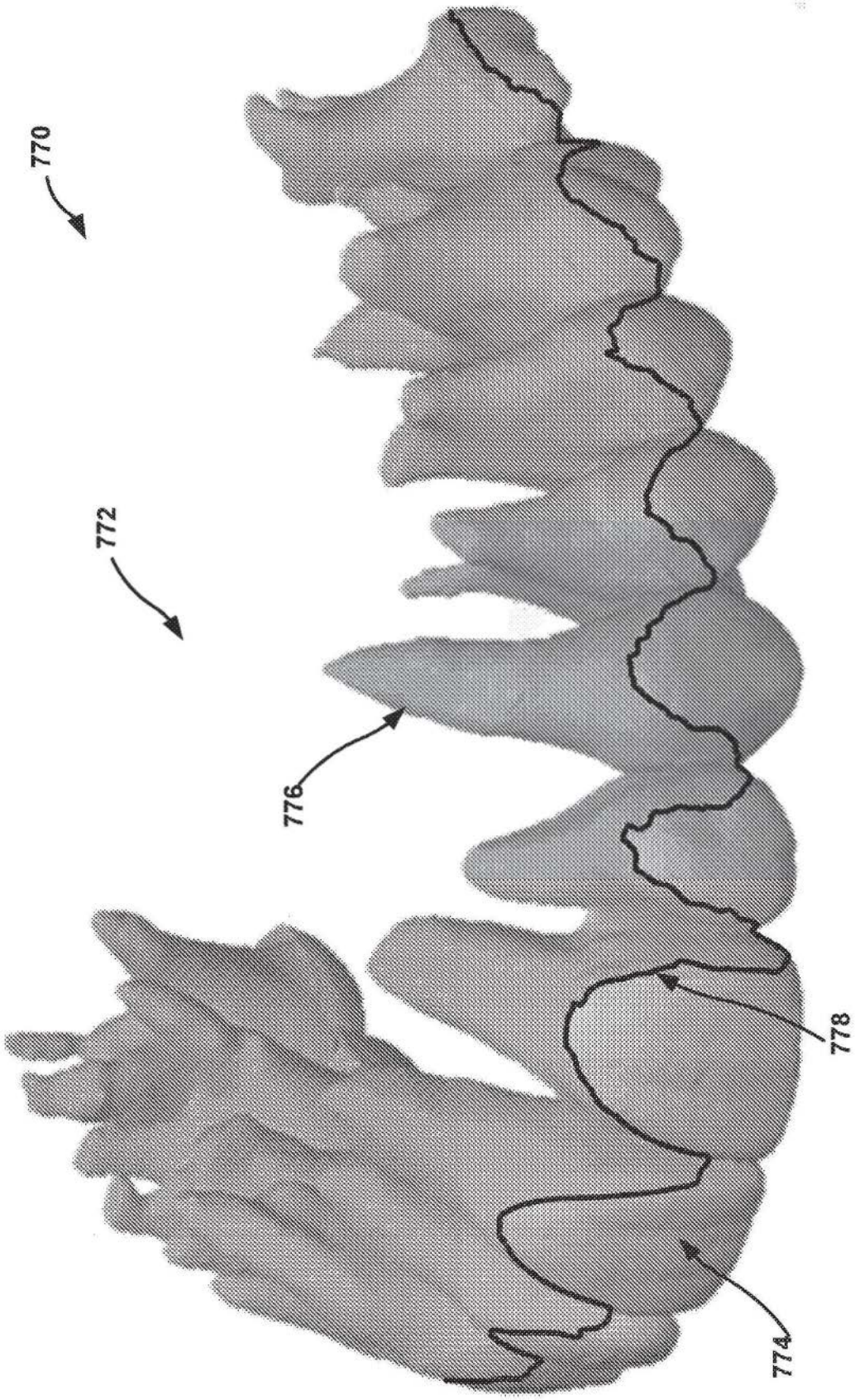


图8B

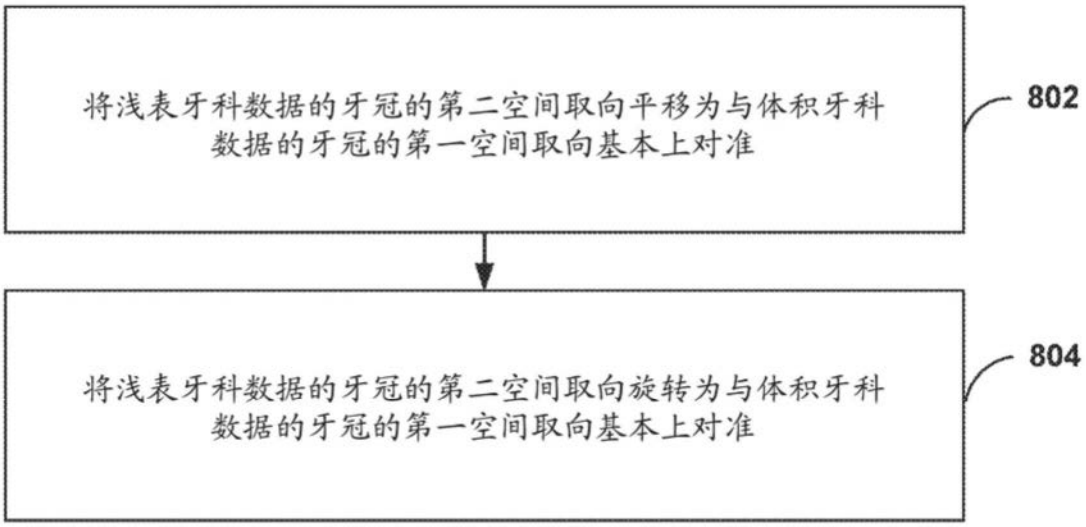

将浅表牙科数据的牙冠的第二空间取向平移为与体积牙科数据的牙冠的第一空间取向基本上对准
802
将浅表牙科数据的牙冠的第二空间取向旋转为与体积牙科数据的牙冠的第一空间取向基本上对准
804

图9A

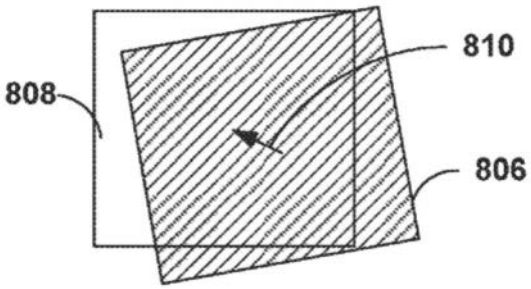

810
808
806

图9B

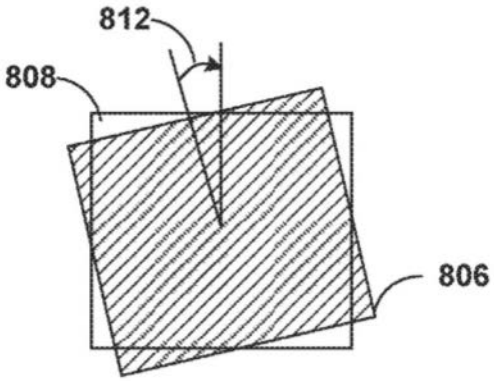

812
808
806

图9C

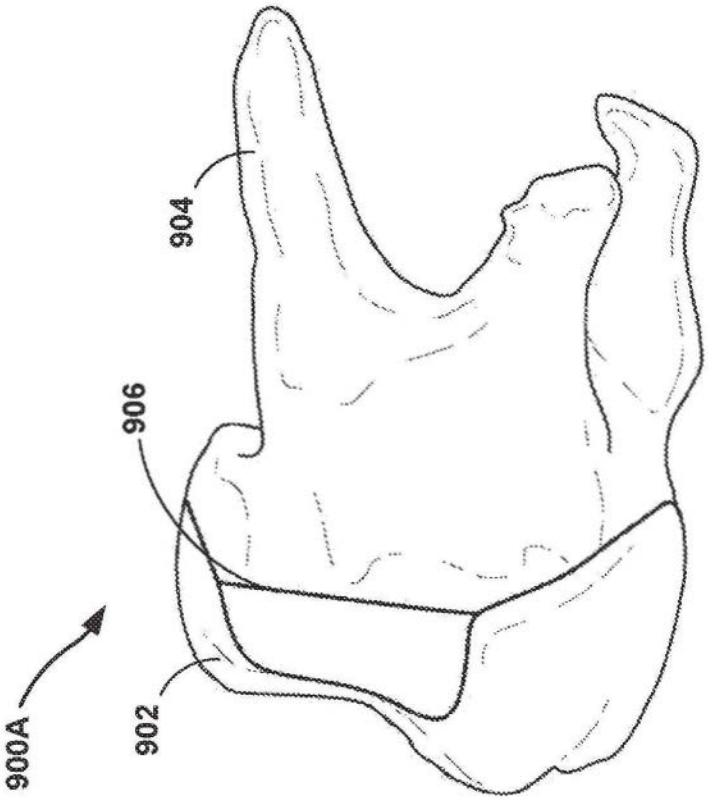


图10A

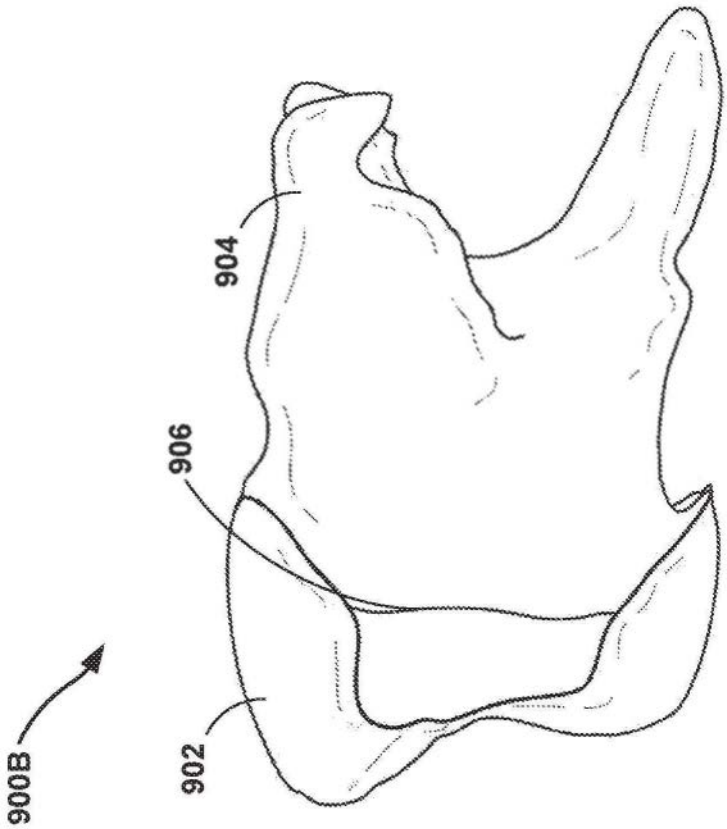


图10B

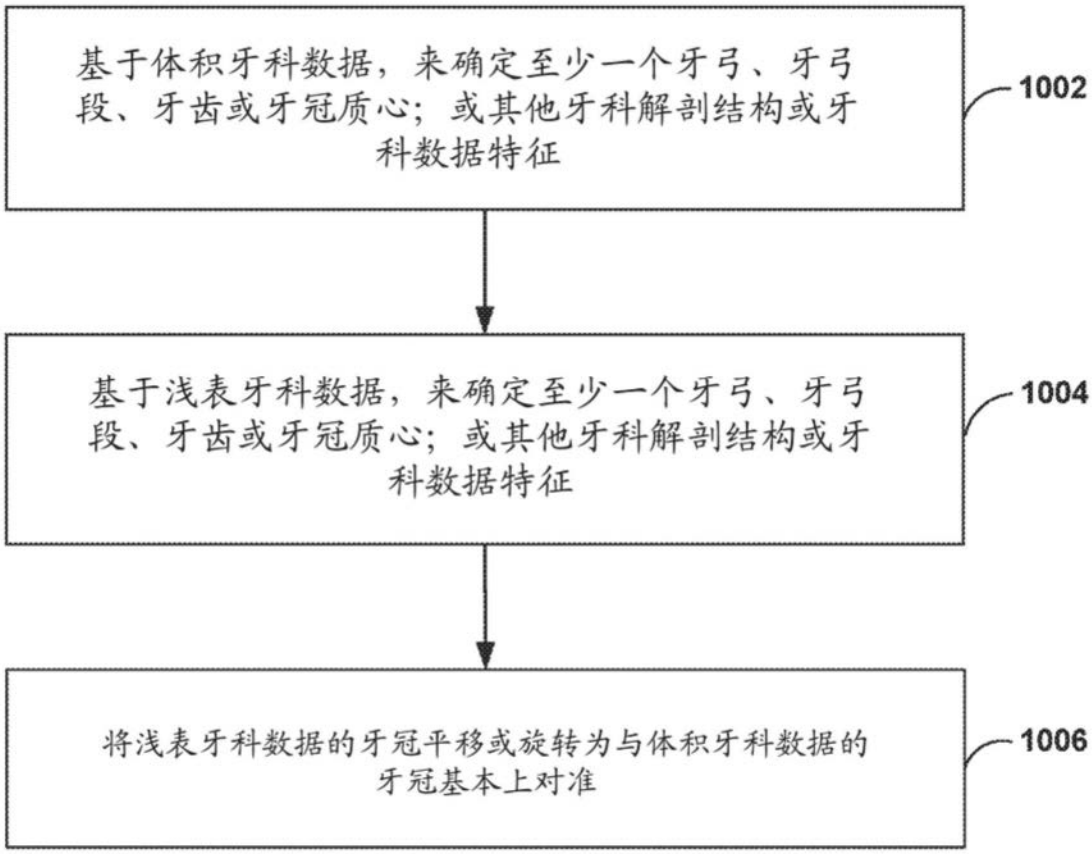

基于体积牙科数据，来确定至少一个牙弓、牙弓段、牙齿或牙冠质心；或其他牙科解剖结构或牙科数据特征
1002
基于浅表牙科数据，来确定至少一个牙弓、牙弓段、牙齿或牙冠质心；或其他牙科解剖结构或牙科数据特征
1004
将浅表牙科数据的牙冠平移或旋转为与体积牙科数据的牙冠基本上对准
1006

图11A

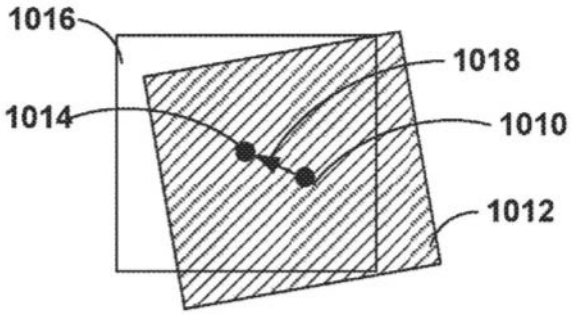

1016
1018
1014
1010
1012

图11B

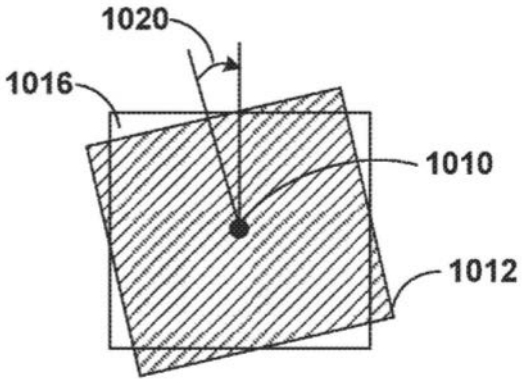


图11C

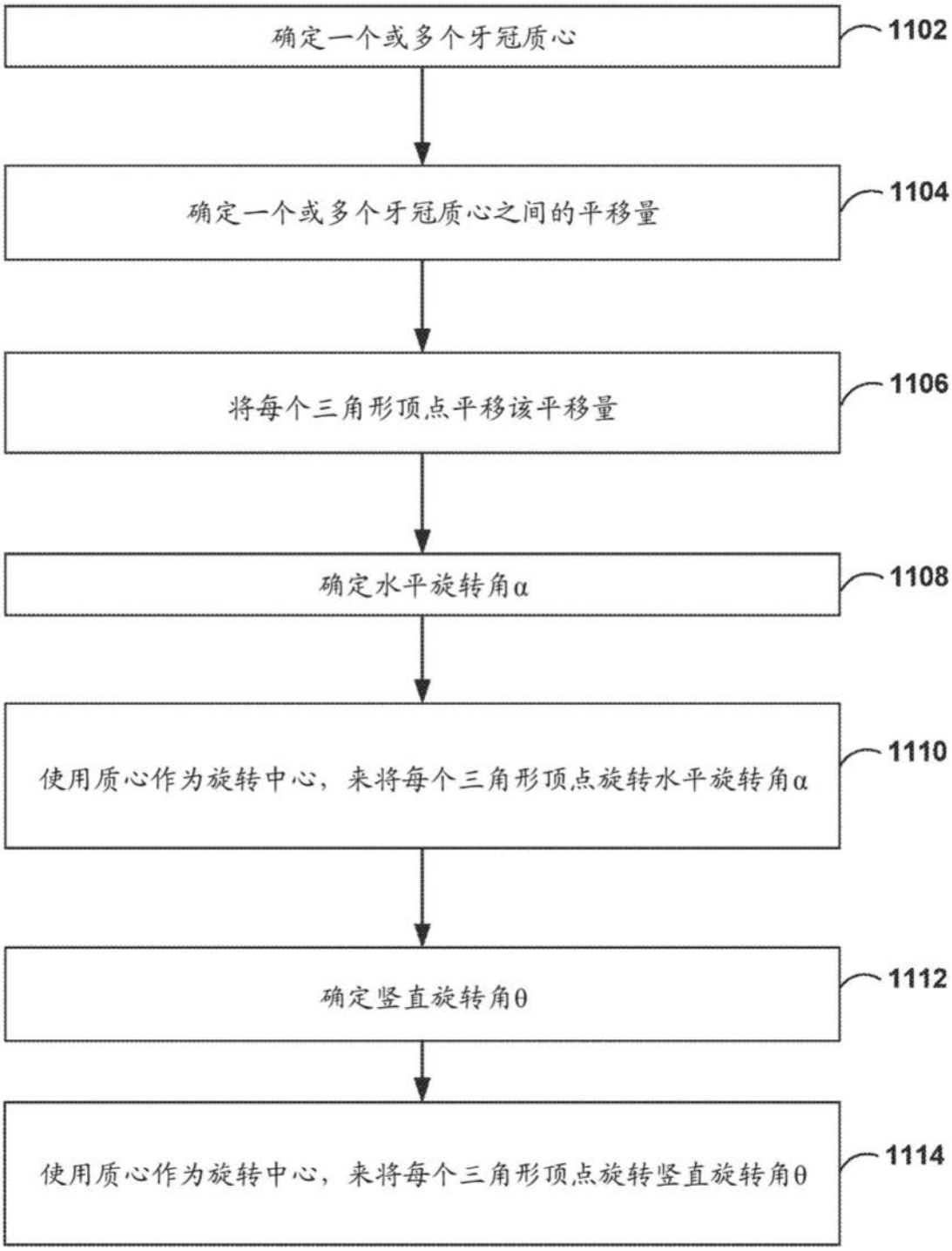

确定一个或多个牙冠质心
1102
确定一个或多个牙冠质心之间的平移量
1104
将每个三角形顶点平移该平移量
1106
确定水平旋转角α
1108
使用质心作为旋转中心，来将每个三角形顶点旋转水平旋转角α
1110
确定竖直旋转角θ
1112
使用质心作为旋转中心，来将每个三角形顶点旋转竖直旋转角θ
1114

图12A

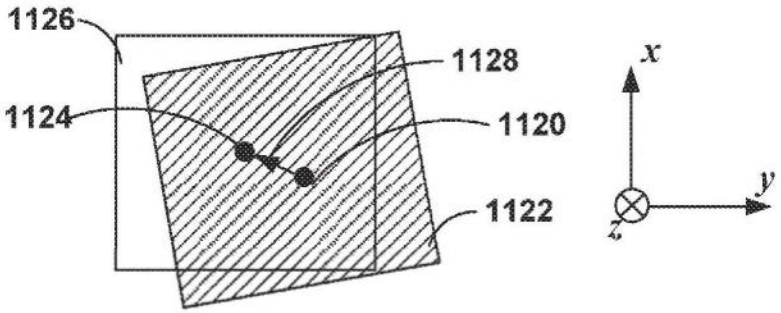


图12B

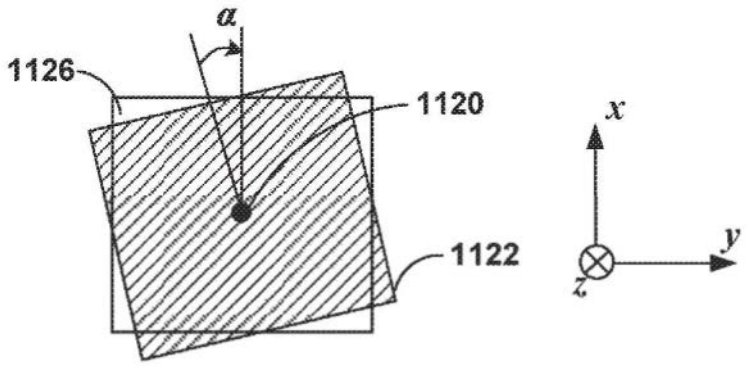


图12C

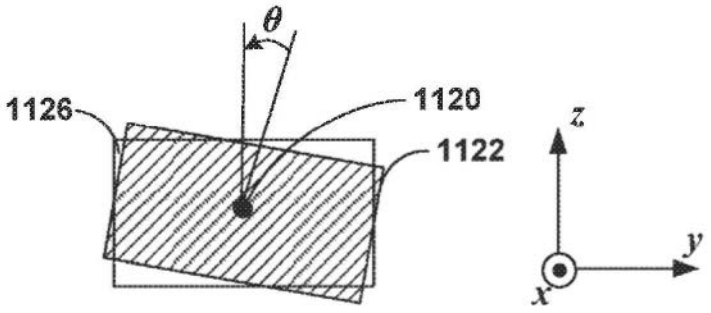


图12D

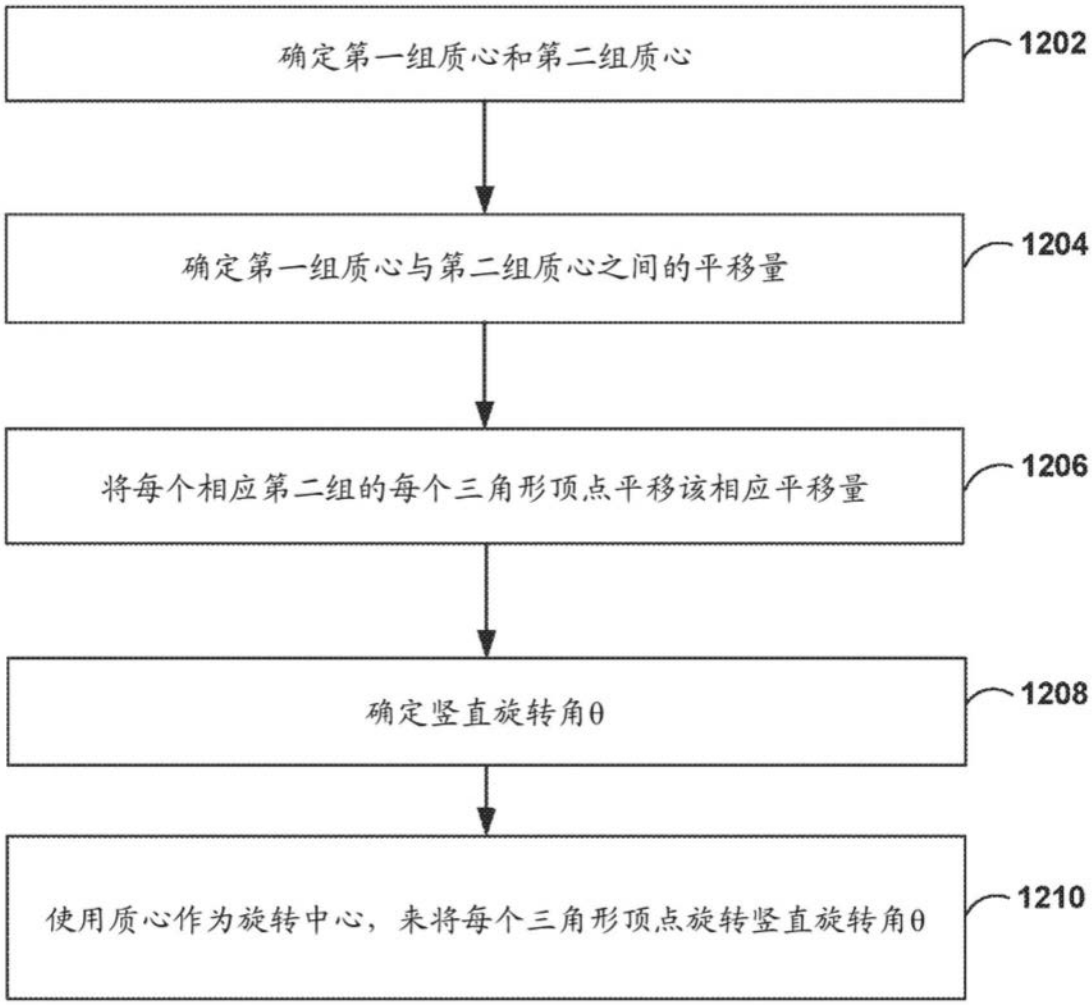

确定第一组质心和第二组质心
1202
确定第一组质心与第二组质心之间的平移量
1204
将每个相应第二组的每个三角形顶点平移该相应平移量
1206
确定竖直旋转角θ
1208
使用质心作为旋转中心，来将每个三角形顶点旋转竖直旋转角θ
1210

图13

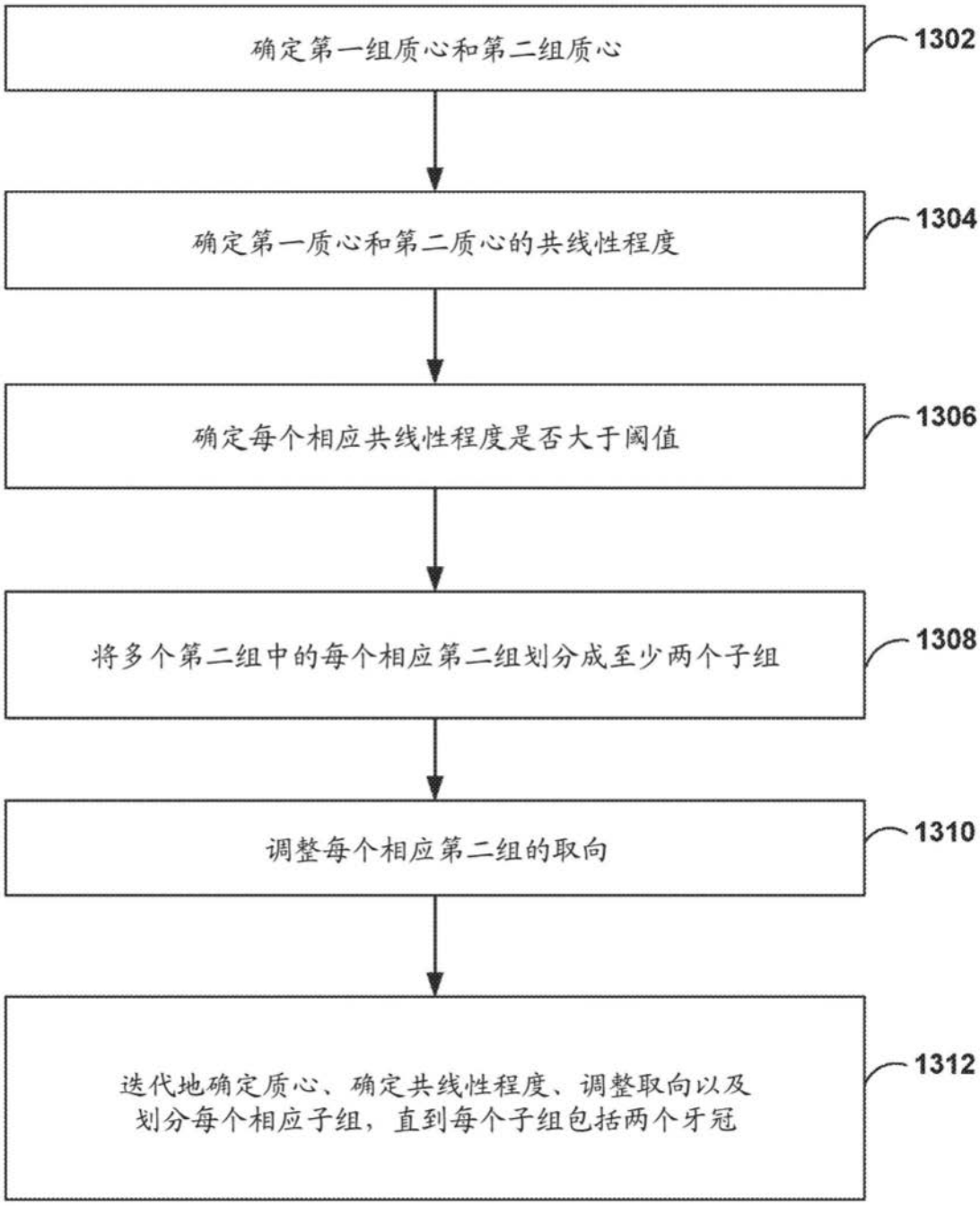

确定第一组质心和第二组质心
1302
确定第一质心和第二质心的共线性程度
1304
确定每个相应共线性程度是否大于阈值
1306
将多个第二组中的每个相应第二组划分成至少两个子组
1308
调整每个相应第二组的取向
1310
迭代地确定质心、确定共线性程度、调整取向以及
划分每个相应子组，直到每个子组包括两个牙冠
1312

图14

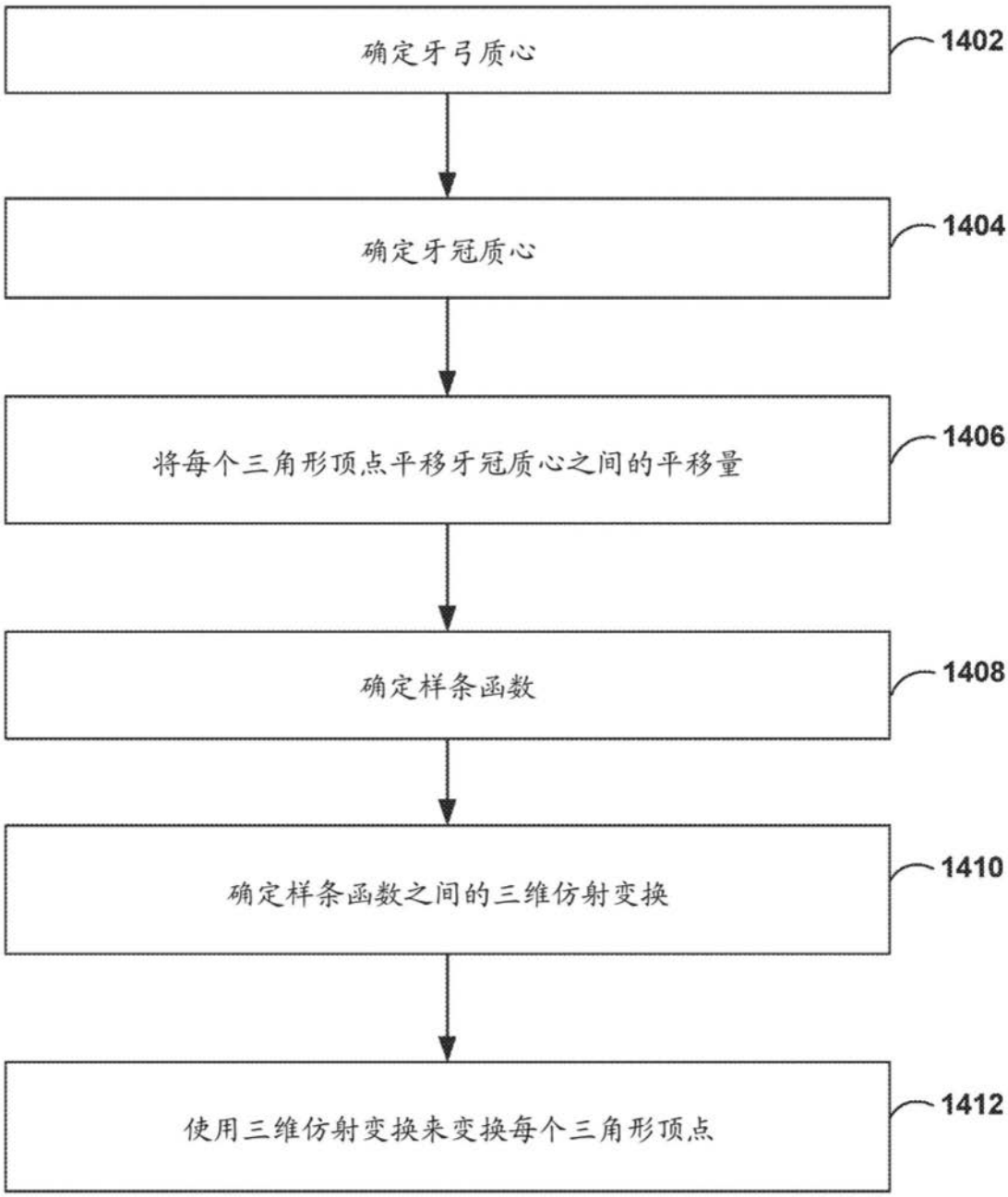

确定牙弓质心
1402
确定牙冠质心
1404
将每个三角形顶点平移牙冠质心之间的平移量
1406
确定样条函数
1408
确定样条函数之间的三维仿射变换
1410
使用三维仿射变换来变换每个三角形顶点
1412

图15

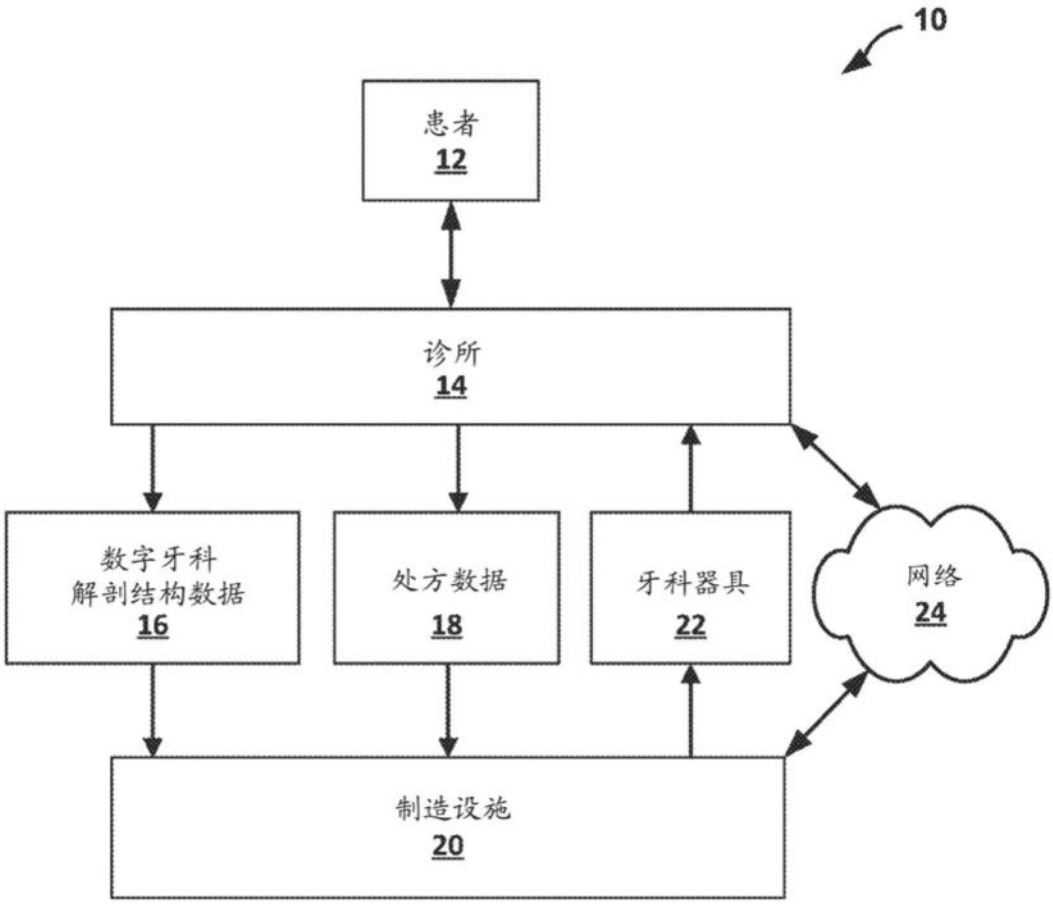


图16

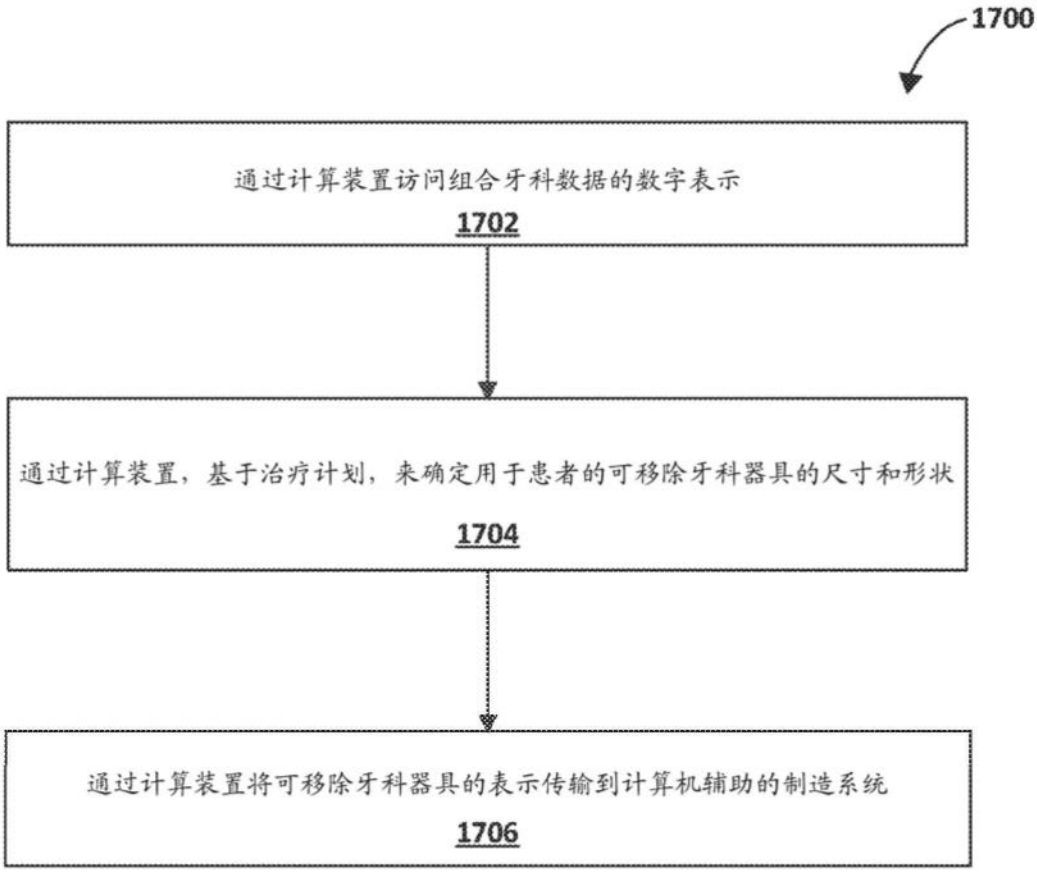

1700
通过计算装置访问组合牙科数据的数字表示
1702
通过计算装置，基于治疗计划，来确定用于患者的可移除牙科器具的尺寸和形状
1704
通过计算装置将可移除牙科器具的表示传输到计算机辅助的制造系统
1706

图17