



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108601530 A

(43)申请公布日 2018.09.28

(21)申请号 201780007808.4

N·M·赖特 R·E·伊萨克斯

(22)申请日 2017.01.23

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

(30)优先权数据

代理人 黄纶伟 王万影

62/286,166 2016.01.22 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

(51)Int.Cl.

2018.07.23

A61B 5/00(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

A61B 17/17(2006.01)

PCT/US2017/014626 2017.01.23

A61B 34/00(2006.01)

(87)PCT国际申请的公布数据

A61B 34/10(2006.01)

W02017/127838 EN 2017.07.27

A61B 90/00(2006.01)

(71)申请人 纽文思公司

地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 T·U·肖勒 A·萨特林

E·布莱洛克

D·J·布拉斯基艾维奇

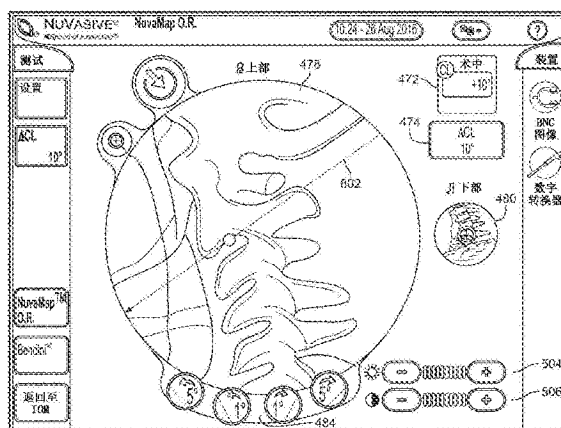
权利要求书2页 说明书19页 附图64页

(54)发明名称

用于促进脊柱手术的系统和方法

(57)摘要

描述了用于脊柱手术过程的系统和方法。具体地,描述了用于计算整体脊柱对齐的系统和方法。



1. 一种用于脊柱手术期间的脊柱的整体对齐的系统,所述系统包括成像装置、空间跟踪系统、控制单元以及弯曲装置。
2. 一种在手术过程期间使用的系统,所述系统包括:
成像装置;
杆弯曲装置;
控制单元,该控制单元被配置为:
获得患者的解剖学参数的一个或更多个术前测量结果;
获得所述解剖学参数的一个或更多个计划目标测量结果;
从所述成像装置获得术中图像;
测量所述解剖学参数的术中测量结果;并且
计算用于使手术杆弯曲的指令。
3. 根据权利要求2所述的系统,其中,所述解剖学参数是颞额垂线角。
4. 根据权利要求3所述的系统,其中,颞额轴是患者的视线相对于水平位置的角。
5. 根据权利要求4所述的系统,其中,所述控制单元向用户显示所述视线的所述角的颜色指示。
6. 根据权利要求2所述的系统,其中,所述解剖学参数是与健康有关生活质量评分相关的参数。
7. 根据权利要求2所述的系统,其中,所述解剖学参数是与患者的头部在所述患者的骨盆上的对齐相关的参数。
8. 一种用于评定在手术过程期间的脊柱的整体对齐的方法,所述方法包括以下步骤:
将一个或更多个脊柱参数的计划目标值输入到控制单元中;
将一个或更多个术中荧光检查图像捕获到所述控制单元中;
测量所述一个或更多个脊柱参数的术中值;
将所述一个或更多个脊柱参数的所述术中值与所述脊柱参数的所述计划目标值进行比较;
测量一个或更多个螺钉的位置;
计算使杆弯曲到所述一个或更多个螺钉的位置的指令;以及
根据所述指令使所述杆弯曲。
9. 根据权利要求8所述的方法,其中,所述脊柱参数中的至少一个是颞额垂线角。
10. 根据权利要求8所述的方法,其中,所述方法还包括以下步骤:在额上定位点;在颞上定位点;计算所述点之间的线;以及计算所述线与垂直轴之间的角。
11. 根据权利要求8所述的方法,所述方法还包括以下步骤:计算所述一个或更多个脊柱参数的术前值。
12. 根据权利要求8所述的方法,所述方法还包括以下步骤:基于所述术中值与所述计划目标值的比较计算所述一个或更多个脊柱参数的第二目标值。
13. 根据权利要求8所述的方法,其中,所述脊柱参数中的至少一个是与健康有关生活质量评分相关的参数。
14. 根据权利要求8所述的方法,其中,所述脊柱参数是与患者的头部相对于所述患者的骨盆的对齐相关的参数。

15. 根据权利要求8所述的方法,其中,所述脊柱参数中的至少一个是颈椎矢状垂直轴。
16. 根据权利要求8所述的方法,其中,所述脊柱参数中的至少一个是T1斜率。
17. 根据权利要求8所述的方法,其中,所述脊柱参数中的至少一个是颈椎前凸。

用于促进脊柱手术的系统和方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本专利申请要求2016年1月22日提交的美国第62/286,166号临时申请的优先权,在此以引用的方式将所述临时申请的完整公开犹如在本文中完全阐述地并入到该申请中。

技术领域

[0003] 本申请涉及脊柱手术。更具体地,本申请涉及在脊柱手术过程期间与脊柱的手术矫正的计划、执行以及评定有关的系统和方法。

背景技术

[0004] 脊柱(spinal column)是为身体提供支撑并保护脆弱的骨髓和神经的骨骼和结缔组织的高度复杂系统。脊柱包括一个堆叠在另一个上的一系列椎骨体,各椎骨体包括相对脆弱的松质骨的内部或中心部分以及相对坚硬的皮质骨的外部部分。位于各椎骨体之间的是椎间盘,该椎间盘缓冲并阻尼施加在脊柱上的压缩力。包含骨髓的椎管位于椎骨体后面。脊柱具有自然弯曲(即,在腰部和颈部区域的脊椎前凸和在胸部区域的脊椎后凸),使得上椎骨和下椎骨的终板朝向彼此倾斜。

[0005] 存在许多类型的脊柱病症,包括脊柱侧凸(脊柱的异常侧弯)、过度脊柱后凸(脊柱的异常前弯)、过度脊柱前凸(脊柱的异常后弯)、脊椎前移(一个椎骨在另一个椎骨上的向前位移)、以及由于异常、疾病或创伤而引起的其他病症(诸如,椎间盘破裂或椎间盘突出、椎间盘退变性疾病、椎骨骨折等)。遭受此类病状的患者常经历着极度且无力的痛苦以及衰减的神经功能。进行对于脊柱融合、减压、畸形及其他重建的后部固定来治疗这些患者。在腰部、胸部和颈部过程中后部固定的目的是稳定脊柱段、矫正多轴对齐和帮助优化脊髓和神经的长期健康。

[0006] 脊柱畸形的定义和范围以及治疗选择继续演变。用于脊柱畸形矫正的手术目的包括弯曲矫正、防止另外畸形、恢复矢状和冠状平衡、美容优化以及神经学功能的改善或保持。在成人脊柱畸形(ASD)情况下的矢状面对齐和骨盆参数变得越来越被认为与健康有关生活质量评分(HRQOL)相关。在文献中,HRQOL评分与射线照相术参数(诸如,矢状纵轴(SVA)、骨盆倾斜(PT)以及骨盆入射角(PI)与腰椎前凸(LL)之间的失配)之间存在显著相关性。包括颈椎前凸(CL)、颈椎矢状垂直轴(CSVA)、T1斜率(TS)以及颞额垂线角(CBVA)的特定颈椎参数是在骨盆上对齐头部并维持水平视线(gaze)的身体能力或其缺乏的重要指示符。

[0007] 开发ASD的SRS-Schwab分类以帮助外科医师以此方式分类ASD,并且提供射线照相术分析的方法。该分类系统帮助提供用于术前治疗计划和术后评定的协议。使用该分类系统的当前环境需要外科医生检查术前患者胶片并手动地或通过使用术前软件测量骨盆入射角、腰椎前凸、骨盆倾斜以及矢状垂直轴。在该过程之后,外科医生检查术后胶片并测量相同参数和它们作为手术的结果而如何变化。存在对于用于在术中评定这些和其他脊柱参数并评定这些术中脊柱参数随着手术过程朝向术前计划进展的变化的系统和方法的需要。

[0008] 螺钉、钩以及杆是用于在脊柱固定过程期间稳定脊柱的装置。这种过程经常需要

许多骨元件的仪器。装置(例如,杆)对于设计并植入到患者中非常具有挑战性。脊柱杆通常由不锈钢、钛、钴铬合金或其他类似的硬金属形成,由此可见,在没有某种基于杠杆作用的弯曲机的情况下难以弯曲。此外,脊柱杆需要以六个自由度来定向,以补偿患者脊柱以及用于将杆固定到椎骨的附着点(螺钉、钩)的解剖学结构。另外,正治疗的生理问题以及医师的偏好将确定必要的确切构造。因此,脊柱杆的尺寸、长度以及特定弯曲取决于待约束的各椎骨的尺寸、数量以及位置、椎骨之间的空间关系以及用于保持附接到椎骨的杆的螺钉和钩。

[0009] 脊柱杆的弯曲可以通过许多方法来实现。最广泛使用的方法是被称为法式弯曲机(French Bender)的三点弯曲机。法式弯曲机是被手动操作来在杆中放置一个或更多个弯曲的钳子状装置。法式弯曲机需要操作双手柄并基于手柄的长度提供杠杆作用。法式弯曲机的使用需要高超的医师技能,因为弯曲的位置、角度以及旋转的确定经常是主观的,并且可能难以与患者的解剖学相关。使杆弯曲来装配螺钉和/或钩构造的其他方法包括使用原位杆弯曲机和栓孔弯曲机。然而,所有这些方法可能都是主观的、反复的,并且经常被称为“艺术(art)”。由此可见,杆弯曲和降低活动性可为复杂和/或长脊椎构造的终止化中的耗时且潜在挫败性的步骤。在手术室中时间增多以实现最佳弯曲可能对患者来说代价高,并且增大发病的机会。在不良地执行杆弯曲时,杆可能预加载构造并增大固定系统的故障机会。所涉及的弯曲和再弯曲还可能促进金属疲劳和杆中应力梯级的产生。

[0010] 由于缺乏弯曲装置以及缺乏对于在弯曲手术装置中所涉及的所有问题的了解,涉及脊椎杆的计算机辅助设计或定形的尝试大都不成功。近来,在Isaacs的、2011年6月7日发布的美国第7,957,831号专利中,描述了一种杆弯曲系统,该杆弯曲系统包括具有数字转换器的空间测量子系统,该空间测量子系统获得手术植入物(螺钉、钩)的三维位置;软件,该软件将植入物位置转换成一系列弯曲指令;以及机械杆弯曲机,该机械杆弯曲机用于执行弯曲指令,使得将精确弯曲杆,以在各个螺钉内量身定做。这是有利的,因为它提供可量化的杆弯曲步骤,这些步骤对各患者的解剖学定制,这使得外科医生能够一遍创建量身定做杆,从而提高杆弯曲的速度和效率,特别是在复杂情况下。这转而降低与这种过程关联的发病率和成本。然而,仍然存在对改进的杆弯曲系统的需要,所述改进的杆弯曲系统允许固定过程中的弯曲和畸形矫正,提供给用户更多杆弯曲选项,并且适应更多的用户临床偏好。此外,存在对改进的杆弯曲系统的需要,所述改进的杆弯曲系统确保脊柱的适当矢状和冠状对齐,使得可以通过标准方法提高患者的HRQOL。

发明内容

[0011] 上述以及其他需要由在本公开描述的手术领域中的、用于显示手术工具的近实时术中图像的系统和方法的实施方式来解决。

[0012] 公开了一种用于脊柱手术期间的脊柱的整体对齐的系统,其中,该系统包括成像装置、空间跟踪系统、控制单元以及弯曲装置。

[0013] 公开了一种用于脊柱手术期间的脊柱的整体对齐的系统,其中,该系统包括:成像装置;杆弯曲装置;以及具有软件的控制单元,该软件使得能够输入来自术前图像、手术计划以及术中图像的脊柱参数测量并生成用于使杆弯曲的指令。解剖学参数可以是颞额垂线角。参数可以与患者的视线有关。参数可以与患者的生活质量评分有关。系统还可以提供与所测量参数有关的视觉指示符。

[0014] 公开了一种用于脊柱手术期间的脊柱的整体对齐的方法,其中,该方法包括以下步骤:将手术计划参数输入到控制单元中;进行参数的术中测量;将术中测量与手术计划进行比较;测量接骨螺钉的位置;计算杆弯曲指令;以及根据指令使杆弯曲。参数可以是颞额垂线角。参数可以与患者的视线有关。参数可以与患者的生活质量评分有关。

附图说明

[0015] 本发明的许多优点将在结合附图阅读说明书时对本领域技术人员显而易见,在附图中,同样的附图标记应用于同样的元件,并且在附图中:

[0016] 图1是根据一个实施方式的、用于测量脊柱参数的系统的图;

[0017] 图2是根据一个实施方式的、例示了用于术前测量结果的具有应用程序的移动装置的示例的屏幕截图;

[0018] 图3是例示了允许用户捕获新图像或打开已保存图像的、根据图2的实施方式的设置屏幕的示例的屏幕截图;

[0019] 图4是例示了允许用户指定图像类型的、根据图2的实施方式的设置屏幕的示例的屏幕截图;

[0020] 图5是例示了允许用户识别图像的方位的、根据图2的实施方式的设置屏幕的示例的屏幕截图;

[0021] 图6是例示了允许用户输入标尺尺寸的、根据图2的实施方式的设置屏幕的示例的屏幕截图;

[0022] 图7是例示了允许用户将标尺设置到图像的、根据图2的实施方式的设置屏幕的示例的屏幕截图;

[0023] 图8是例示了允许用户将标尺设置到图像的、根据图2的实施方式的设置屏幕的示例的屏幕截图;

[0024] 图9是例示了允许用户识别C2终板的、根据图2的实施方式的测量屏幕的示例的屏幕截图;

[0025] 图10是例示了允许用户识别C2的中间体的、根据图2的实施方式的测量屏幕的示例的屏幕截图;

[0026] 图11是例示了允许用户识别T1终板的、根据图2的实施方式的测量屏幕的示例的屏幕截图;

[0027] 图12是例示了允许用户识别C7的后部点的、根据图2的实施方式的测量屏幕的示例的屏幕截图;

[0028] 图13是例示了显示所计算参数的、根据图2的实施方式的测量屏幕的示例的屏幕截图;

[0029] 图14是根据一个实施方式的集成对齐的流程图;

[0030] 图15是例示了根据一个实施方式的设置屏幕的示例的屏幕截图;

[0031] 图16是例示了根据图15的实施方式的系统参数设置的示例的屏幕截图;

[0032] 图17是例示了根据图15的实施方式的测量输入设置屏幕的示例的屏幕截图;

[0033] 图18是例示了根据图15的实施方式的图像捕捉屏幕的示例的屏幕截图;

[0034] 图19是例示了根据图15的实施方式的输入到系统中的图像的示例的屏幕截图;

- [0035] 图20至图21是例示了根据图15的实施方式的图的方位的示例的屏幕截图；
- [0036] 图22是例示了根据图15的实施方式的所定向图像的示例的屏幕截图；
- [0037] 图23是例示了根据图15的实施方式的第二图像的输入的示例的屏幕截图；
- [0038] 图24至图26是例示了根据图15的实施方式的颈椎前凸的示例测量的屏幕截图；
- [0039] 图27至图29是例示了根据图15的实施方式的T1斜率的示例测量的屏幕截图；
- [0040] 图30至图34是例示了根据图15的实施方式的颈椎矢状垂直轴的示例测量的屏幕截图；
- [0041] 图35至图39是例示了根据图15的实施方式的颞额垂线角的示例测量的屏幕截图；
- [0042] 图40是例示了根据图15的实施方式的定义屏幕的示例的屏幕截图；
- [0043] 图41是包括图1的系统的一部分的、处于闭合位置的数字转换器阵列的一个实施方式的立体图；
- [0044] 图42是图41的数字转换器阵列的分解立体图；
- [0045] 图43是处于打开位置的图2的数字转换器阵列的立体图；
- [0046] 图44是包括图1的系统的一部分的数字转换器指针(pointer)组件的一个实施方式的正视图；
- [0047] 图45至图48是可与图41的数字转换器阵列兼容的各种手术指针的立体图；
- [0048] 图49是描绘了根据一个实施方式的杆弯曲工作流的流程图；
- [0049] 图50是例示了根据一个实施方式的示例设置屏幕的屏幕截图；
- [0050] 图51至图52是例示了根据一个实施方式的螺钉获取屏幕的示例的屏幕截图；
- [0051] 图53是例示了根据一个实施方式的杆预览屏幕的示例的屏幕截图；
- [0052] 图54是例示了根据一个实施方式的示例杆弯曲指令屏幕的屏幕截图；
- [0053] 图55是描绘了根据另一个实施方式的杆弯曲工作流的流程图；
- [0054] 图56是例示了根据一个实施方式的点调节菜单屏幕的示例的屏幕截图；
- [0055] 图57是例示了根据一个实施方式的点调节屏幕的屏幕截图；
- [0056] 图58至图59是例示了根据一个实施方式的示例杆前凸矫正屏幕的屏幕截图；
- [0057] 图60是例示了根据一个实施方式的具有前凸矫正的杆预览屏幕的示例的屏幕截图；
- [0058] 图61至图62是例示了根据一个实施方式的示例冠状矫直屏幕的屏幕截图；
- [0059] 图63至图64是例示了根据一个实施方式的示例过渡杆屏幕的屏幕截图；
- [0060] 图65是例示了根据一个实施方式的用于过渡杆的杆预览屏幕的示例的屏幕截图；
- [0061] 图66是例示了根据一个实施方式的用于过渡杆的示例杆弯曲指令屏幕的屏幕截图；
- [0062] 图67至图68是例示了根据一个实施方式的示例偏移连接器屏幕的屏幕截图；
- [0063] 图69是例示了根据一个实施方式的用于偏移连接器的杆预览屏幕的示例的屏幕截图；
- [0064] 图70是根据一个实施方式的机械杆弯曲机的立体图；以及
- [0065] 图71是用于整体脊柱对齐的方法的流程图。

具体实施方式

[0066] 下面描述本发明的例示性实施方式。为了清楚起见,在该说明书中没有描述实际实施方案的所有特征。当然,将理解,在任何这种实际实施方式的开发中,必须进行大量的移植特定决策,以实现开发者的特定目标,诸如顺应将从一个实施方案到另一个实施方案变化的系统相关和商业相关约束。此外,将理解,这种研发尝试可能是复杂且耗时的,虽然如此,但这种研发尝试是具有本公开权益的本领域普通技术人员的日常任务。本文所公开的系统和方法既独立又组合地保证专利保护的各种发明特征和组件。

[0067] 被放置在一级脊柱处来矫正脊柱畸形的植入物不仅可以影响该地点的临床参数,还影响贯穿脊柱的其他地点的临床参数。例如,腰椎前凸的矫正可能导致颈椎前凸的变化。在一些脊柱过程(例如,前柱畸形矫正过程)中,将患者的脊柱恢复到平衡位置可能是期望的手术结果。根据本发明的广泛方面,通过示例的方式如图1所示,手术计划、评定以及矫正系统10的一个实施方式可以包括:空间跟踪系统12,该空间跟踪系统12获得一个或多个手术植入物14的位置;控制单元16,该控制单元包含软件,该软件将脊柱参数和植入物位置转换成一系列弯曲指令;弯曲装置18,该弯曲装置18执行弯曲指令;用于成像的c臂荧光检查仪20。在一些实施方式中,系统还可以包括具有用于进行术前测量的应用软件的手持移动通信装置15。

[0068] 系统10可以包括整体脊柱平衡特征,在该特征中,控制单元16被配置为接收并评定1)术前脊柱参数测量结果;2)目标脊柱参数输入;3)术中脊柱参数输入;以及4)术后脊柱参数输入。可以跟踪这些输入中的一个或多个和/或将其与其他输入进行比较,以评定手术矫正如何朝向手术计划前进,评定患者的脊柱离实现整体脊柱平衡多近,并且用于开发/细化手术计划,以实现期望的手术矫正。

[0069] 目标脊柱参数测量可以为临床指南(仅通过示例的方式,基于患者解剖学的SRS-Schwab分类或患者特定目标)。取决于用户偏好,这些脊柱参数可以包括骨盆入射角(PI)、骨盆倾斜(PT)、骶骨斜率(SS)、腰椎前凸(LL)、上部腰椎前凸(↑LL)、下部腰椎前凸(↓LL)、C7铅垂线偏移(C7PL)以及胸椎后凸(TK)、TI斜率(TS)、矢状垂直轴(SVA)、颈椎前凸(CL)、颈椎矢状垂直轴(CSVA)以及颞额垂线角(CBVA)测量结果。

[0070] 术前测量

[0071] 根据图2至图13所示的示例性实施方式,可以使用具有照相机和触摸屏的手持移动装置(诸如,例如,具有包括以下所描述的测量特征的软件应用的移动电话或平板电脑)进行脊柱参数的术前测量。一个这种适当应用是Nuvaline®。然而,可以使用能够执行这里所描述的图像处理 and 测量的任何应用。

[0072] 如图2所示,在一个实施方式中,用户通过从移动装置的触摸屏选择应用图标102来启动应用。从列表屏幕,如例如图3所示,用户可以通过选择新按钮104来选择捕捉新图像,或者可以通过选择先前保存的文件106来观看先前捕捉的图像和测量。如果用户选择新按钮104,则可以使用移动装置15的照相机特征从显示器捕捉新图像。如图4至图8所示,在可以进行测量之前,用户必须识别图像的类型和方位,并且提供标尺信息。用户可以通过选择如图4所示的适当设置来对图像的类型分类。如果执行颈椎图像的术前测量,则用户可以从设置屏幕选择术前108和颈椎118选项。用户然后通过选择如图5所示的正确方位按钮122、124来识别图像的方位。测量校准标尺的长度使用如图6所示的小键盘128输入到标尺区域126中。在该示例中,标尺被设置为5cm。用户然后可以通过在屏幕上选择正确的测量区

间来使标尺与所输入的图像相关。如图7至图8所示,为了标记标尺的起点136,在位于图像底部处的标尺140上放置十字准线指示符146,十字准线指示符146可以由用户的手指拖拽到正确的位置。用户然后通过图像140上将第二十字准线指示符146拖拽到标尺的适当端点来标记标尺的终点138。在图8所示的示例中,5cm标尺已经通过在图像标尺140上选择间隔5cm的点来相关到图像。在用户选择下一步按钮142时,测量应用开始测量指令的工作流。

[0073] 如图9所示,用户可以首先标记C2终板的位置。使用具有放大立体图134的泡状物,用户可以将十字准线146拖拽到C2的上部终板的顶部中心处的位置。使用两个手指,用户可以调节线148的方位,直到它叠加在C2终板的斜坡上。用户可以按压下一步按钮142来前进到下一测量屏幕。

[0074] 如图10所示,用户可以接着标记C2中间体的位置。使用具有放大立体图134的泡状物,用户可以将十字准线146拖拽到C2椎骨体的中间体的中心上的位置。用户可以按压下一步按钮142来前进到下一测量屏幕。

[0075] 用户然后可以如图11所示标记T1终板。使用具有放大立体图134的泡状物,用户可以将十字准线146拖拽到T1的上部终板的中心处的位置。在手持装置的触摸屏上使用两个手指,用户可以使线148旋转,直到它叠加在T1终板的斜坡上。用户可以按压下一步按钮142来前进到下一测量屏幕。

[0076] 如图12所示,用户可以以与其他点相同的方式标记C7椎骨的后部。使用具有放大立体图134的泡状物,用户可以将十字准线146拖拽到C7终板的后部角落上的位置。用户可以按压下一步按钮142来前进到下一测量屏幕。

[0077] 在已经识别脊柱标记时,可以基于位置计算颈椎参数。从以上所描述的测量计算的颈椎参数可以包括TS、CL、TS-CL以及CSVA。在一些实施方式中,图像可以与线和角叠加,以提供脊柱参数的图形渲染。例如,在图13所示的图像中,指示TS的楔形150和指示CL的楔形152图形地表示图像上的这些测量。测量的数值可以在图像下方的显示区域154中示出。

[0078] 在一些实施方式中,可以颜色编码数字数据,以提供病理程度的指示。TS-CL的值例如可以在值为非病理($TS-CL < +/-15$ 度)的时候被显示为绿色,在值指示存在潜在的中等畸形($+/-15 \leq TS-CL < +/-20$ 度)的时候被显示为黄色,并且在值指示存在显著畸形的可能性($TS-CL \geq +/-20$ 度)的时候被显示为红色。类似地,CSVA的值例如可以在值为非病理($CSVA < +/-4$ cm)的时候被显示为绿色,在值指示存在潜在的中等畸形($+/-4 \leq CSVA < +/-8$ cm)的时候被显示为黄色,并且在值指示存在显著畸形的可能性($CSVA \geq +/-8$ cm)的时候被显示为红色。

[0079] 在已经完成所有测量时,用户可以通过选择检查按钮156来关闭图像。

[0080] 将理解,图2至图13所示的实施方式仅是示例性的,并且方法可以相等地应用于其他测量。将理解,用于CBVA的计算的颞和额的测量可以使用与所公开的方法类似的方法来进行。将理解,与胸腰椎脊柱参数有关的测量和计算可以使用与所公开的方法类似的方法来进行。将理解,在该示例性实施方式中描述的测量的工作流可以按不同顺序来执行。这种修改可以在不偏离本发明的范围的情况下进行,并且可以在本领域普通技术人员知识内。

[0081] 术中测量和整体对齐

[0082] 在各种实施方式中,本文的系统和方法在术中测量颈椎参数并评定矢状和冠状平

衡,从而使得能够将评定转换并变换成对患者的用户动作。在一些实施方式中,本文的系统和方法在术中评定矢状对齐。以下描述一个示例实施方式。

[0083] 在一个示例性实施方式中,颈椎脊柱参数的术中测量可以包括以下步骤(以下更完全地描述各个步骤):可以通过获取C2和C7处的图像、对所述图像进行缩放并定向、并且识别C2和C7椎骨的终板来计算CL。可以通过识别沿着十字线的水平线并识别T1的终板来计算TS。可以通过算术函数从CL和TS计算TS-CL值。可以通过识别沿着十字线的水平线、定位C7的后部角落并定位C2的中间体位置来计算CSVA。最后,可以通过识别垂直线并定位沿着额和颈的点来计算CBVA。

[0084] 图14描绘了根据一个实施方式的指示整体脊柱平衡特征的步骤的流程图。在步骤1300处,系统10输入患者的术前脊柱参数测量结果。然后,系统10生成理论目标脊柱参数测量结果(步骤1302)。用户可以在步骤1304处根据手术计划可选地调节一个或更多个目标脊柱参数测量结果。在步骤1306处,可以使用来自步骤1302或1304的理论或已调节目标脊柱参数测量结果缩放目标脊柱杆,以匹配患者的解剖结构。然后可以向用户显示1308该缩放的目标杆。可选地,系统10可以在手术过程期间生成一个或更多个测量结果(步骤1310)。在步骤1312处,然后可以基于来自步骤1310的术中测量调节目标脊柱参数数据。最后,系统10可以生成用于平衡脊柱矫正步骤1314的弯曲指令。

[0085] 根据图15所示的示例性实施方式,为了开始术中分析,用户可以启动系统10,并识别视频信号源404、406以及视频信号类型408、410。可以通过选择输入按钮418来输入图像。在窗口420中显示的图像575可以使用半径控制414来重定位,以将图像放大或缩小为适合窗口420。图像575的位置可以通过使用方向箭头小键盘416来改变。所操纵的图像可以通过选择重设图像按钮412来重设至其原始设置。用户可以通过选择工具按钮422来访问工具菜单,或者可以选择“?”按钮426来访问帮助菜单。如图16所示,可以通过选择系统信息屏幕400来查阅系统设置。从该屏幕,用户可以通过选择启用按钮428来启用可选的CSVA和CBVA测量。用户选择返回按钮424来返回到设置菜单。

[0086] 通过图17中的示例的方式,用户可以将患者的术前测量结构输入到如所描绘的系统10中。用户可以选择设置按钮432来访问可用参数。如图所示,可以借助通过设置工具458输入术前数据的过程来指导用户。选择胸腰椎按钮448可以允许用户分别在区域550、552、554、556、558以及560中输入与用于PI、LL、PI-LL、Seg 1、Seg2以及TK的胸腰椎参数相关的测量结果。选择颈椎按钮450可以允许用户将与颈椎参数相关的测量结果输入到CL、 Δ CL、TS、CSVA以及CBVA输入区域(未示出)中。可以通过选择输入USB按钮464来上传被保存到USB驱动器的术前测量结果,以填充术前参数。术前测量结果可以从以上所描述的术前测量软件的使用来获得,或者可以在如以下所描述的术中整体对齐软件内计算。术前解剖学测量可以用于理解患者的畸形脊柱中的不平衡,以及帮助确定手术计划,以植入将把脊柱调节或形成到更自然平衡的装置(例如,杆、螺钉、超脊柱前凸椎间植入物等)。计划软件允许用户建立矫正脊柱畸形的手术计划。用户可以以与术前值的输入相同的方式来将被寻求为借助手术过程实现的目标参数输入到软件中。

[0087] 根据整体脊柱平衡特征,可以在术中评定脊柱参数输入。例如,用户可以希望在术中测量已经实现(例如,在放置椎间植入物之后)的颈椎前凸量。可以将术中参数测量结果与术前值和计划进行比较,以确定手术是否对患者具有恢复整体对齐的效果。如以下所描

述的,系统10可以被配置为获得或输入一个或更多个侧面图像,生成在患者解剖结构的两个或更多个标志之间的一条或更多条线,确定这些标志之间的关系,并且调节用于生成杆解决方案中的一个或更多个脊柱参数。

[0088] 图17至图27描绘了根据一个实施方式的颈椎参数的术中测量。如通过图17中的示例的方式,从设置屏幕,用户可以首先选择颈椎按钮450。接着,如图18所示,可以通过选择输入荧光图像按钮418来将第一侧面射线照相术图像575输入到系统10中。图19示出了在已经输入图像之后的窗口420的代表图像。可以通过选择+按钮580来扩展左窗口478或右窗口480中的图像575,以用所选图像填充屏幕。用户可以通过选择位于各窗口上方的图像识别按钮582、584来在左窗口478与右窗口480之间切换。可以通过选择定向图像按钮488来识别图像方位。如例如图20所示,用户通过选择适当的后部按钮490来识别患者的解剖结构的后部。如例如图21所示,用户通过选择适当的头部按钮498来识别图像中的头部的位。一旦已经建立图像的方位,则不必识别随后C臂图像的方位,除非在手术期间移动C臂的位置。可以通过选择移动图像按钮488将第一侧面射线照相术图像从左窗口478移动至右窗口480。如图23所示,用户可以选择下部按钮500或上部按钮502来识别在第一图像中捕捉哪一个颈椎段。如图23所示,可以将相对段(下部或上部)的第二侧面射线照相术图像575输入到系统10中。在设置方位之后,图像识别按钮582、584指示下方在图像中示出哪一个段(上部还是下部)。

[0089] 根据一些实施方式,用户可以通过移动至少两个感兴趣点(例如,上部终板VI和上部终板V2)上的线来识别脊柱的标志。系统10然后测量两条线之间的角。例如,如图24至图26所示,为了计算CL,用户可以识别上部图像中的C2的终板和下部图像中的C7的终板。首先,如图24所示,将C2终板线802被放置在图像575上。然后通过以下方式调节线802以与终板对齐:按压角按钮484,以增大或减小角,直到线802覆盖终板为止。如图25所示,系统10将该角测量为如在角测量区域474中指示的10度。

[0090] 可选地,系统10可以将术中测量结果与术前和/或目标脊柱参数值进行比较,并且向用户提供相对于术前和理论脊柱参数已经实现多少矫正的指示。如图25所示,CL值显示窗口472中的值指示术前CL被测量为+20度,所计划的CL为-5度,并且术中CL被测量为+10度。因此,系统将CL(Δ CL)的变化计算为如在测量区域474中指示的10度。如图26所示,已经放大左窗口478并使右窗口480最小化。为了增强可见性并提高线放置的精度,图像可以被操纵为通过使用+和-按钮来提高或降低亮度504或对比度506。使用角测量按钮484,用户可以增大矢状平面中的脊柱的矫正的期望角(即,加或减前凸或后凸)。随着调节角,可以在角测量区域472内动态地显示调节量。

[0091] 在一些实施方式中,用户可以可选地希望在术中测量第二解剖学或颈椎特性,诸如患者的T1斜率(TS)。如图27所示,选择TS测量按钮512可选地产生TS评定工具。将患者颈椎的荧光检查仪图像575输入到系统10中。如果必要,则可以如先前描述的定向图像。图28至图29中例示了计算TS的方法。首先,如图28所示,可以通过使用贴到c臂的十字线建立水平线804。为了建立线,用户选择TS工具514中的基准点1按钮514a,并且使用箭头阵列486来识别十字线的水平线804上的第一点806。接着,用户选择基准点2按钮514b,并且使用箭头阵列486来识别水平线804上的第二点808。接着,如图29所示,用户然后选择T1终板1按钮514c来识别T1终板810的后部方面。最后,用户选择T1终板2按钮514d,并且使用箭头阵列

486来识别T1终板812的前部方面。在选择所有TS输入的情况下,控制单元16计算后部810与前部812点之间的线814。然后可以由控制单元16测量T1终板线814与水平线804之间的角,由此产生TS角。在图29所示的示例中,系统10将该角测量为如在TS测量区域470中指示的45度。

[0092] 从所测量的CL和TS,系统10可以计算TS-CL测量结果,并且关于畸形程度向用户提供颜色编码反馈。TS-CL的值例如可以在值为非病理($TS-CL < +/-15$ 度)的时候被显示为绿色,在值指示存在潜在的中等畸形($+/-15 \leq TS \leq +/-20$ 度)的时候被显示为黄色,并且在值指示存在显著畸形的可能性($TS-CL \geq +/-20$ 度)的时候被显示为红色。

[0093] 在一些实施方式中,还可以期望确定术中颈椎矢状垂直轴(CSVA)。这可以涉及将被放置在c臂接收器上的十字线和中心中心无线电致密标记822用于允许识别真实垂直轴。选择CSVA按钮508可选地产生CSVA工具516。如图30至图32所示,可以取得对齐在C7上的下部颈椎区域的第一荧光检查仪图像。用户可以首先选择基准点1按钮516a,并且使用箭头来选择十字线的线上的第一位置816。用户然后可以选择基准点2按钮516b,并且使用箭头来选择十字线的线上的第二位置818。这些基准点识别垂直线820。用户然后选择后部C7按钮516c,并且使用箭头阵列486来识别C7上部终板824的后部角落的位置。用户然后可以重新定位c臂,使得它如图33所示的对齐在上部颈椎和C2上。用户对齐标记822并利用标记直径按钮518增大或减小标记的直径。在对齐之后,用户可以选择质心C2按钮516f,并且使用箭头阵列486来识别C2椎体826的中间体。用户可以通过选择适当的按钮522、524来在C7与C2图像之间前后移动。在另选实施方式中,可以取得单个荧光检查仪图像,其中,C7和C2椎骨这两者在一个图像中可见。垂直线通过标记十字线上的两个点来确定。后部C7和质心C2如上所述的来识别。系统10可以计算CSVA测量并在CSVA测量区域520中显示值。在一些实施方式中,系统10可以向用户提供关于畸形程度的颜色编码反馈。CSVA的值例如可以在值为非病理($CSVA < +/-4$ cm)的时候被显示为绿色,在值指示存在潜在的中等畸形($+/-4 \leq CSVA \leq +/-8$ cm)的时候被显示为黄色,并且在值指示存在显著畸形的可能性($CSVA \geq +/-8$ cm)的时候被显示为红色。如图34中的CSVA测量区域520中所示,系统在本示例中已经将CSVA计算为+3.5cm。系统还可以显示在该示例中被示出为4cm的CSVA的术前值。

[0094] 在一些实施方式中,可以可选地确定颞额垂线角(CBVA)。这可以通过使用指导十字线或将两个无线电致密标记(未示出)定位在c臂接收器面上的12点钟和6点钟位置上来实现。选择CBVA按钮510可选地产生CBVA工具530。如图35至图37所示,可以取得颅骨的荧光检查仪图像并将其如上所述的定向。用户然后如图38所示的建立真实垂直线。用户可以首先选择基准点1按钮530a,并且使用箭头阵列486来选择十字线的线上的第一位置828。用户然后可以首先选择基准点2按钮530b,并且使用箭头阵列486来选择十字线的线上的第二位置830。这些基准点识别真实垂直线832。用户然后可以如图39所示的测量额与颞之间的线。用户可以选择额按钮530c,并且使用箭头阵列来识别额上的点834。用户然后选择颞按钮530d,并且使用箭头来识别颞上的点836。系统10自动绘制并计算从颞到额的线838与垂直轴832之间的角,由此产生CBVA。CBVA的值例如可以在值指示患者具有相对于水平的可接受视线位置时被显示为绿色,在值指示存在患者具有不可接受视线位置(相对于水平太高或太低)的可能性时被显示为红色,并且在值指示存在患者的视线位置可以处于中间可接受水平的可能性时被显示为黄色。如图39中的CBVA测量区域中所示,系统在本示例中已经将

CBVA计算为-17度。系统还可以显示在该示例中被示出为-15度的CBVA的术前值。

[0095] 图40提供了可以被包括为定义用于用户的缩写的定义页的示例。

[0096] 用户可以可选地测量患者的胸腰椎参数,以评定脊柱的整体对齐。测量并计算胸腰椎参数的方法可以为领域中的任意已知方法。仅通过示例的方式,用于测量并计算胸腰椎参数的系统和方法可以为在标题为“Systems and Methods for Planning, Performing, and Assessing Spinal Correction During Surgery”且在2016年2月16日提交的美国第15/045,084号专利申请(在此通过引用的方式将该申请的完整内容犹如在本文中完全阐述地并入)中描述的那些方法。

[0097] 虽然以上所描述的方法被称为术中的,但将理解,相同系统和方法相等地适用于脊柱参数的术前和术后测量。

[0098] 杆弯曲

[0099] 返回参照如图1所示的手术计划、评定以及矫正系统10的实施方式,系统10包括:空间跟踪系统12,该空间跟踪系统获得一个或多个手术植入物14的位置;控制单元16,该控制单元包含将植入物位置转换成一系列弯曲指令的软件;以及弯曲装置18,该弯曲装置执行弯曲指令。

[0100] 优选地,空间跟踪系统12包括IR位置传感器20、数字转换器指针23以及包括主USB转换器21的其他部件。空间跟踪系统12与控制单元16通信。控制单元16具有空间关系软件和C臂视频输入能力,并且通信地链接到显示器32,使得可以将与手术治疗相关的信息以有意义的方式传送给用户。通过示例的方式,相关信息包括但不限于:由IR位置传感器20获取的空间定位数据(例如,x、y以及z轴的平移数据和方位/旋转数据Rx、Ry和Rz)以及由C臂荧光检查仪生成的术中荧光检查仪图像。

[0101] 根据一个或多个实施方式,系统10包括经由控制单元16通信地链接到空间跟踪系统12和/或C臂的神经监测系统。仅通过示例的方式,神经监测系统可以为在标题为“Neurophysiologic Monitoring System”且在2008年4月3日提交的美国第8,255,045号专利(在此通过引用的方式将该专利的完整内容犹如在本文中完全阐述地并入)中示出并描述的神经监测系统。

[0102] 根据一个或多个实施方式,系统10包括与控制单元16通信的数字转换器指针和IR反射跟踪阵列部件。仅通过示例的方式,数字转换器和IR反射跟踪阵列系统可以为在标题为“Systems and methods for performing spinal surgery”且在2013年3月12日提交的美国第13/815,643号专利申请(在此通过引用的方式将该申请的完整内容犹如在本文中完全阐述地并入)中示出并描述的数字转换器和IR反射跟踪阵列系统。

[0103] 图41至图48描绘了与本发明一起使用的一个或多个数字转换器指针23的各种部件。图41至图43详述了数字转换器指针23的示例IR反射跟踪阵列22部件。阵列22包括外壳34、双边挡板36以及多个IR反射球体38,所述多个IR反射球体以所计算方式设置在阵列22上的各种位置处,使得可由IR位置传感器20选择性地检测它们的位置信息。外壳34包括顶部外壳40、底部外壳42以及远端螺纹孔56,该远端螺纹孔被配置为螺纹地接纳触针(例如,触针24、26、28和/或30)的螺纹端78。顶部外壳部40还由上部44、下侧46以及侧面48组成。多个球体孔52在上部44与下侧46之间延伸,并且被定尺且定维为在凹袋54内接纳反射球体38。各侧面48包括被定尺并定维为接纳舌片70的切口50。底部外壳42由第一面58和第

二面60组成。第一面58包括嵌套平台62和子弹柱64。各挡板36包括手柄部66、盖部68、舌片70、交指轮齿72以及用于接纳子弹柱64的通道74。弹簧76在两个挡板36之间延伸,并且经由弹簧柱71保持在适当的位置。

[0104] 在组装状态下,各IR反射球体38被嵌套在平台62上。顶部外壳40以卡扣配合配置放置在底部外壳42上,使得各IR反射球体38嵌合在其相应球体孔52内的凹袋54内。根据一个实施方案,双边挡板36利用滑动到切口50中的舌片70定位在外壳34上方,使得各挡板盖68如图43描绘的确切掩盖IR反射球体38(例如,中间IR反射球体38)的一半。

[0105] 如图44描绘的,IR反射跟踪阵列22与一个或更多个手术物体(例如,触针24、26、28、30)配套。各触针24、26、28、30包括:螺纹近端78,该螺纹近端用于与IR反射跟踪阵列22的螺纹远端缝隙56配套;伸长轴80;以及已成形远尖端82。已成形远尖端82可以为补充并牢固嵌合在特定螺钉头的形状内的任何形状。例如,图45至图48示出了触针24、26、28以及30,各触针具有被设计为与不同开放式螺钉系统、微创螺钉系统以及闭合郁金香(tulip)髌骨偏移连接器系统配套的不同成形的远尖端。远尖端82优选地在将数字转换器指针定向为与各螺钉(或其他固定装置)同轴的同时插入到该螺钉中。

[0106] 根据一些实施方案(例如,关于触针24、26以及28所示的实施方案),伸长轴80的长度相对于阵列22固定,使得所有数字化点为与IR反射标记38的几何结构一致的长度,并且可以从该关系获得位置信息。根据其他实施方案,伸长轴80的长度可相对于阵列22(诸如,用触针30示出的阵列)调节,这有效地延长与数字化点和IR反射标记的距离。该较长的距离基于用户调节伸长轴80的距离转化成在实际螺钉头上方的点的数字化。如将连同以下讨论理解的,产生的弯曲指令将使穿过螺钉上方的该点的杆成形,这允许用户将螺钉降低至杆。

[0107] 根据本发明,提供了用于实现杆弯曲的多种算法。手术弯曲算法可以被分成两个较小的子系统:(1)获取、收集并数字化空间中的点的空间位置算法;和(2)弯曲算法,该弯曲算法分析点,并且计算用机械弯曲装置18弯曲杆所需的弯曲指令和杆长度。标题为“Systems and methods for performing spinal surgery”且在2013年3月12日提交的美国第13/815,643号专利申请(在此通过引用的方式将该申请的完整内容犹如在本文中完全阐述地并入)详细描述了这种弯曲算法。

[0108] 现在连同用于获得量身定做杆的方法的第一实施方式讨论系统10的细节。系统10通常在已经放置螺钉、钩或其他仪器之后但在杆插入之前在后部或侧面固定手术过程结束时使用。如图49的流程图所示,系统10获得所植入螺钉位置的位置信息,并且输出用于被成形为在这些所植入螺钉内量身定做的杆的弯曲指令。在步骤1190处,经由设置屏幕将相关信息输入到系统中。在步骤1192处,用户指定将创建杆的侧(患者的左侧或右侧)。在步骤1194处,系统10使螺钉位置数字化。在步骤1196处,系统10输出弯曲指令。在步骤1198处,用户根据弯曲指令使杆弯曲。然后可以对于在患者对侧(contralateral side)上的杆重复步骤1190至步骤1198(如果期望)。

[0109] 图50仅通过示例的方式例示了控制单元16的屏幕显示器的一个实施方式,该显示器除了能够向用户传达反馈信息之外,还能够从用户接收输入。在该示例中(但不是必然性),图形用户界面(GUI)用于直接从屏幕显示器200输入数据。如在图50中描绘的,屏幕显示器200可以包含标题栏202、导航列204、装置列206以及消息栏208。

[0110] 标题栏202可以允许用户分别经由日期和时间显示210、设置菜单212、音量菜单

214以及帮助菜单216观看日期和时间,改变设置,调节系统音量,并且获得帮助信息。选择设置下拉菜单212允许用户导航到系统、历史以及关闭按钮(未示出)。例如,如以下将更详细描述,选择系统按钮显示杆弯曲软件版本和杆弯曲机配置文件;选择关闭选项关闭杆弯曲软件应用一级驻留在控制单元16上的任何其他软件应用(例如,神经监测软件应用);并且选择历史选项允许用户导航到先前系统会话中的历史弯曲点/指令数据。选择帮助菜单216将用户导航到系统用户手册。如以下将更详细描述,导航列204包含用于借助杆弯曲过程中的各种步骤导航的各种按钮(例如,按钮218、220、222、224、226)。按压按钮204扩展导航列的细节/使其最小化。装置列206包含指示与系统10关联的一个或多个装置的状态的各种按钮。通过示例的方式,装置列206可以分别包括用于系统10的数字转换器23部件的按钮228。按压按钮206扩展装置列的细节/使其最小化。此外,弹出消息栏208向用户传达指令、警告以及系统错误。

[0111] 当选择显示屏幕200上的设置按钮218时,系统10自动启动设置程序。系统10被配置为检测其所需部件中的每一个的连接状态。仅通过示例的方式,图标228指示数字转换器23的连接性和活动状态。如果一个或多个所需部件未连接或不合适地连接,则显示器200可以在前进之前经由文本、音频和/或视觉手段(例如,文本消息、可听音调、有色图标或屏幕、闪烁图标或屏幕等)警告用户来解决问题。根据一个实施方式,数字转换器图标228是用于数字转换器的有效获取和/或识别的状态指示符,并且图标228的存在和背景颜色可以变化为指示数字转换器跟踪状态。通过示例的方式,图标228在系统10未获取螺钉且未识别数字转换器时不存在,在系统10未获取螺钉但识别数字转换器时可以为灰色,在系统10处于螺钉获取模式并识别数字转换器时可以为绿色,并且在系统10处于螺钉获取状态但未识别数字转换器时可以为红色。按压按钮206扩展装置列206的细节/使其最小化。取决于手术的类型、患者畸形的类型等,用户从不同数字转换器的选择来选择数字转换器可以是有利的。根据一个实施方式,按压触针图标(未示出)扩展用于关于系统10可用的不同触针选项(例如,如上所述的触针22、24、26、30)的拉出窗口。

[0112] 在所有所需的部件合适连接到系统10的情况下,用户然后可以输入来自一个或多个下拉菜单的一个或多个特定情况信息。通过示例的方式,可以从屏幕显示器200的设置选择面板232访问用于杆系统234、杆材料/直径236、杆悬垂238、过程类型(未示出)以及手术过程的解剖学脊柱级的下拉菜单。杆系统下拉菜单234允许用户选择他/她计划使用的杆系统。该选择驱动用于杆材料/直径236下拉菜单的选择。通过示例的方式,在杆系统下拉菜单234下,系统10可以利用来自一个或多个制造商的大量固定选项来编程。另选地,它可以利用仅用于一个制造商的固定系统选择来编程(例如, NuVasive® Reline™、Precept®、Armada®以及SpherX®EXT)。用户还可以选择杆材料(例如,钛、钴、铬等)和杆直径(例如,6.5mm直径、5.5mm直径、3.5mm直径)的组合。用于材料和直径选项的下拉菜单238可以优选地取决于杆系统的选择。因为几何结构和尺寸可以在制造商和/或杆系统之间变化,所以用这些特定输入对系统10进行编程可以帮助输出甚至更精确的弯曲指令。用户还可以选择从杆悬垂下拉菜单238悬垂的量。通过示例的方式,悬垂量可以在0mm、2.5mm、5mm、7.5mm以及10mm长度中选择。根据一个实施方式,该功能规定了在杆的上部端和下部端这两者上的对称悬垂。根据另一个实施方式,该功能还规定了基于用户偏好和患者解剖学考虑的、在杆的任一端上的不同悬垂长度。系统10还包含用于容纳如用于例如枕骨-颈椎-胸椎

(OCT)融合过程中的多个杆直径、5.5mm至3.5mm过渡杆以及铰接杆的功能。

[0113] 在已经将设置输入输入到设置选择面板232中之后,系统10帮助用户将IR传感器20设置在用于位置数据获取的最佳位置中。应理解,任何视觉(文本、图形)指示符可以用于指示IR传感器放置指令。根据一些实施方案,有效图形指导用户相对于在患者身体内保持静止的数字转换器阵列22定位IR传感器20。如图50所示,用户首先通过选择IR传感器设置面板240中的左侧传感器位置按钮242或右侧传感器位置按钮244来选择IR传感器20所位于的患者的一侧。选择左或右侧传感器位置按钮242、244启动IR传感器定位面板246,使得传感器图形248和跟踪体积框图形250出现在显示屏幕200上。随着移动IR传感器20,跟踪体积框252和传感器图形248一起移动。接着,用户将数字转换器阵列22定位到患者的身体中。一旦由系统10识别,则将目标体积框252(在颜色上可以被显示为白色)定位在患者图形254上。接着,用户使IR传感器20相对于数字转换器阵列22移动,直到跟踪体积框250一直匹配到目标体积框252的位置。根据一些实施方案,如果传感器图形248被移动到跟踪体积框250之上,则传感器图形在尺寸上增大,并且如果它被移动到跟踪体积框250之下,则它在尺寸上减小。根据一些其他实施方案,可以颜色编码跟踪体积框250,以描绘与目标体积的相对距离。通过示例的方式,如果到目标体积的距离在一个或多个轴上在特定距离之外(例如,在所有3个轴上在 $\pm 8\text{cm}$ 之外),则跟踪体积框250可以被描绘为红色,并且如果该距离在所有3个轴上在 $\pm 8\text{cm}$ 内或等于 $\pm 8\text{cm}$,则可以被描绘为绿色。一旦已经确定IR传感器20的最佳位置,则设置过程完成。

[0114] 一旦用户已经在设置屏幕中完成所有所需的步骤,则图形(例如,检查)可以出现在设置按钮218上,以指示这种完成,并且系统10前进到图49的流程图中的步骤1192。使用GUI,用户通过选择左“L”转换/状态按钮220或右“R”转换/状态按钮222二者之一来指定从患者脊柱的哪一侧来获取数字化位置信息。用户然后选择获取螺钉按钮224,该按钮将显示屏幕200导航到通过图51至图52中的示例的方式所示的获取螺钉(左或右)屏幕。在获取螺钉模式下,显示屏幕200包括分别在矢状视图和冠状视图的每一个中具有脊柱图形260、262的矢状视图面板256和冠状视图面板258。脊柱图形260可以取决于用户在数字化脊柱的哪一侧(左或右)而翻转方位。另外,脊柱图形262可以使用户在数字化的患者的侧(左或右)高亮。用户可以使用如上所述的数字转换器指针23(通过示例的方式)来数字化各所植入螺钉的位置。随着数字化各螺钉点264,可以如图52所示的经由矢状视图面板256和冠状视图面板258在矢状和冠状视图中观看各螺钉点相对于其他所获取螺钉点264的相对位置。可选地,被数字化的最后一个螺钉点可以具有与先前获取的螺钉点264不同的图形266(通过示例的方式,所获取的最后一个螺钉点266可以为环,而先前获取的螺钉点264可以为圆)。螺钉位置可以从上部到下部方向或下部到上部方向数字化,并且根据一些实施方式,系统10可以在获取两个连续螺钉点位置之后检测数字化发生在哪个方向上。如果在数字化过程期间,用户希望删除已数字化螺钉点,则他/她可以通过按压点菜单292下方的“清除点”按钮(未示出)来这样做。如果用户希望删除所有已数字化螺钉点,则他/她可以通过按压“清除所有点”按钮(未示出)来这样做。

[0115] 一旦认为已数字化螺钉点264可接受,则用户可以按压“计算杆”按钮272,该按钮启动优选使用在标题为“Systems and methods for performing spinal surgery”且在2013年3月12日提交的美国第13/815,643号专利申请(在此通过引用的方式将该申请的完

整内容犹如此处完全阐述地并入)中讨论的算法中的一个发起曲线计算。如例如图53所示,一旦已经计算杆解决方案,则杆图形274借助螺钉点264、266填充,并且确认图形(例如,检查)可以出现在“获取螺钉”按钮224上,以指示系统10已经生成杆解决方案。同时,“计算杆”按钮272变成“撤销杆”按钮272。如果用户按压“撤销杆”按钮272,则清除杆解决方案274,并且用户可以获取更多螺钉点或清除一个或更多个螺钉点。在按压“撤销杆”按钮272之后,它然后变回“计算杆”按钮272。可选地,系统10可以包括视觉图形,对于该视觉图形,沿着杆,曲线计算正生成严重弯曲(锐角)。用户可以选择“撤销杆”按钮272,执行一个或更多个手术策略(例如,减少螺钉,备份螺钉,调节螺钉头等),重新数字化螺钉点,并且生成更可行的解决方案。如图54所示,如果杆解决方案为用户可接受,则螺钉获取步骤1194完成,并且系统10进行图49的流程图中的弯曲指令步骤1196。另选地,虽然未示出,但系统10可以将导致严重弯曲角的攻击点(offending point)显示为红色,并且提供次最佳解决方案,该解决方案包括落在用于该弯曲机的角的预定范围内的弯曲角。如果杆解决方案为用户可接受,则螺钉获取步骤1194完成,并且系统10进行图49的流程图中的弯曲指令步骤1196。

[0116] 用户然后选择“弯曲指令”按钮226,该按钮将显示屏幕200导航到通过图54中的示例的方式所示的弯曲指令(左或右)屏幕。在弯曲指令面板276内的弯曲指令允许用户观看与在获取螺钉屏幕中的所得的杆解决方案对应的弯曲指令。通过示例的方式,弯曲指令面板276包含三个区域,所述三个区域包含弯曲指令的各种方面:上消息区域278、弯曲机指令区域280以及下消息区域282。通过示例的方式,上消息区域278可以向用户传达杆切割长度、杆类型和/或杆加载指令(例如,“切割杆:255.0mm,将插入器端加载到弯曲机中,排队”)。弯曲机指令区域280如以下将更详细描述地将显示弯曲策略的行284显示为在机械弯曲机18上执行的位置286、旋转288以及弯曲角290。在图54所示的示例中,存在指示四个弯曲指令的四行。下消息区域282可以向用户传达植入杆的插入方向或方位。例如,在一些弯曲指令中,下消息区域282例如可以提供以下样本指令:“将杆头插到脚”。在一些实施方案中,到患者中的杆插入方向取决于螺钉数字化的顺序(上部到下部或下部到上部)。根据一个或更多个优选实施方式,弯曲指令算法将杆的下部、上部、前部以及后部方面的方位考虑在内,并且确保这些方面为用户所知。随着使用的指令指导用户将杆加载到弯曲机中,系统10首先基于弯曲角的严重性管理将哪些弯曲施加杆上。可以首先执行具有较大弯曲角的弯曲指令的部分,然后在最后执行弯曲指令的较直弯曲部分。此外,指令还可以指导用户将杆上的激光线或方位线对齐到机械杆弯曲机18上的对齐箭头(未示出)。该对齐控制杆几何结构的前路/后路方位,并且因此生成弯曲指令。用户遵从顺序地用于位置(位置可以在弯曲机18和屏幕200上颜色编码为绿色三角形)、旋转(旋转可以在弯曲机18和屏幕200上颜色编码为红色圆)以及弯曲角(弯曲角可以在弯曲机18和屏幕200上颜色编码为蓝色正方形)的、由系统10生成的弯曲指令,在第一弯曲指令处开始并顺序工作,直到完成最后弯曲为止。由此,用户可以对患者脊柱的对侧的杆构造重复步骤1190至步骤1198。

[0117] 在手术过程内,用户可以希望在左屏幕与右屏幕之间转换,以观看左和右数字化螺钉点、杆预览以及弯曲指令,以便参考或比较。选择左“L”转换/状态按钮220和右“R”转换/状态按钮222允许用户这样做。根据一个或更多个实施方案,GUI可以另外包括历史特征。选择历史按钮(未示出)将允许用户返回参照任何先前的杆弯曲解决方案。用户基于L/R转换按钮220、222的选择并按压弯曲指令按钮226导航到弯曲指令屏幕226。如果导航到先

前的弯曲指令,则弯曲指令屏幕将显示先前前的弯曲指令。一旦用户已经选择期望的杆解决方案,那么用户使用机械弯曲机18执行弯曲。

[0118] 以上关于图51至图54描述的实施方式预期数字化所植入螺钉位置并输出用于被成形为在这些所植入螺钉内量身定做的杆的弯曲指令。在一个或更多个另外实施方式中,如图55的流程图描绘的,系统10获得所植入螺钉的位置信息(步骤1192和1194),经由一个或更多个高级选项特征接受矫正输入(步骤1195),并且生成针对被成形为嵌合在远离这些所植入螺钉位置的位置处的杆的观察弯曲指令(步骤1196)。安装以该方式成形的杆可以根据用户规定的手术计划矫正患者脊柱的弯曲或畸形。现在利用用于获得根据一个或更多个手术计划弯曲的杆的示例讨论系统10的细节。

[0119] 如图56所描绘的,选择“点”按钮292扩展菜单,从该菜单,用户可以对已数字化螺钉点执行一个或更多个矫正,并且系统10生成弯曲指令,一旦植入杆且将螺钉带入杆,则所述弯曲指令将实现对患者的脊柱的这些期望矫正。

[0120] 在一些手术过程中,用户在确定弯曲指令时可能希望杆弯曲解决方案将考虑不是已数字化点的点。根据一些实施方案,该点与已数字化螺钉点位置间隔调节距离。选择来自点菜单292的“调节点”按钮296将用户导航到如图57所描绘的调节点屏幕。选择感兴趣的已数字化螺钉位置(例如,被表示为图57中的点304的螺钉点)高亮螺钉点,并且在矢状和冠状视图256、258中的每一个中产生调节点控制306。用户使用箭头308、310、312以及314将点304调节到其在矢状和冠状平面中的期望位置。在一些实施方案中,随着点移动,点304如图57所示的基于与原始数字化的螺钉位置的距离改变颜色。在一些实施方式中,颜色与颜色编码偏移距离指示符(未示出)对应,该指示符关于点已经被调节的距离向用户提供视觉反馈。在一些实施方案中,系统10可以具有离已数字化点的最大距离,将不允许被操纵的点越过该距离(仅通过示例的方式,该距离可以为5mm)。在其他实施方案中,该距离可以被描绘为距离(例如,图57中的附图标记11,指示螺钉点离其原始位置11mm)。用户可以以该方式调节根据需要尽可能多的点。用户可以经由“重设”按钮316将所有已调节点重设到它们的原始配置。一旦对已调节点满意,则用户可以进行到如以下阐述的一个或更多个另外高级选项或选择“计算杆”272。一旦已经选择“计算杆”272,则系统10生成曲线穿过已调节点的杆,从而创建矫正特定杆并提供给用户根据他的或她的规定曲线矫正脊柱中的弯曲或畸形的能力。

[0121] 在一些情况下,用户可能想要在矢状平面中对齐或矫正患者的脊柱(即,加或减前凸或后凸)。系统10包括矢状矫正特征,在该特征中,用户能够测量脊柱中的前凸量并调节矢状平面中的角。系统10然后将这些输入并入到弯曲算法中,使得杆解决方案包括期望的对齐或矫正。

[0122] 从高级选项菜单(未示出)选择“观察向量”(未示出)启动如图58所示的矢状矫正特征。用户可以选择至少两个感兴趣点,并且系统然后确定矢状视图中的适当向量。根据图59至图60所示的实施方式,使用在获取螺钉步骤1194中获取的已数字化螺钉数据基于螺钉轨迹螺钉轴位置测量并调节角。如图59所示,用户选择至少两个感兴趣螺钉点(例如,螺钉点338和342)。系统10然后测量螺钉轨迹之间的角。在一些实施方案中,系统10可以通过测量上部腰椎中的腰椎前凸角334和下部腰椎中的腰椎前凸角336来测量腰椎前凸的总量。使用角调节菜单326上的角调节按钮328、330,用户可以增大或减小矢状平面中的脊柱的矫正

的期望角(即,上部或下部地加或减前凸或后凸)。随着角被调节,也改变两个螺钉点338、342之间的角位置336。系统10可以包括颜色编码偏移距离指示符322,该指示符提供给用户各已数字化螺钉位置如上所述在矢状平面中将被调节的距离的指示。一旦实现期望的角矫正量,则用户可以选择“计算杆”按钮272。如例如在图60中描绘的,系统10然后显示杆解决方案274,该解决方案并入用于矢状平面中的脊柱的矫正的用户的临床目标。

[0123] 根据矢状矫正特征的一个实施方式,参考来自所输入侧面射线照相术图像(未示出)的解剖学结构测量、显示并调节上部和下部腰椎前凸角354、356。

[0124] 应理解,因为患者位置对颈椎和腰椎前凸测量可能具有影响,所以系统的矢状矫正特征将能够解释任意患者定位相关的偏差。还将理解,除了前凸矫正之外,矢状角评定工具还可以用于其他类型的手术策略,包括但不限于:经椎弓根椎体截骨术(PSO)过程和前柱重构(ACR)过程。

[0125] 在一些情况下,用户可能想要在冠状平面中对齐或矫正患者的脊柱(即,矫正脊柱侧凸)。系统10包括一个或更多个冠状矫正特征,在该一个或更多个冠状矫正特征中,用户能够在经由前部-后部x射线的冠状平面中观看患者的脊柱(和畸形);测量一个或更多个解剖学基准角;和/或通过手动或自动偏置调节杆弯曲曲线的哪个方向来朝向特定冠状对齐轮廓驱使一个或更多个螺钉位置。系统10然后将这些输入并入到弯曲算法中,使得杆解决方案包括期望的对齐或矫正。

[0126] 选择“冠状矫直”按钮302启动冠状矫正特征。用户可能希望通过以下方式确定冠状畸形的程度:参考脊柱解剖学结构,测量冠状平面中的两个解剖学基准之间的冠状Cobb角,并且在术中调节这些角,作为手术计划的一部分,以使脊柱进入(或更接近)垂直对齐。

[0127] 根据冠状矫正特征的一个或更多个其他实施方案,如图61所示,用户可以选择至少两个感兴趣点,并且系统然后借助所有点生成最佳拟合基准线,该线包括且位于至少两个感兴趣点之间。在一些情况下,脊柱在冠状平面中的理想矫正是在感兴趣的最上部螺钉位置与最下部螺钉位置之间延伸的笔直垂直线。然而,取决于患者个人的解剖结构,实现笔直的垂直线可能不可行。用户可能希望实现相对理想矫正的特定矫正量。从显示屏幕,用户可以选择相对于最佳拟合基准线的、如被数字化为25%、50%、75%或100%矫正的螺钉点之间的矫正的百分比。此外,系统然后计算杆解决方案并示出偏心指示符322,以给用户提供各螺钉离如以上所阐述的冠状调节的杆构造的距离的指示。

[0128] 根据图61至图62所示的实施方式,用户可以矫直构造内的所有点(整体冠状矫正)。从显示屏幕200,选择上部和下部螺钉点362、364,并且系统10借助所有点362、364、368生成最佳拟合整体基准线366。使用冠状矫直菜单370,用户选择期望的矫正度372、373、374、375来调节所期望矫正的百分比。在图62所示的示例中,期望矫正量在百分比矫正指示符372上被示出为100%,这意指杆解决方案274在冠状平面中将为直线,并且所有螺钉位置将被调节为拟合杆/线。在一些实施方式中,系统10可以包括颜色编码偏移距离指示符(未示出),以给用户提供各已数字化螺钉位置如以上所阐述的在冠状平面中将被调节的距离的指示。如果用户认为这是可接受的杆解决方案,则用户选择“计算杆”按钮272来观看杆解决方案274并接收弯曲指令,或者进行到如以下将更详细描述的一个高级特征。

[0129] 根据另一个实施方式,用户可以矫直构造内的螺钉点的子集(段冠状矫正)。基于这些点被输入到系统中的顺序,沿最近所选点的方向借助点生成最佳拟合段基准线。如果

首先选择下部点且其次选择上部点,则系统将上部地绘制最佳拟合段基准线。相反,如果首先选择上部点且其次选择下部点,则系统将下部地绘制最佳拟合段基准线。使用冠状矫直菜单,用户选择期望的矫正百分比。系统可以包括颜色编码偏移距离指示符,以给用户提各已数字化螺钉位置如以上所阐述的在冠状平面中将被调节的距离的指示。如果用户认为这是可接受的杆解决方案,则用户选择“计算杆”按钮来观看杆解决方案并接收弯曲指令,或者进行到如以下将更详细描述的一个高级特征。

[0130] 根据另一个实施方式,可以相对于患者的中心骶骨垂直线(CSVL)(而不是延伸穿过两个所选数字化螺钉位置的最佳拟合段基准线)实现段冠状矫正。CSVL是穿过骶骨中心的垂直线,该垂直线可以充当用于患者的冠状畸形的垂直基准线以及根据本公开的冠状评定和矫正特征的冠状平面中的脊柱矫正的指导。

[0131] 根据另一个实施方式,如图63至图65所示,在一些情况下,杆可以穿过胸椎和颈椎。在这种实施方式中,适当的杆可以为5.5mm至3.5mm过渡杆,以允许具有较小螺钉的较小杆用于颈椎区域中,并且允许较大的杆用于胸椎区域中,以便提高稳定性。必要的是识别过渡点,使得可以对于各区域适当弯曲杆。如图63所示,从点菜单,用户将选择过渡点按钮293。用户然后将识别最下部3.5mm螺钉295。一旦选择过渡点295,则在过渡点上部的所有点297将在尺寸上更小,以指示在图64所示的该区域中的较小螺钉和杆。用户可以通过选择另一个点来改变过渡点295。一旦认为过渡螺钉点295的位置可接受,则用户可以按压“计算杆”按钮272,这启动优选地使用以上所讨论的算法中的一个的曲线计算。一旦已经计算杆解决方案,则杆图形274借助螺钉点264、295、297填充,并且确认图形(例如,检查)可以出现在“获取螺钉”按钮224上,以指示系统10已经生成杆解决方案。如例如图65所示,图形将示出下部螺钉点处的较大5.5mm杆、上部螺钉点处的3.5mm杆以及所选过渡点295处对齐的过渡。图66中示出了用于过渡杆的示例性的一组弯曲指令。指令指导用户从3.5mm端切下30mm并从5.5mm端切下157.5mm。对两端的切割确保过渡在所选的过渡点295处对齐。

[0132] 如图67至图69所示,在一些手术过程中,将偏移连接器添加到颈椎构造可能是必要的。用户可以选择点按钮292来访问菜单。用户然后可以选择偏移连接器按钮294。用户然后可以选择点299,以将偏移连接添加到该螺钉。显示器将把偏移连接器301指示为连接所选点与偏移点303的线。偏移点可以使用方向箭头来调节。如例如图68所示,显示器将指示所选点与偏移点之间的距离。一旦对所调节点满意,则用户可以选择“计算杆”272。一旦已经选择“计算杆”272,则系统10生成曲线穿过所调节点的杆274,从而创建如图69所示的偏移特定杆。

[0133] 从以上所讨论的特征中的一个或多个,一旦用户已经选择期望的杆解决方案,那么用户使用像例如图70中描绘的实施方式的机械杆弯曲机18来执行弯曲。预期机械杆弯曲机18可以为随着将弯曲实现到脊柱杆上而将六个自由度信息考虑在内的任何弯曲机。通过示例的方式,根据一个实施方案,机械杆弯曲机18可以为在2011年6月7日取得专利权的、标题为“System and Device for Designing and Forming a Surgical Implant”的美国第7,957,831号公共所有专利(在此通过引用的方式将该专利的公开犹如在此处全文阐述地并入)中描述的弯曲机。根据第二实施方案,机械杆弯曲机18可以为图65所示的弯曲机。第一杆1106和第二杆1110被示出为是被设计为手动抓住杆1106的杆手柄1108和用于将杆1110保持在静止位置中的基座1112。第二杆1110具有杆通过部1114,使得可以将无限长的

杆稳定地用作在利用杆弯曲装置18进行的弯曲过程期间的杆。用户抓住手柄1108并打开它,以通过在角规1132上拾取一个角度并闭合手柄1108使得杆1106、1110一起更靠近来弯曲特定杆。其他实施方式中的机械杆弯曲机18可以被产生为还在手柄打开移动期间弯曲杆。杆借助心轴1118并在移动模具1120与固定模具1122之间移动。杆在两个模具1120、1122之间弯曲。弯曲机18上的量规允许用户操纵杆,以便确定弯曲位置、弯曲角以及弯曲旋转。杆通过筒夹1126保持在适当的位置。通过沿着底座1112使滑动块1128滑动,可以在机械杆弯曲机18内近端和远端地移动杆。位置可以以沿着底座1112的规则区间通过点击停止部1130来测量。各点击停止部1130是沿着底座1112的已测量距离,由此,移动特定数量的点击停止部1130给予人用于定位杆弯曲的精确位置。

[0134] 弯曲角通过使用角规1132来测量。角规1132具有以特定间隔隔开的棘齿1116。各棘轮停止部随着打开和闭合手柄1106表示关于特定弯曲角规1132的五度的弯曲角。应理解,各棘轮停止部可以表示任何合适角度的增量(例如,在0.25度至10度之间)。弯曲旋转受筒夹旋钮1134控制。通过顺时针或逆时针旋转筒夹旋钮1134,用户可以设置特定旋转角。筒夹旋钮1134标记有规则间隔缺口1136,但该特定实施方式可持续旋转,由此具有无限设置。一旦用户旋转旋钮1134,则用户可以将旋钮1134设置在特定标记处或在其之间等,以高精度地确定特定角旋转。另外,基座1112可以具有沿着其长度的标尺1138,以辅助用户在术中测量杆。

[0135] 根据另一个实施方案,杆弯曲机18可以为自动调节杆的位置、旋转以及弯曲角的气动或马达驱动装置。通过示例的方式,三个马达可以用于各运动。线性平移马达将使杆移入和移出心轴1118并移动模具1120。一个旋转马达将使杆和移动模具1120旋转。弯曲计算可以转换成界面程序,该程序将运行对马达供电并控制马达。自动化弯曲机将降低遵循手动弯曲指令时的用户错误的可能性。它还将提高可以在杆中给予的弯曲的分辨率或数量,这制成更平滑外观的杆。

[0136] 用于整体对齐的方法

[0137] 图71中的流程图提供了用于更整体对齐的脊柱的、用于测量、计划并生成杆弯曲指令的示例性方法的概览。简要地,根据一个实施方式,获取脊柱的一个或多个术前图像(步骤1200)。使用计划软件和界面,用户输入图像并测量术前脊柱参数,这些参数可以包括胸腰椎区域中的PI、LL、上部LL、下部LL、C7PL以及TK、和颈椎区域中的CL、 Δ CL、TS、CSVA以及CBVA(步骤1201)。用户计划包括确定用于整体对齐脊柱的最佳脊柱参数的、矫正缺陷的手术介入(步骤1204)。如果用户对手术计划满意,则保存所计划的脊柱参数值。在患者准备手术时,将术前和所计划的脊柱值输入到系统10中(步骤1206)。外科医生将手术计划用作关于适当植入物和螺钉和/或板的放置的指南来执行脊柱手术,以矫正缺陷。在手术期间,用户可以采用神经监测系统。在手术期间的任何点,但通常在植入物的放置和/或用于杆稳定的螺钉或钩的插入之后,用户将获取脊柱的术中图像并测量在术前计划期间取得的脊柱参数(步骤1208)。脊柱参数的测量将关于患者对齐的当前状态通知外科医生,提供与术前畸形和/或所计划矫正的比较(步骤1210)。如果术中手术参数与非病理范围不同或如果它们与所计划值不同,则外科医生可以开始进行例如包括更换植入物的矫正措施。外科医生可以进行脊柱参数的另外术中评定,直到脊柱被对齐为外科医生满意为止(步骤1208)。用户然后测量用于放置杆的各个螺钉的位置(步骤1212)。用户可以对螺钉的位置进行手动调

节,以矫正放置,并且引入另外的前凸或后凸,或矫正其他的脊柱不对齐。将理解,可以重复对齐的术中测量和对植入物和螺钉的矫正调节,直到已经实现期望的对齐度为止。

[0138] 一旦外科医生满意在手术软件中螺钉被合适放置并定位,则可以生成杆弯曲指令(步骤1214)。杆弯曲指令作为用于使用机械弯曲机使杆弯曲的模板(步骤1214)。在已经形成被合适弯曲的杆时,将杆植入患者中,并将其通过一组螺钉固定到螺钉中。如果期望,则外科医生可以可选地执行脊柱对齐的另外术中评定来确认脊柱手术已经将脊柱的畸形矫正到期望或可能的程度,并且已经恢复患者的脊柱对齐。在外科医生对对齐满意时,完成手术。

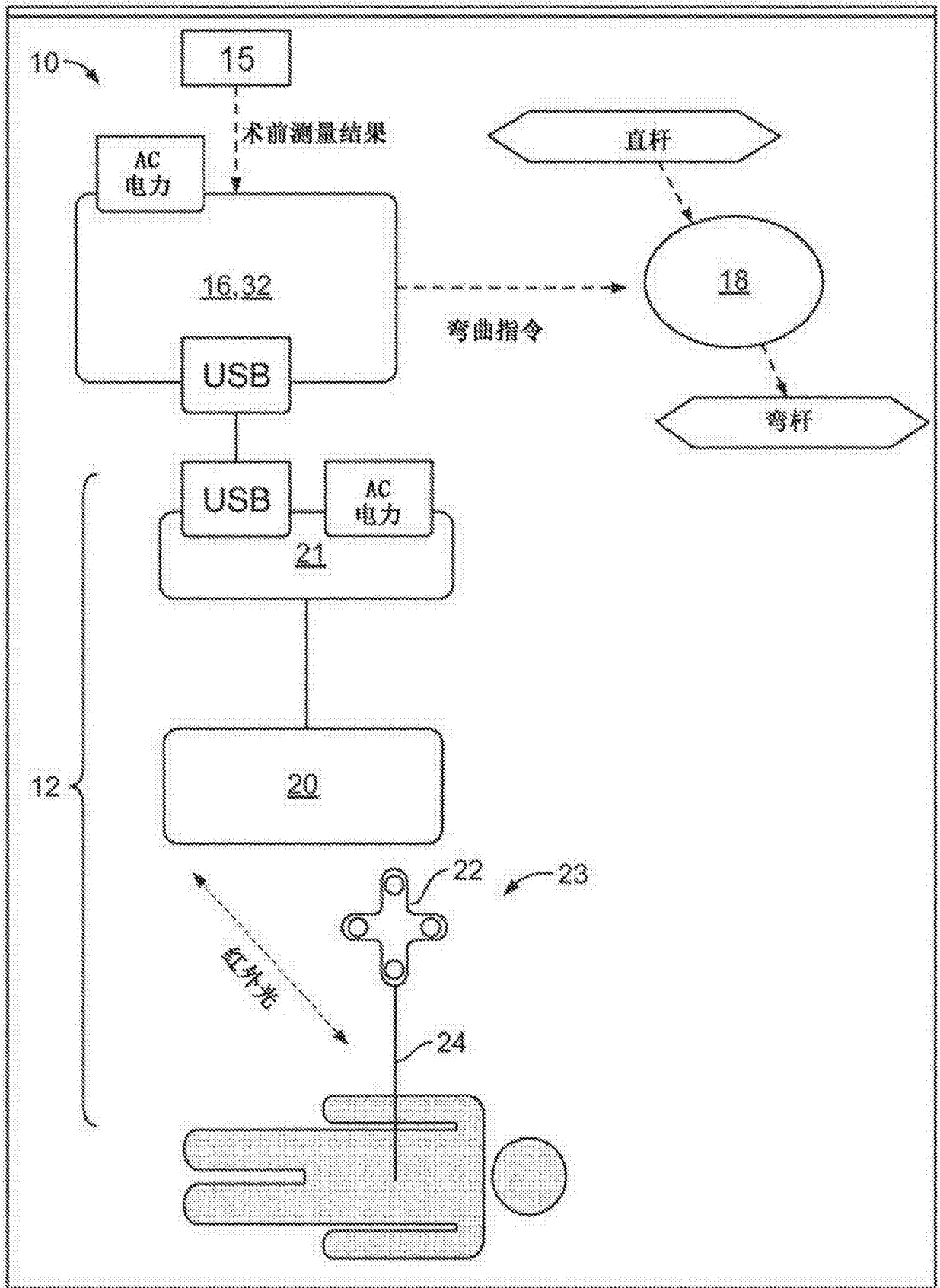


图1

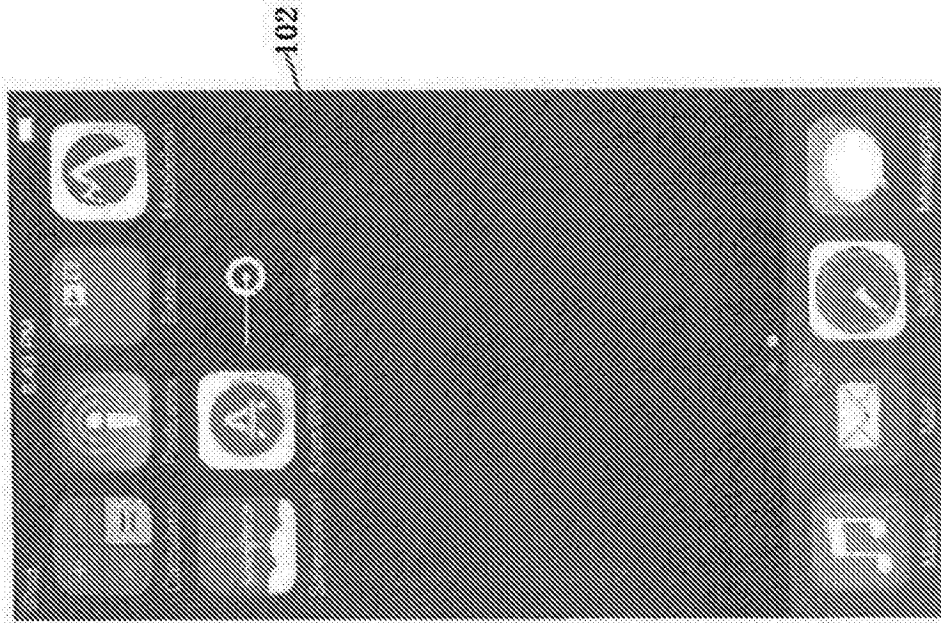


图2

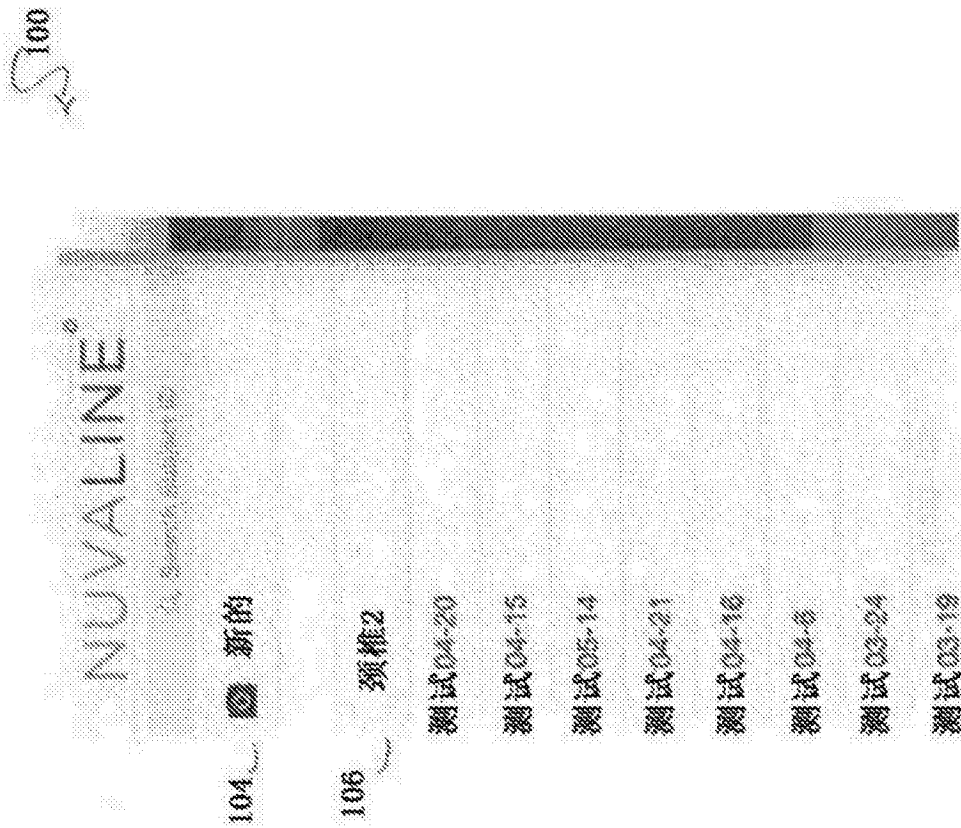


图3

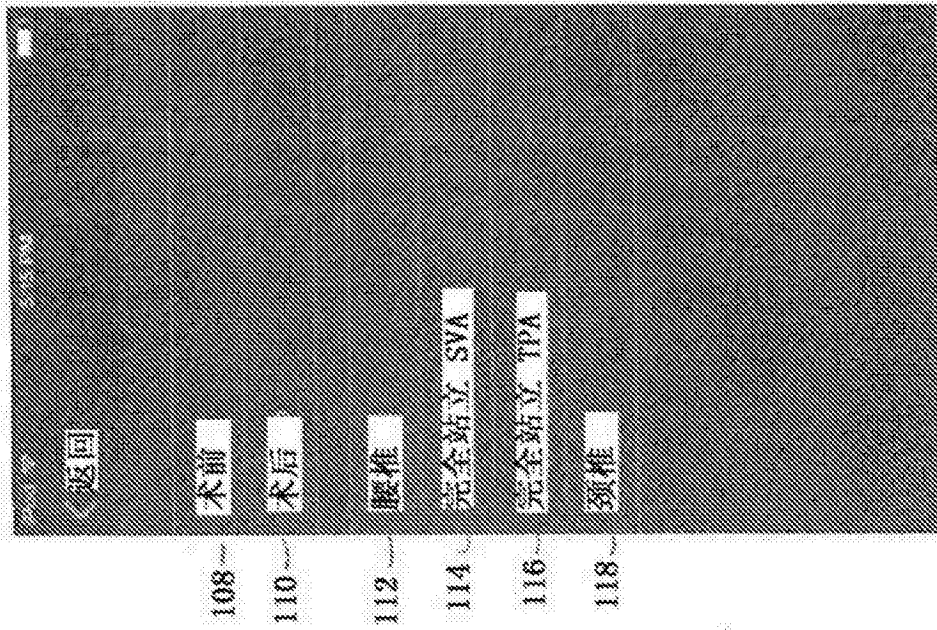


图4

100

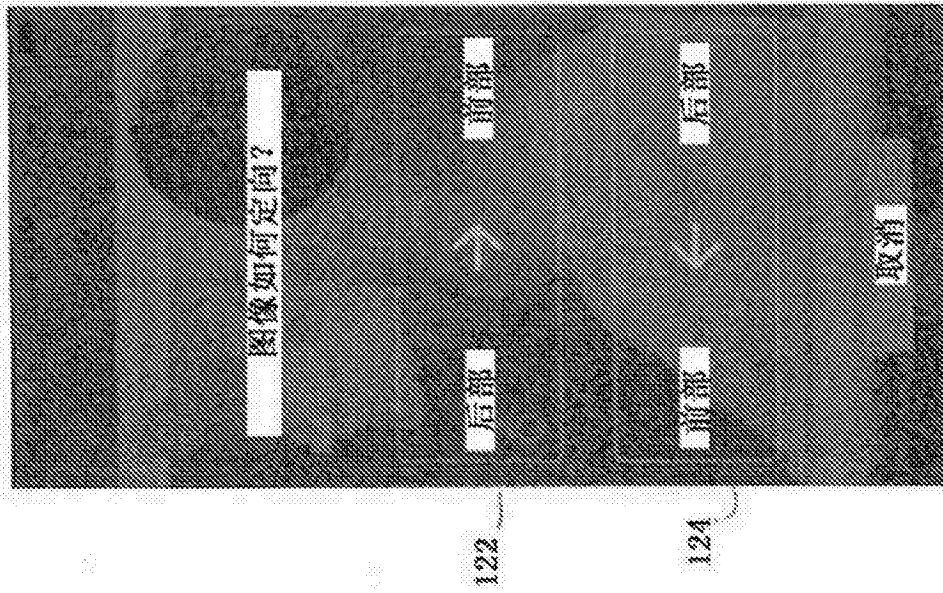


图5

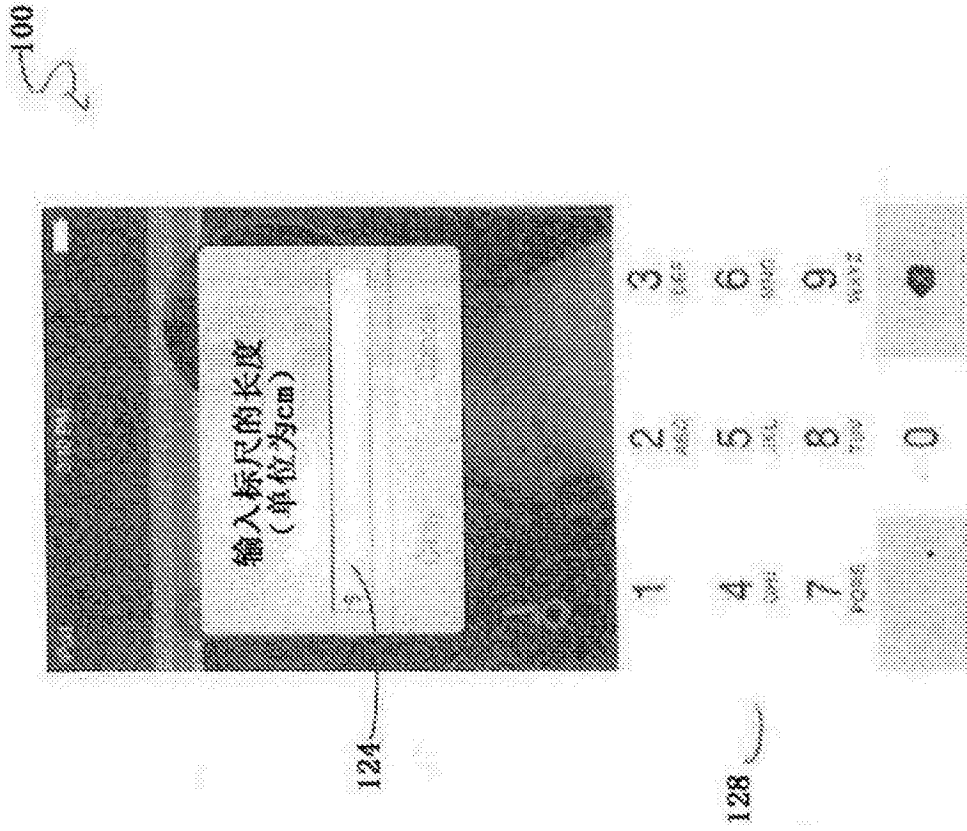


图6

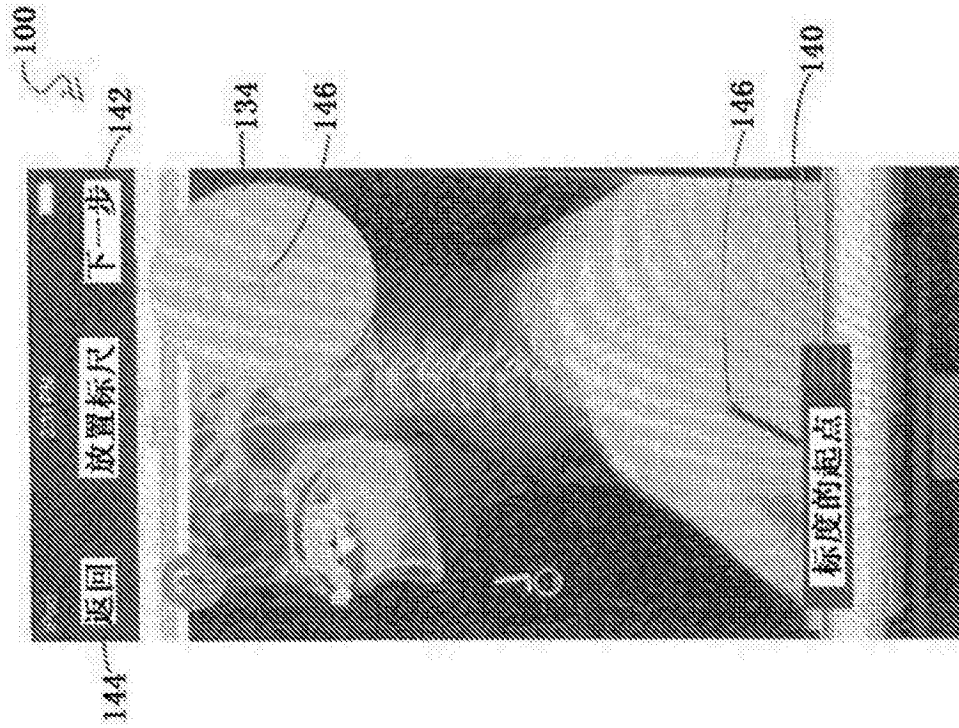


图7

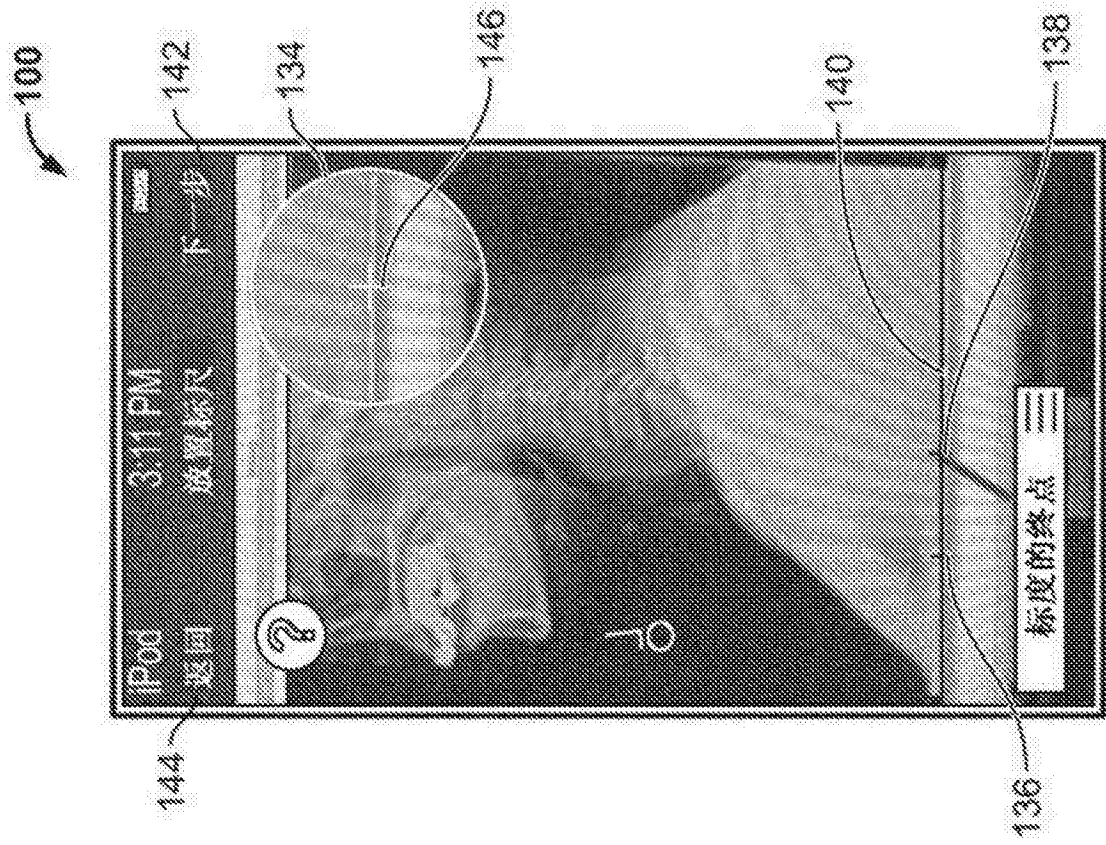


图8

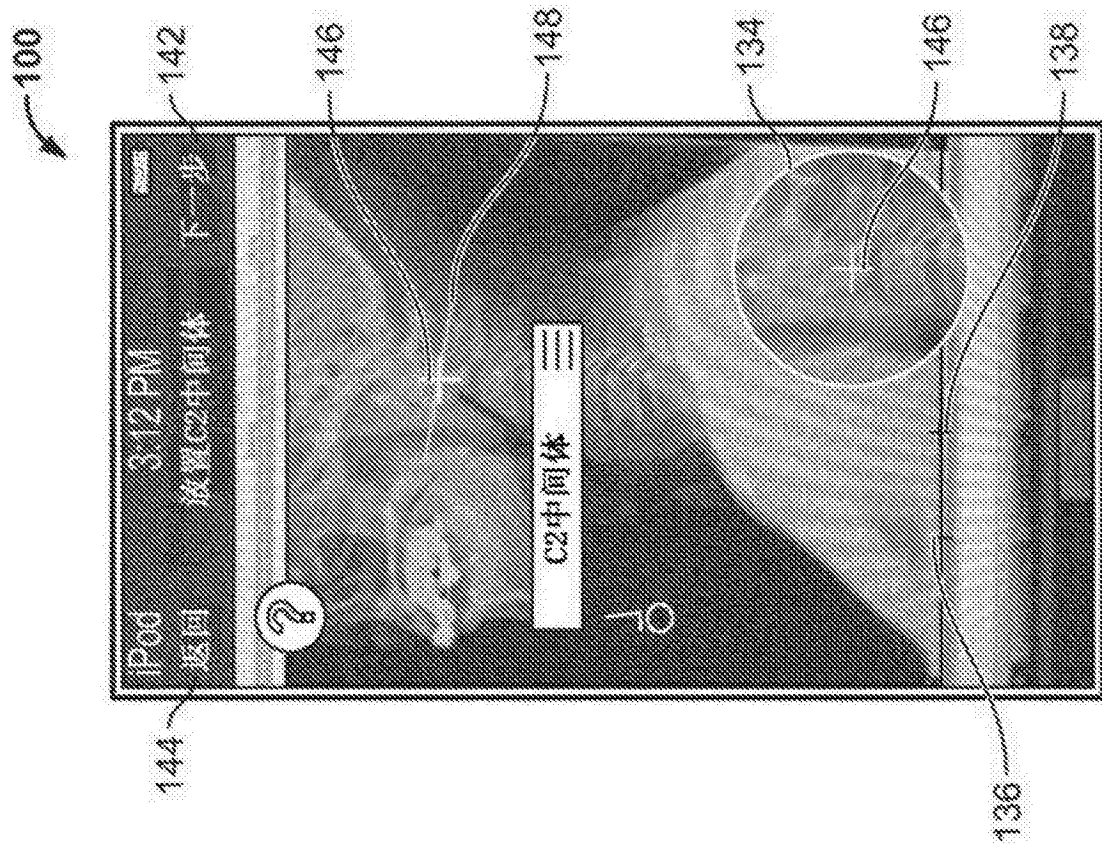


图10

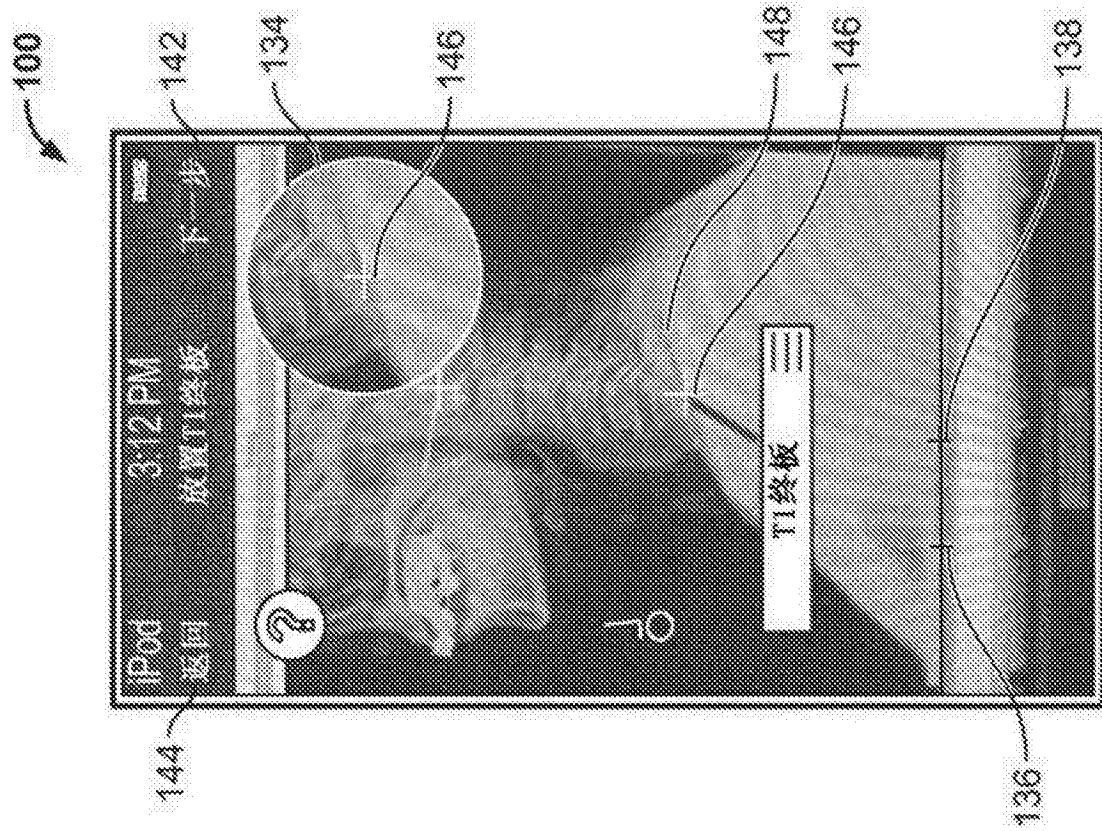


图11

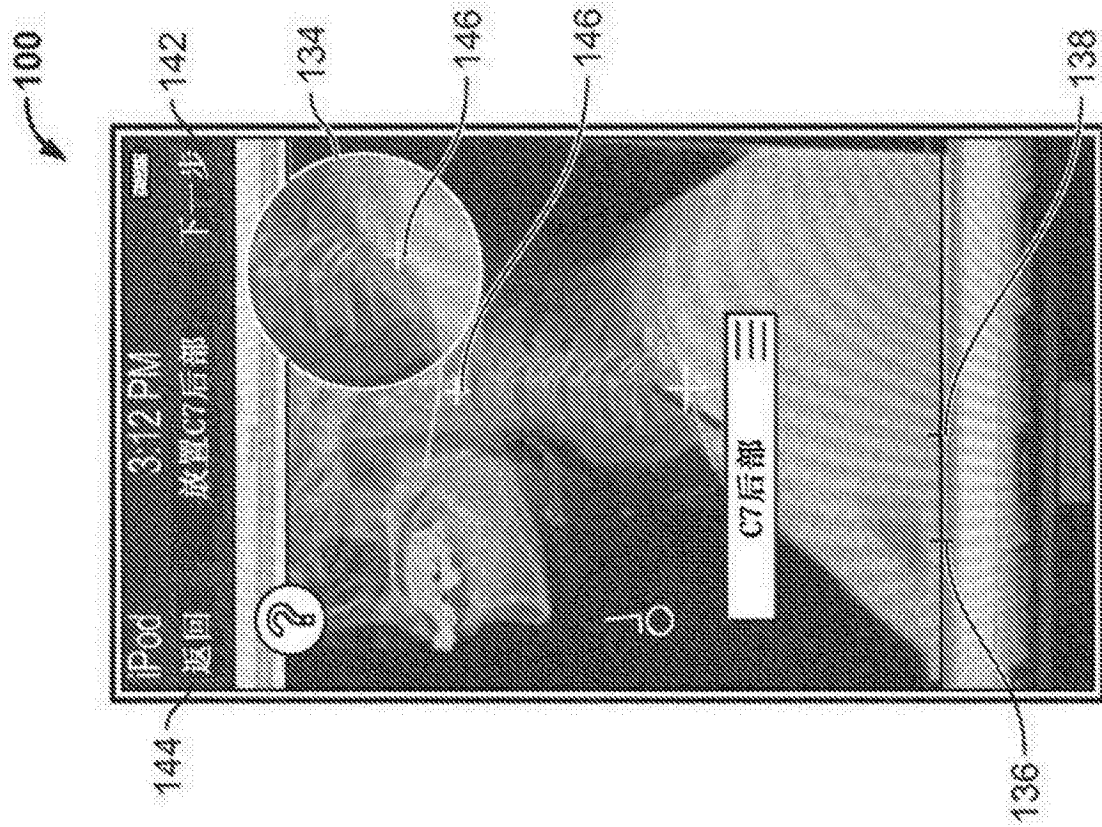


图12

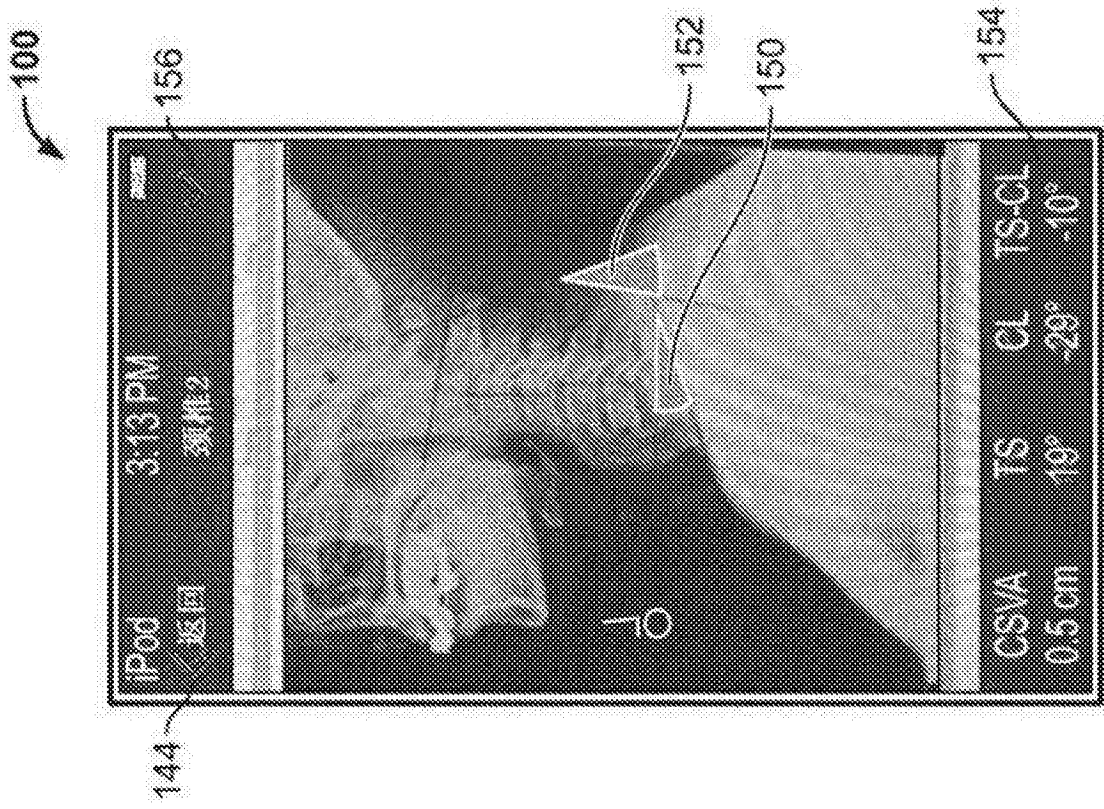


图13

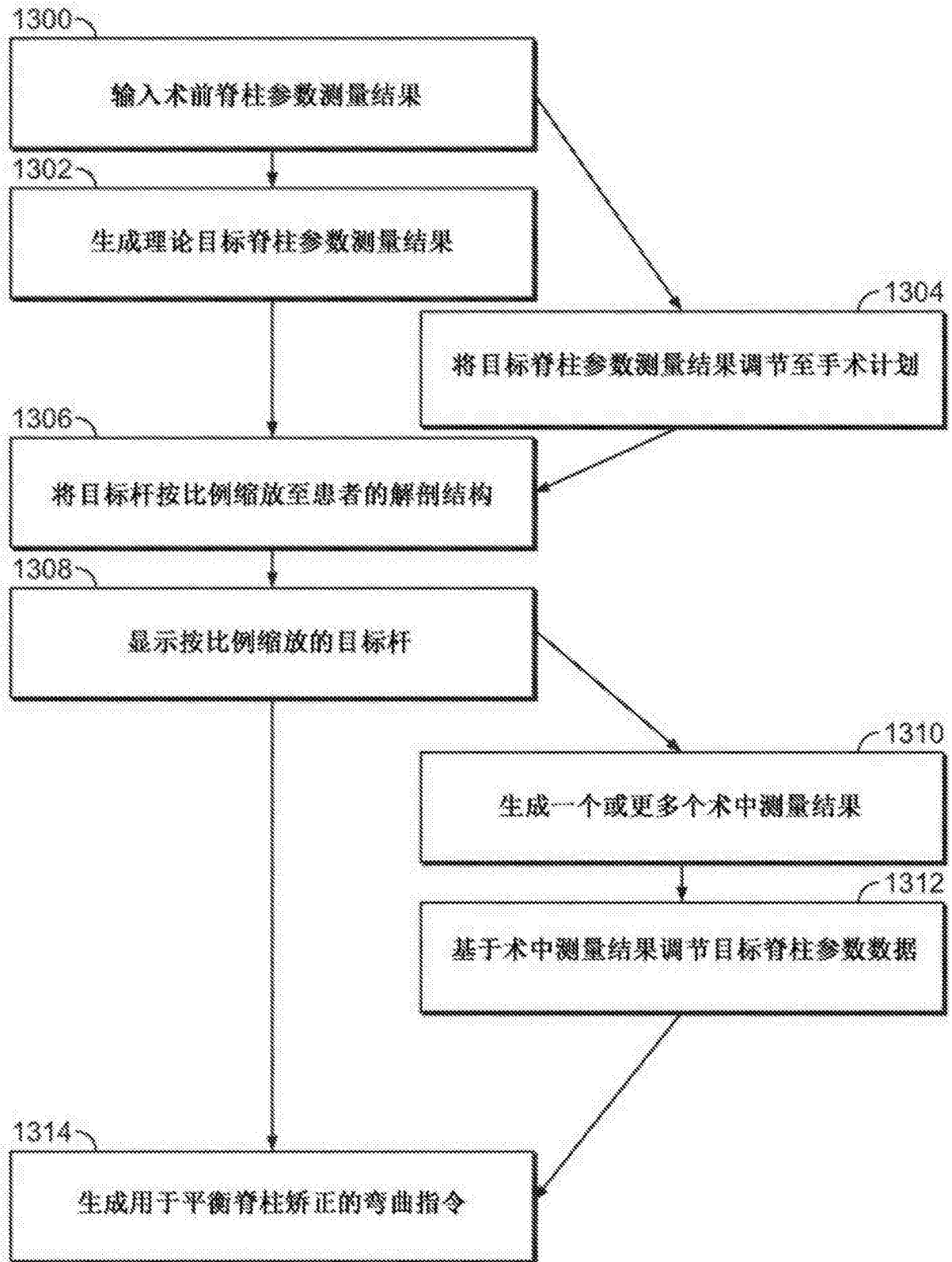


图14

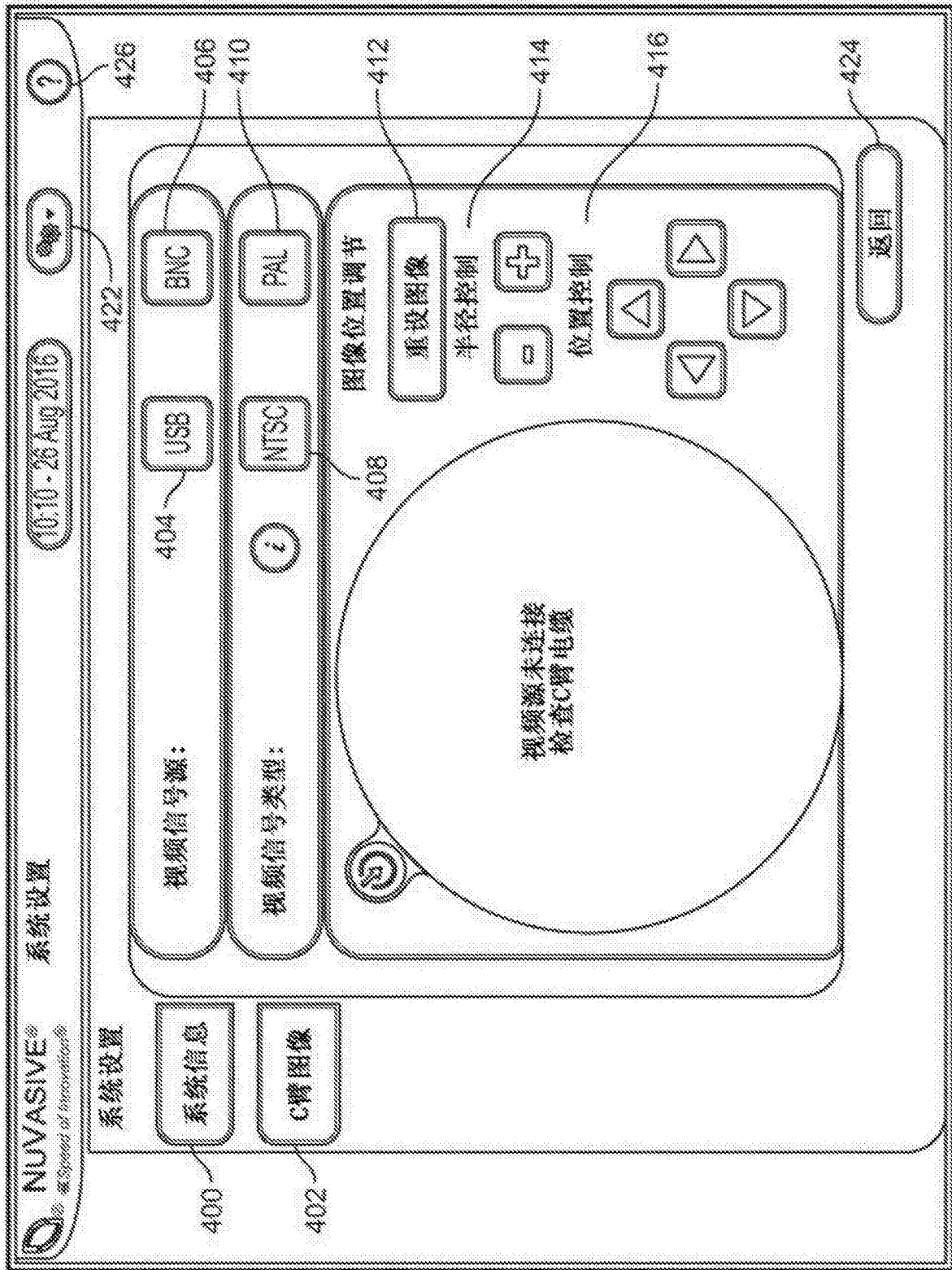


图15

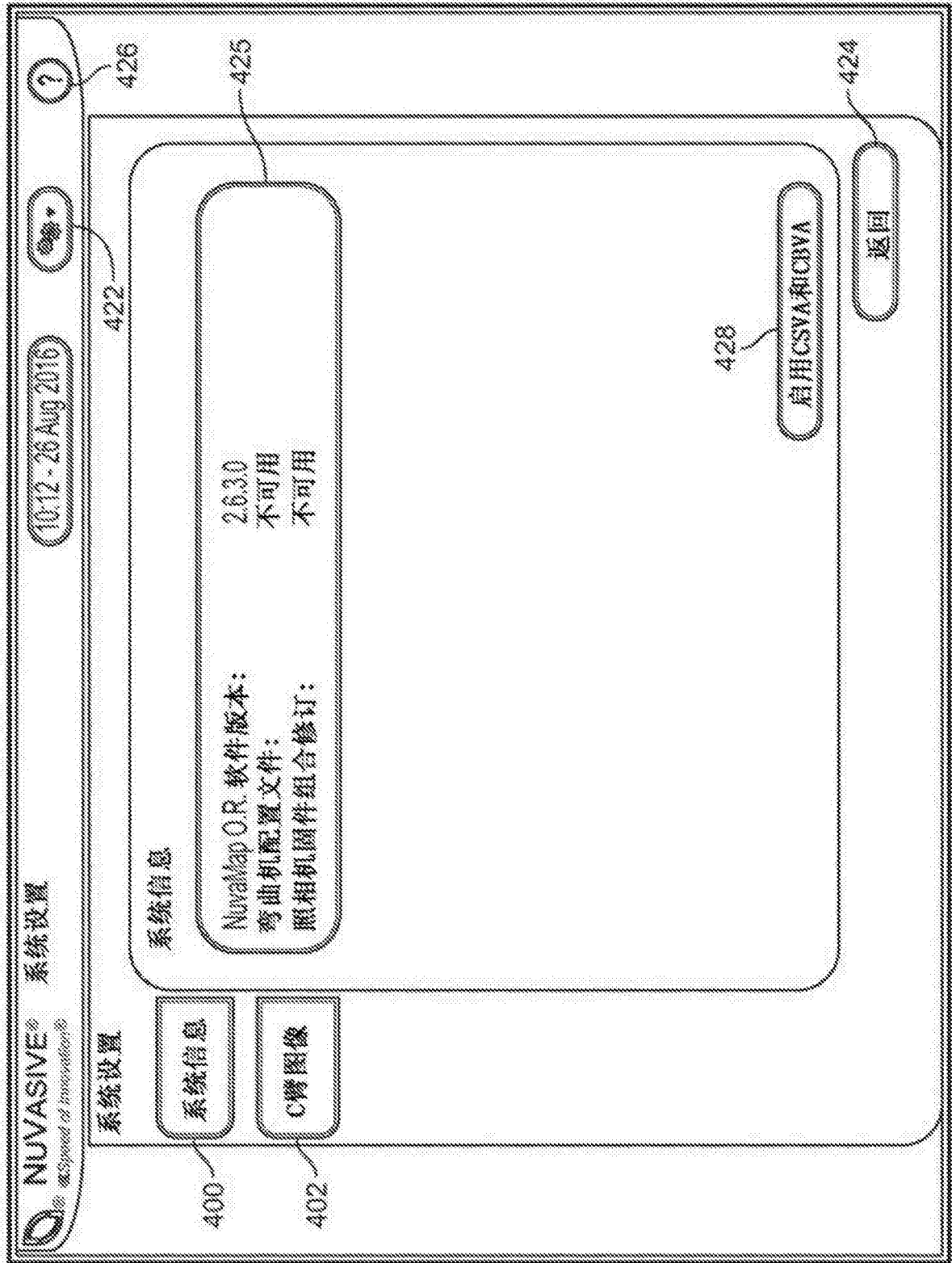


图16

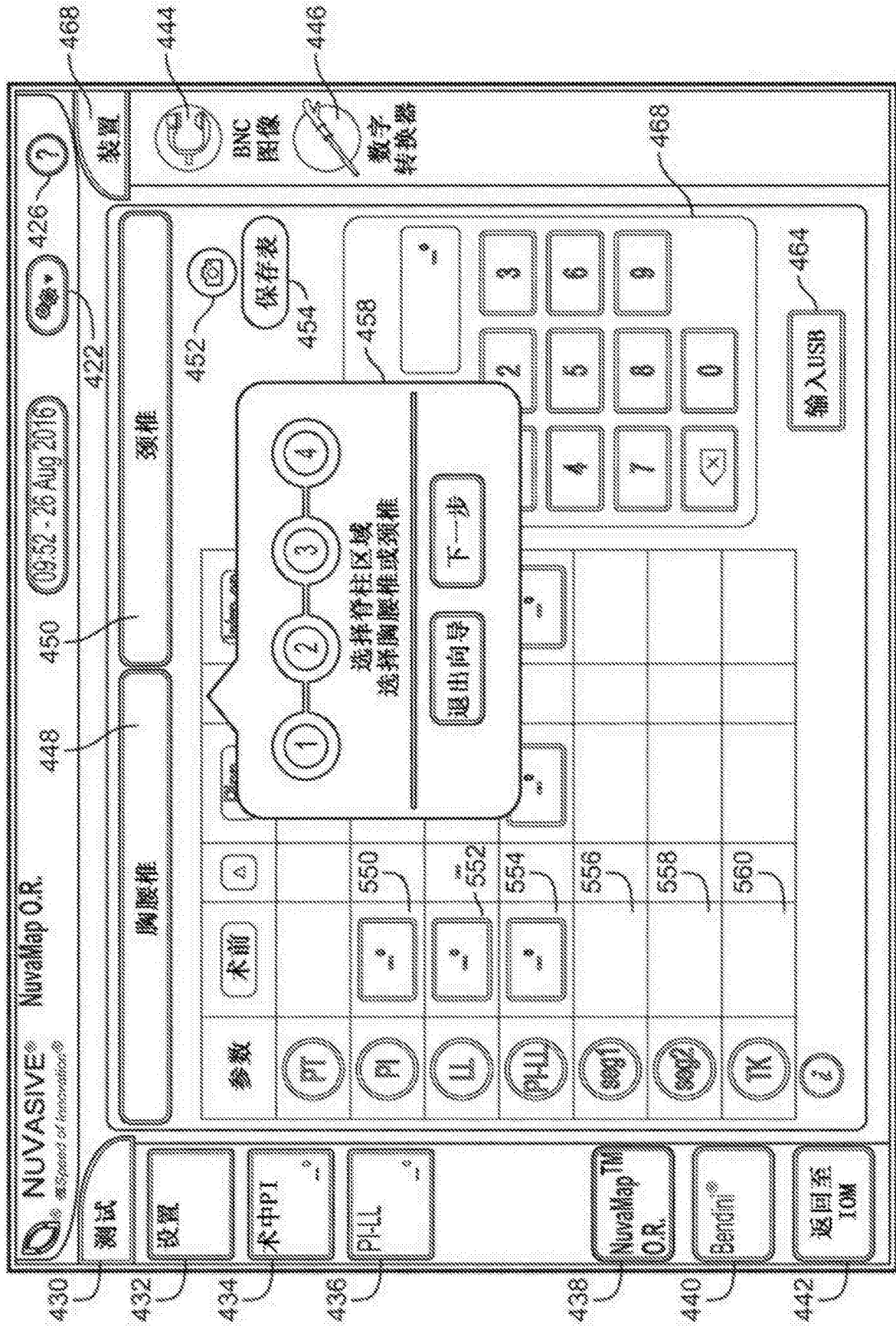


图17

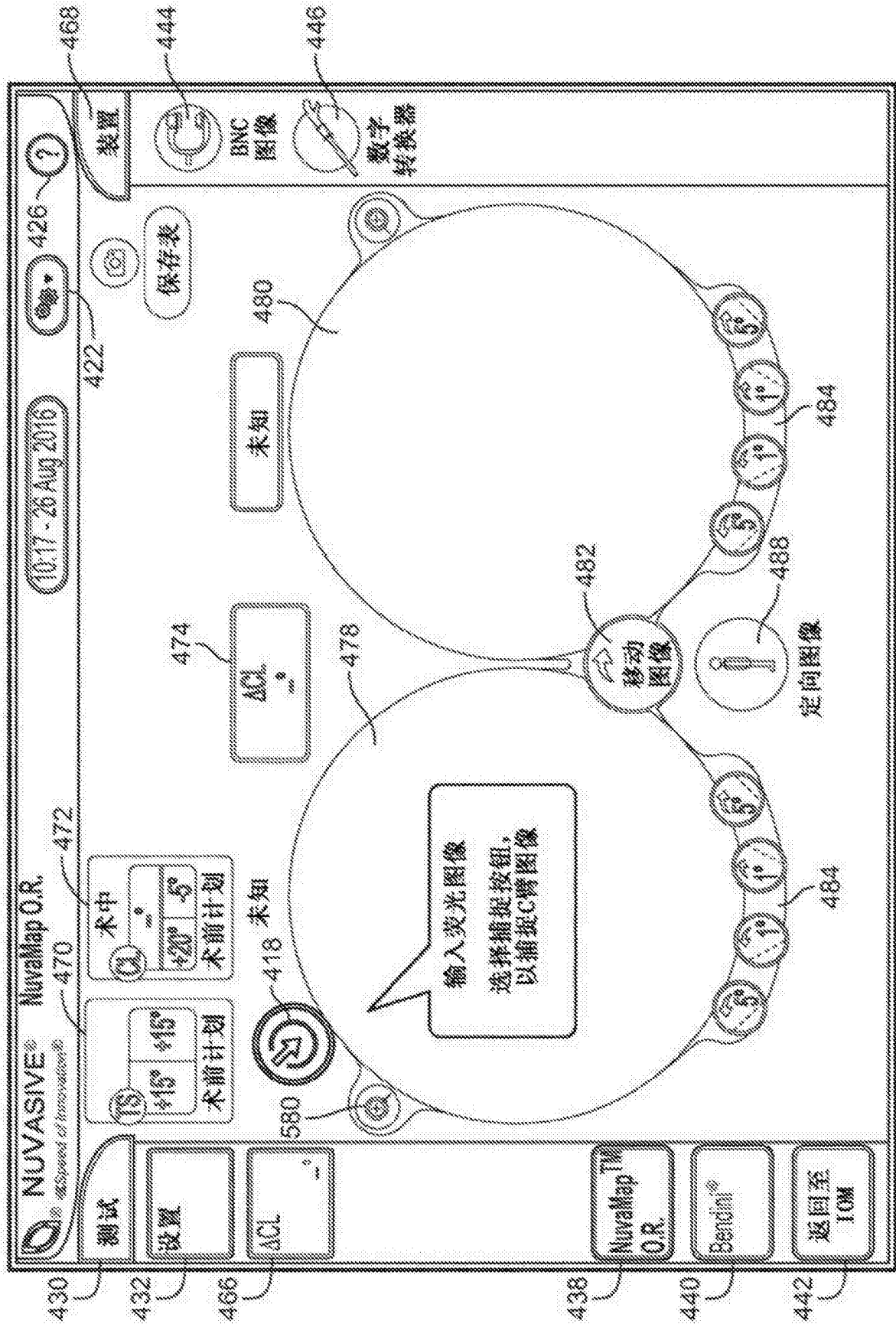


图18

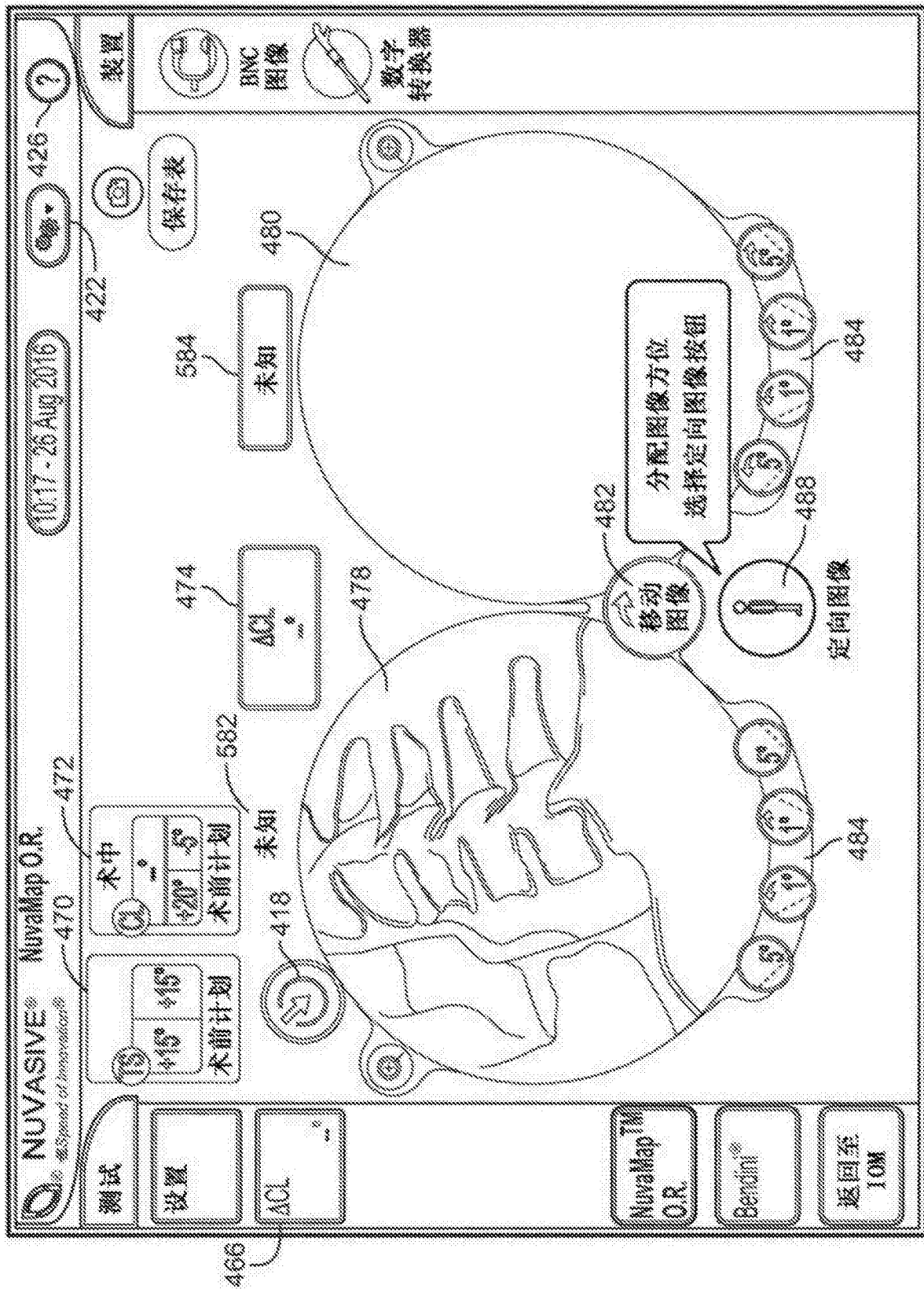


图19

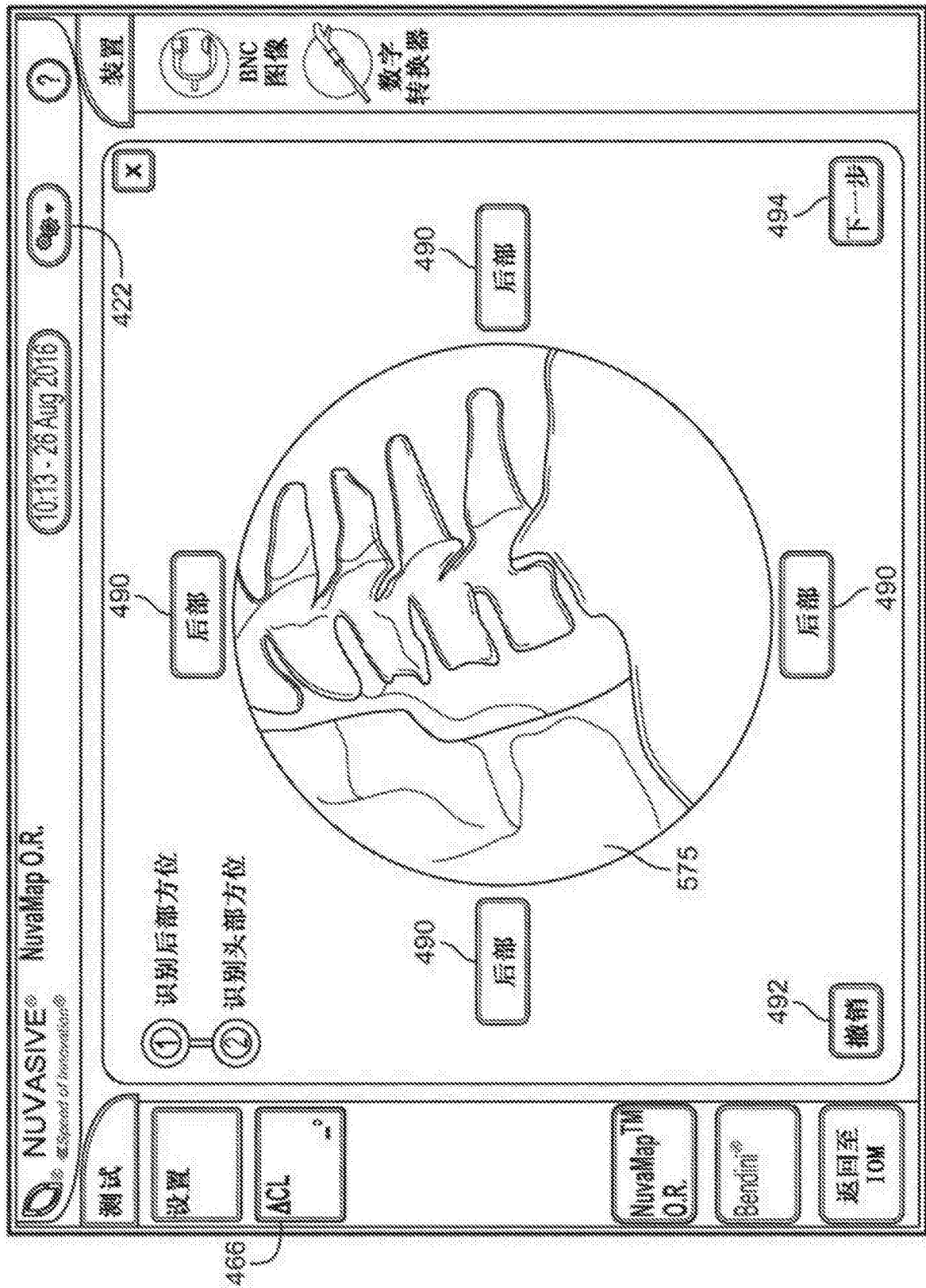


图20

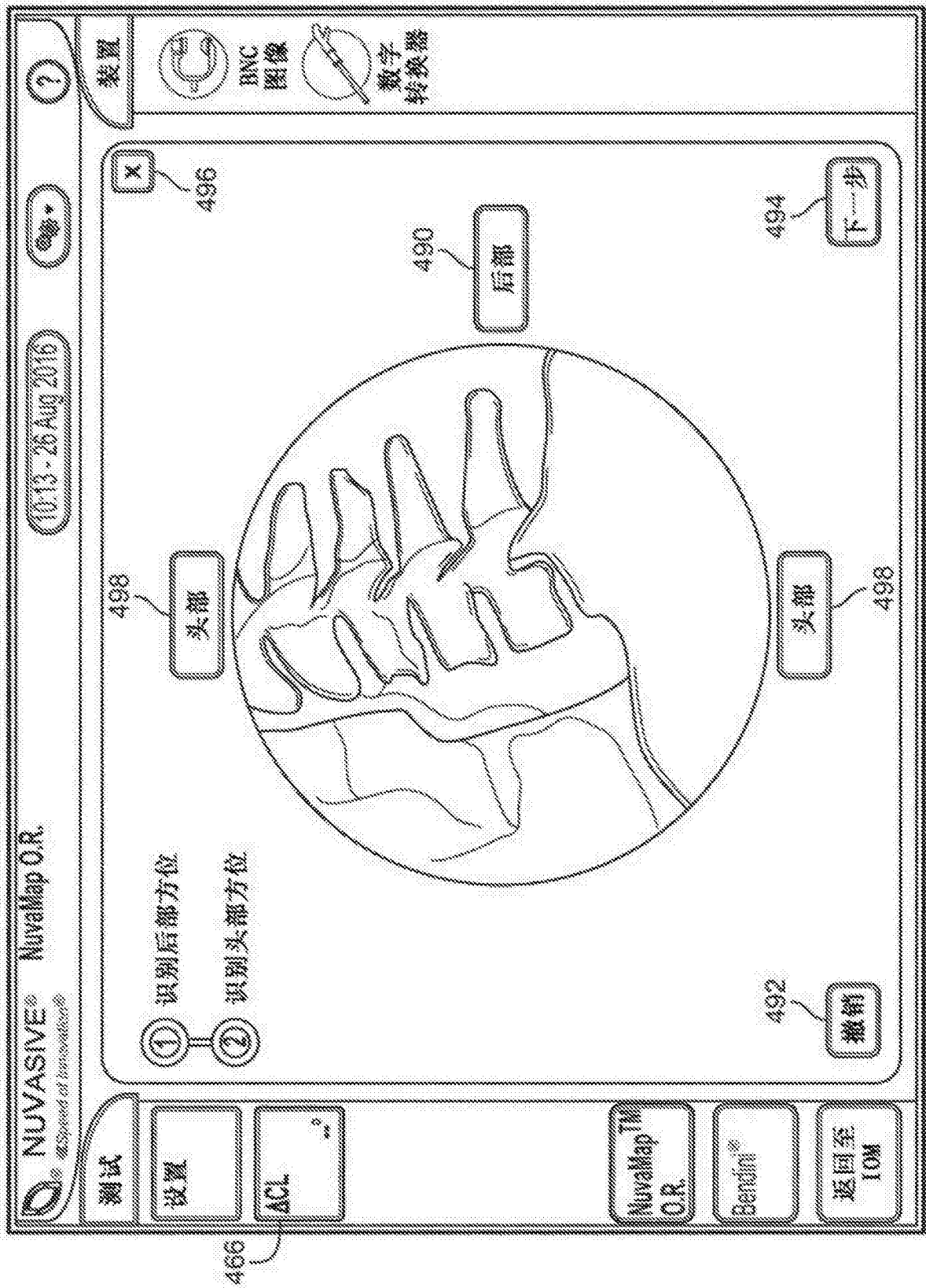


图21

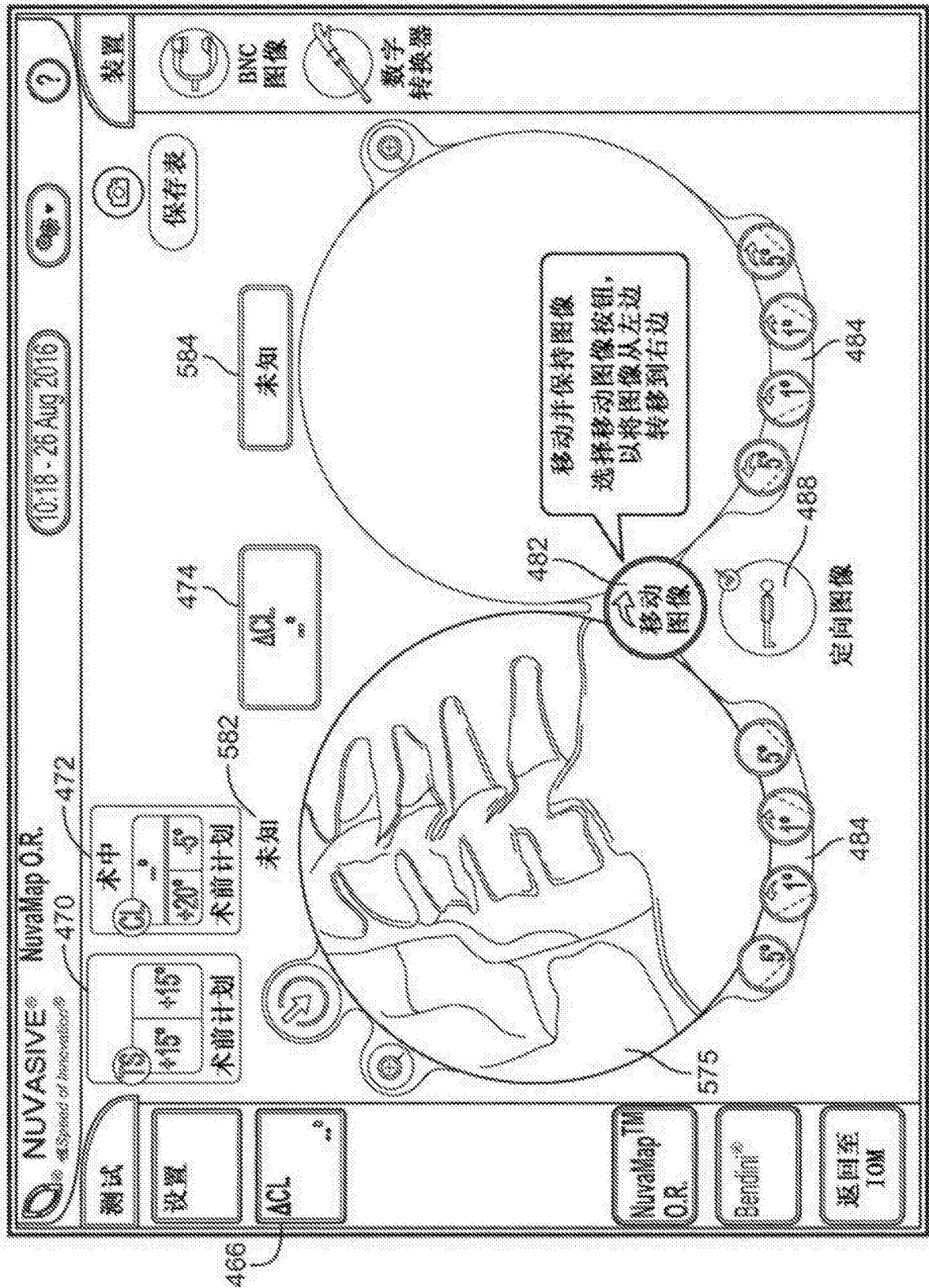


图22

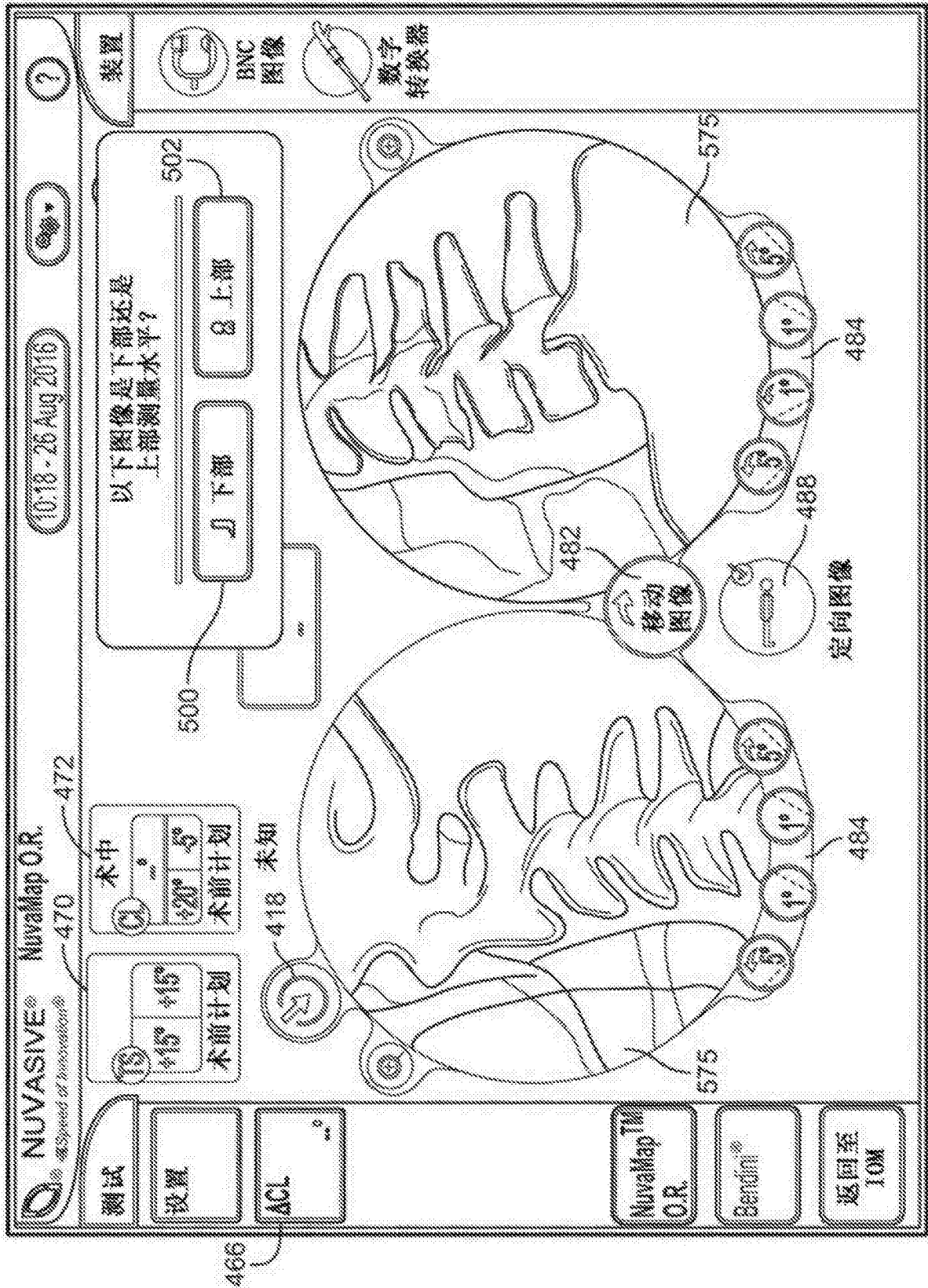


图23

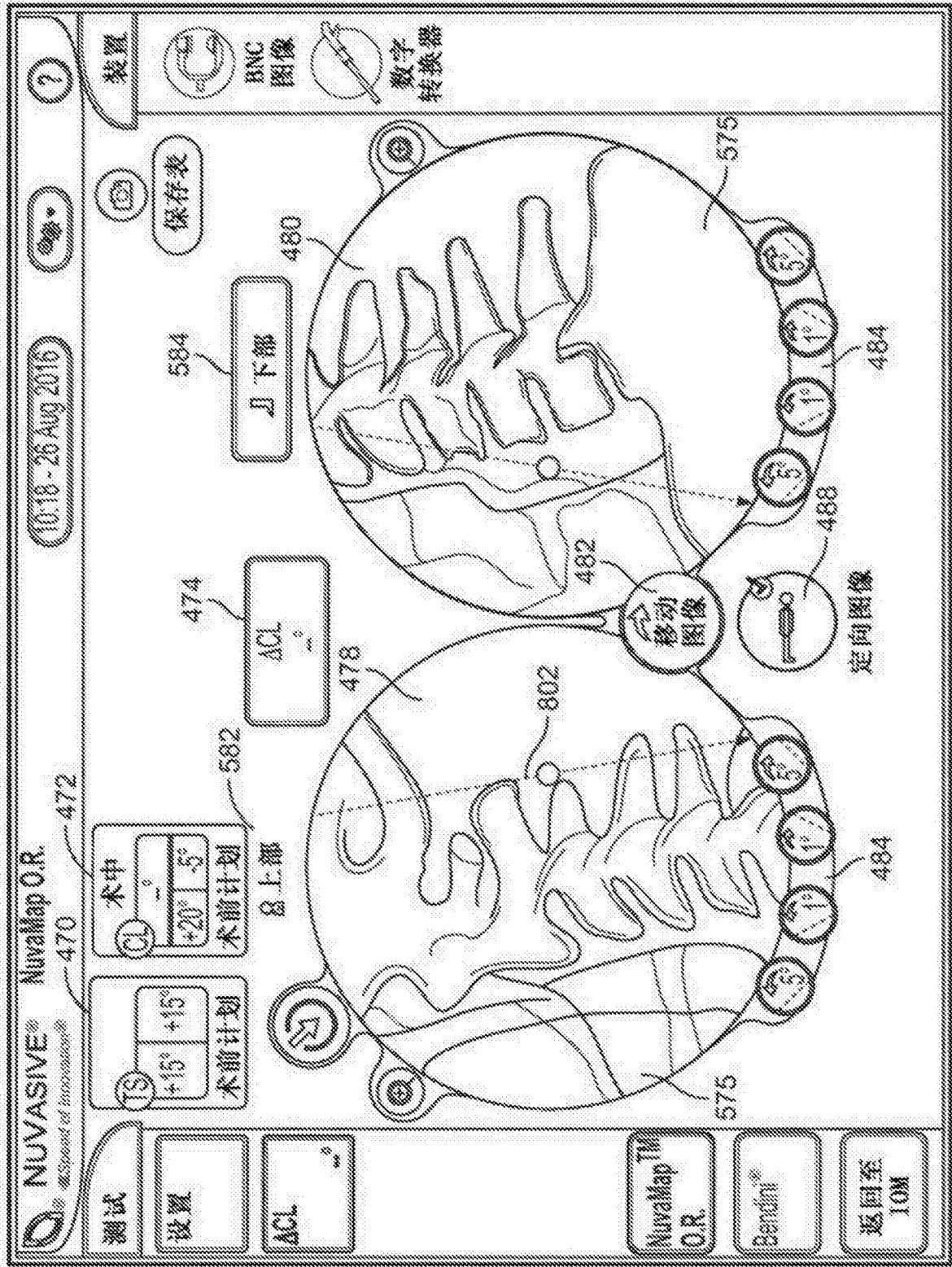


图24

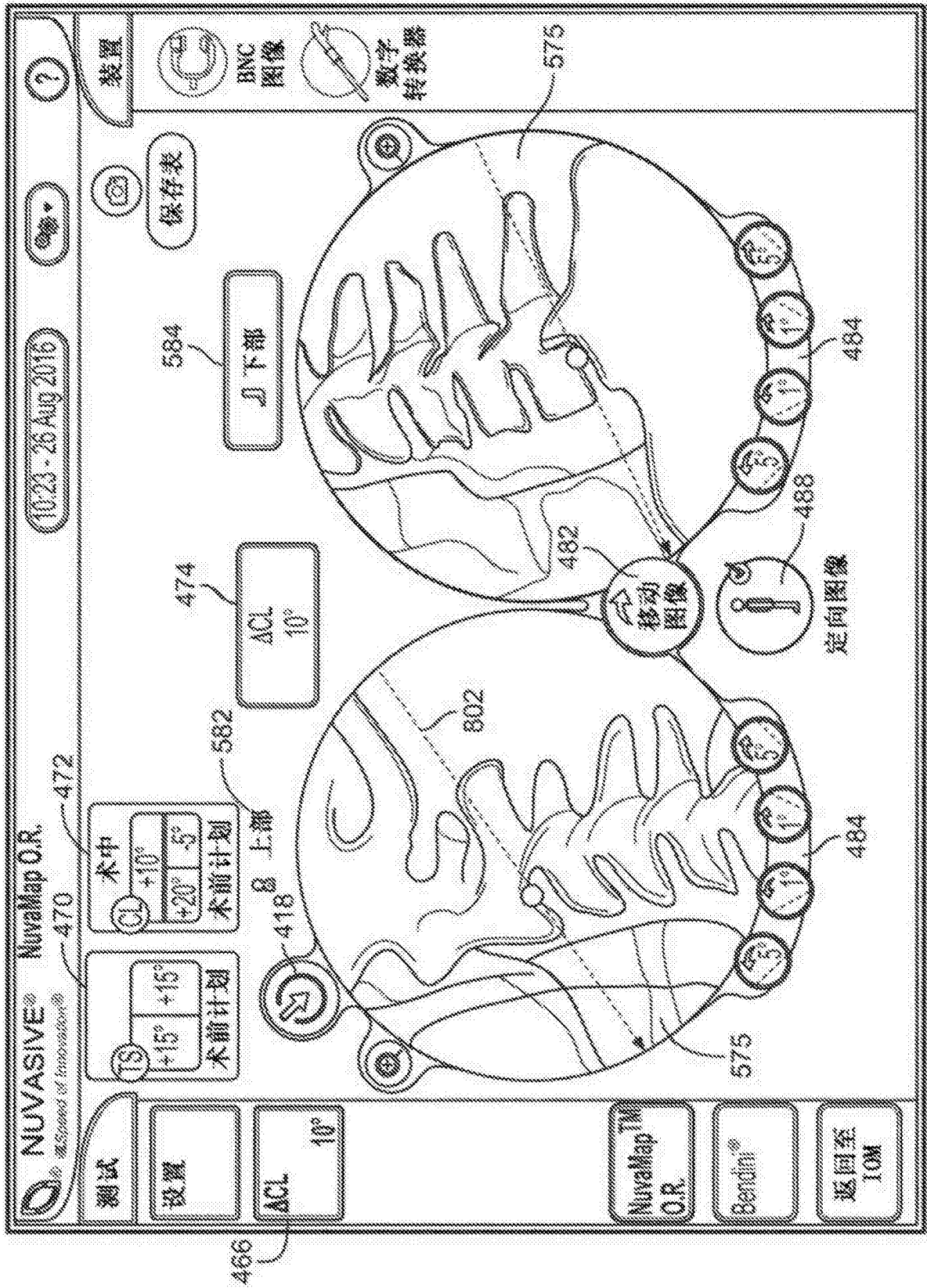


图25

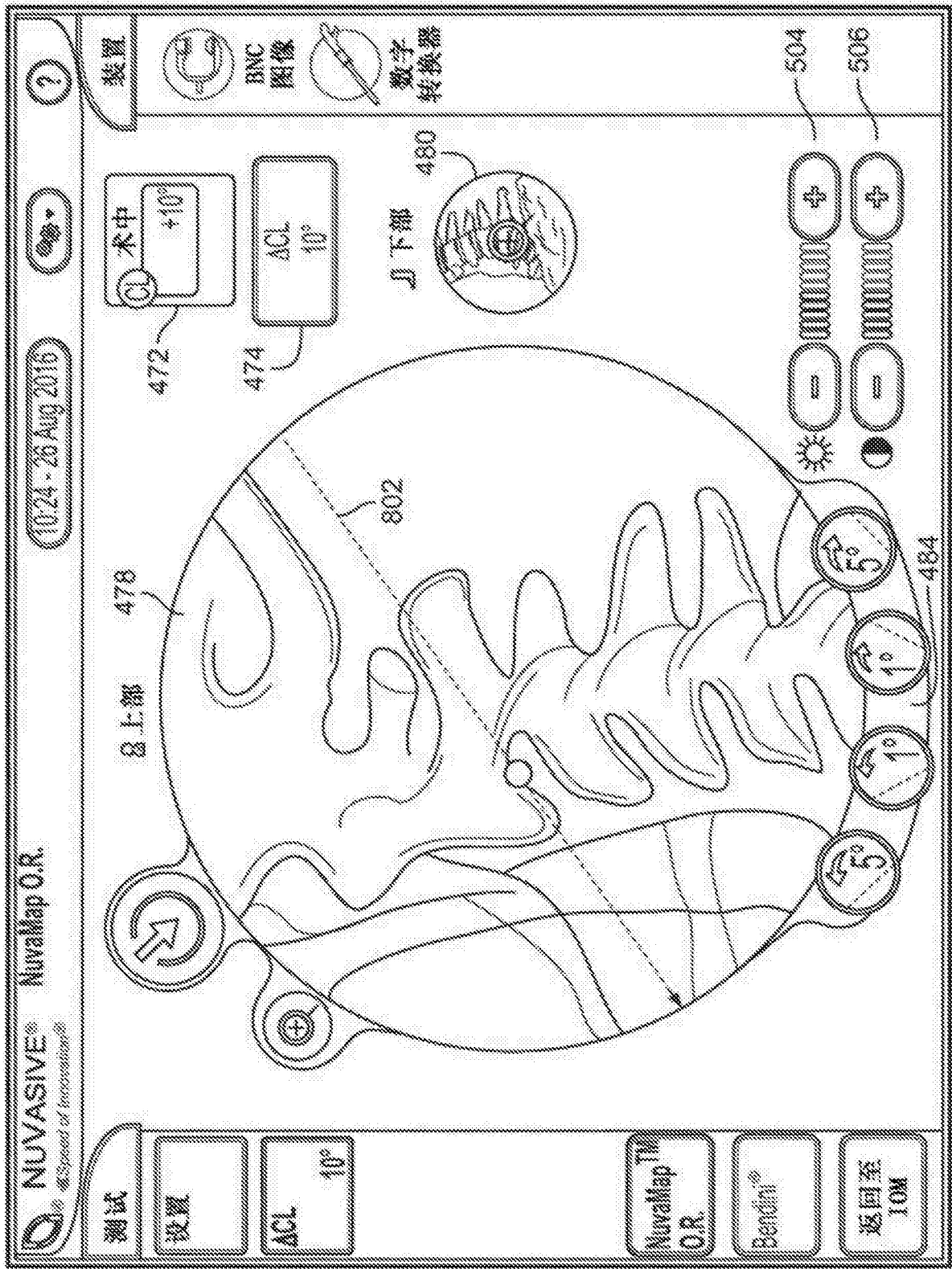


图26

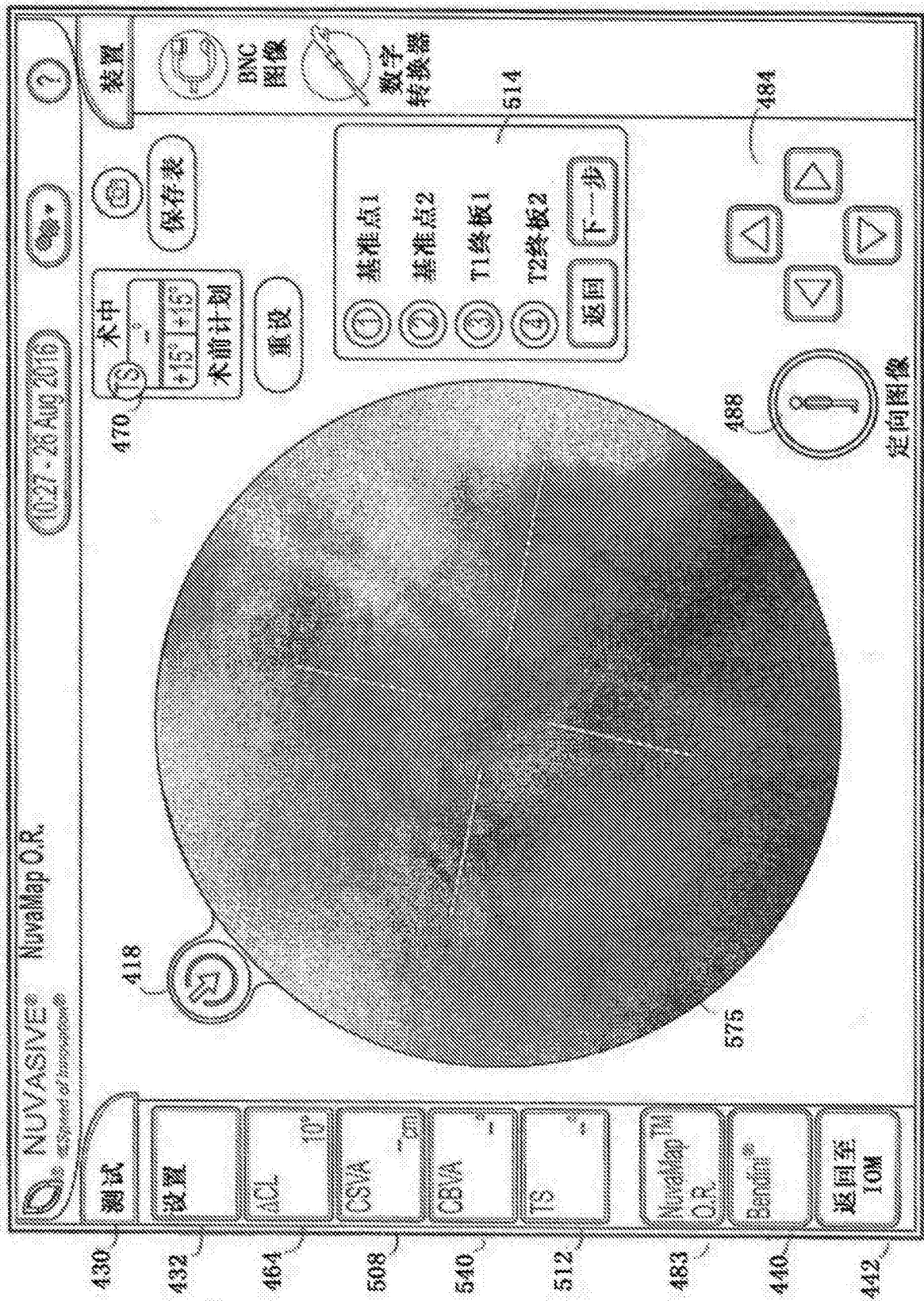


图27

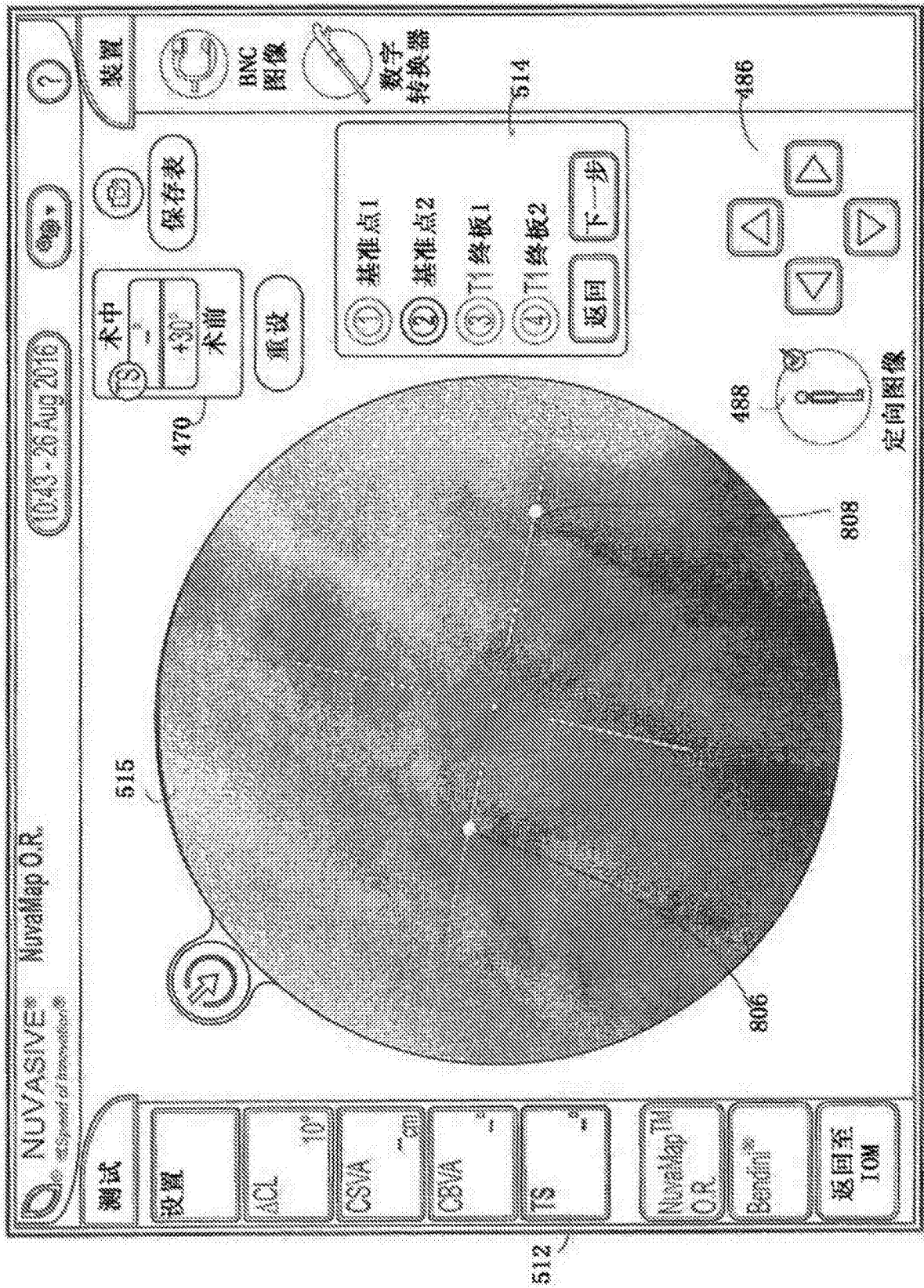


图28

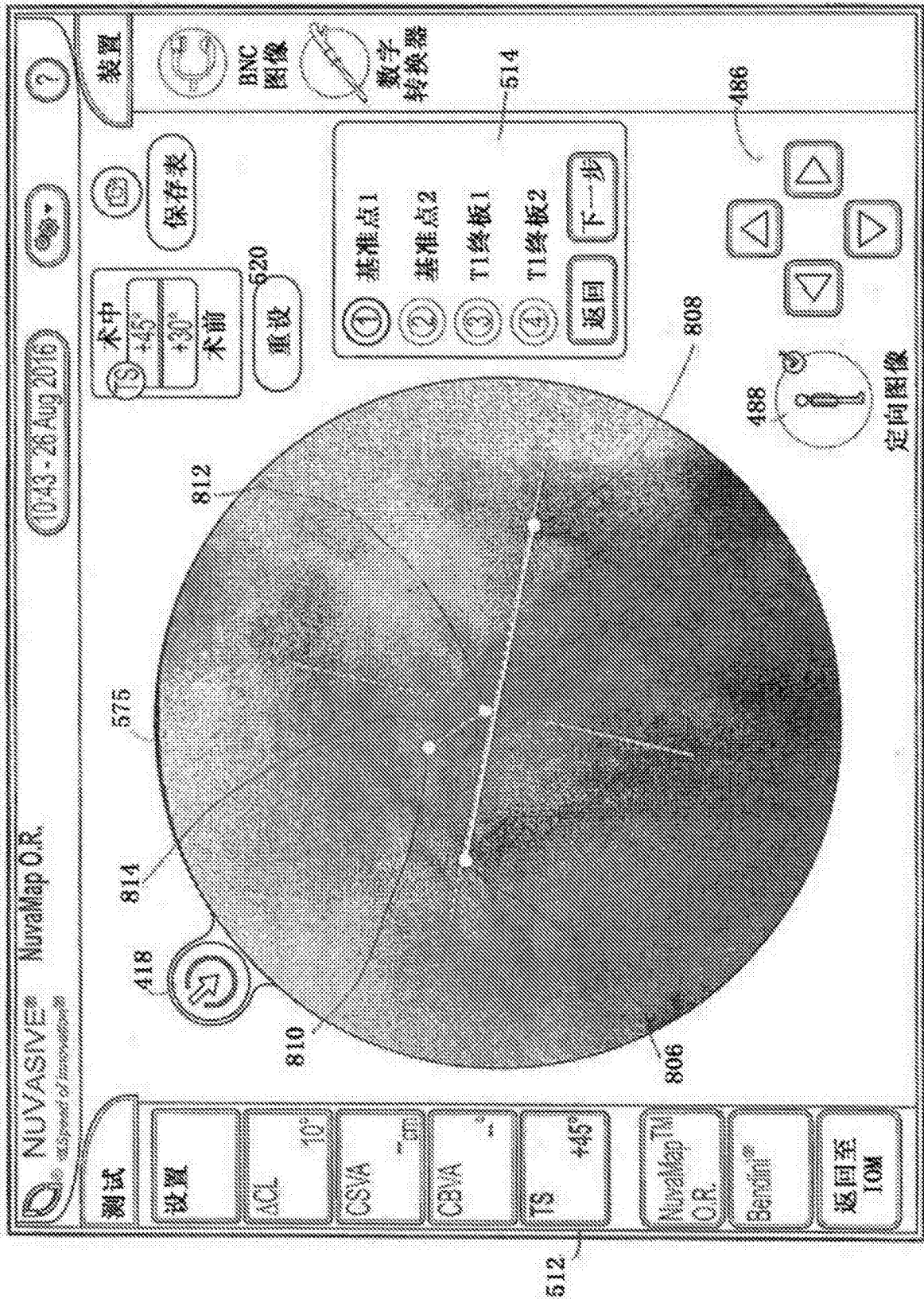


图29

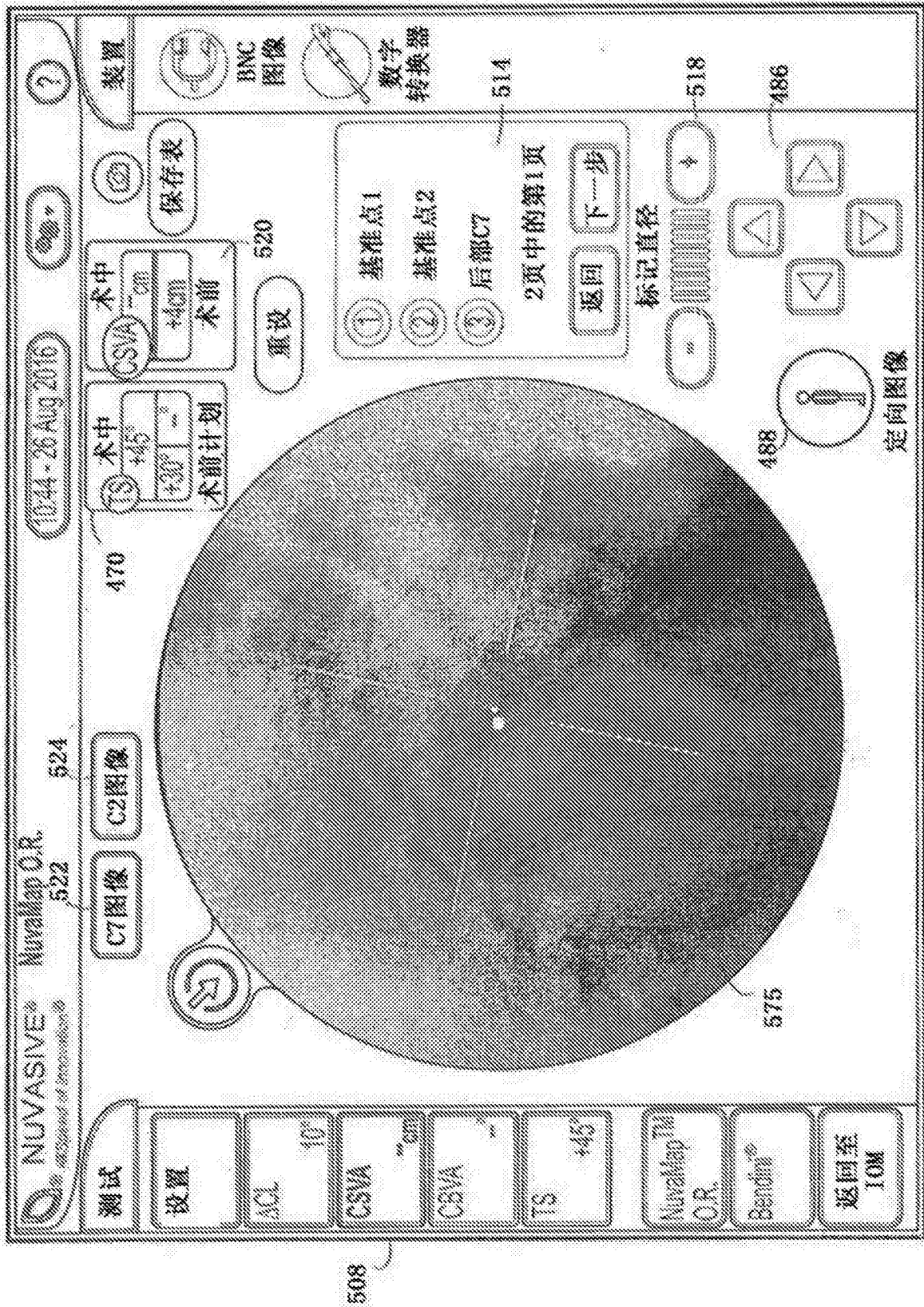


图30

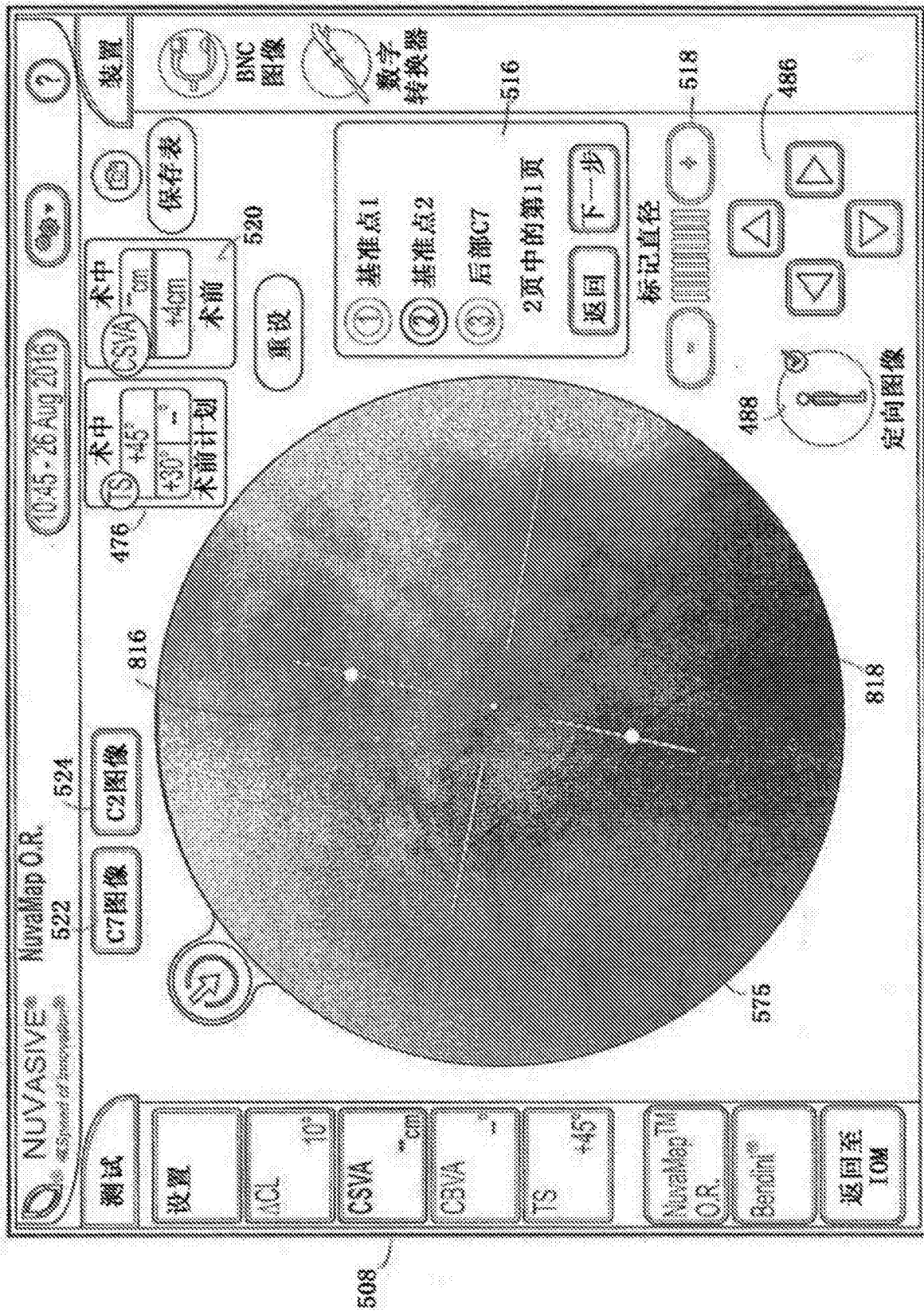


图31

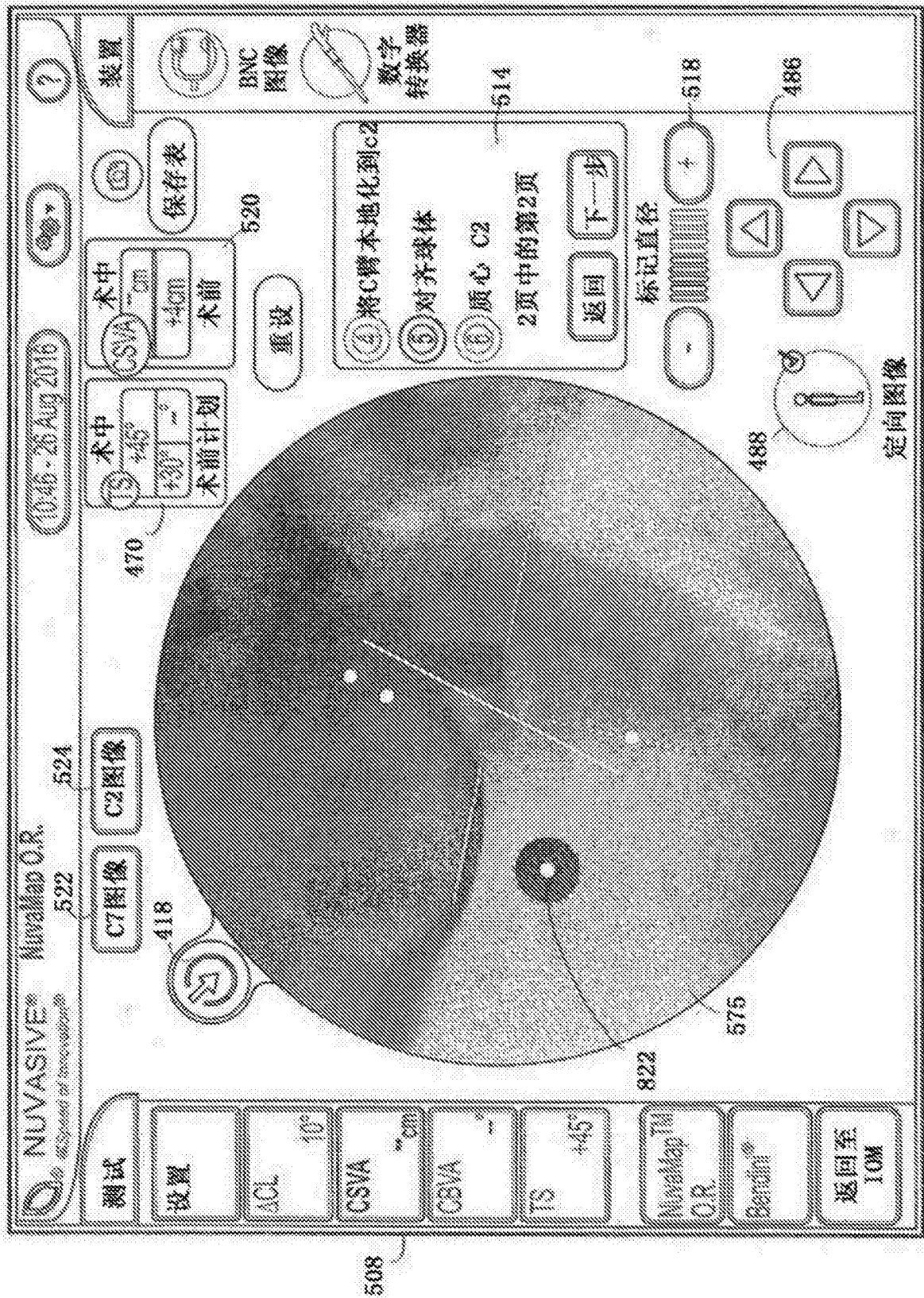


图33

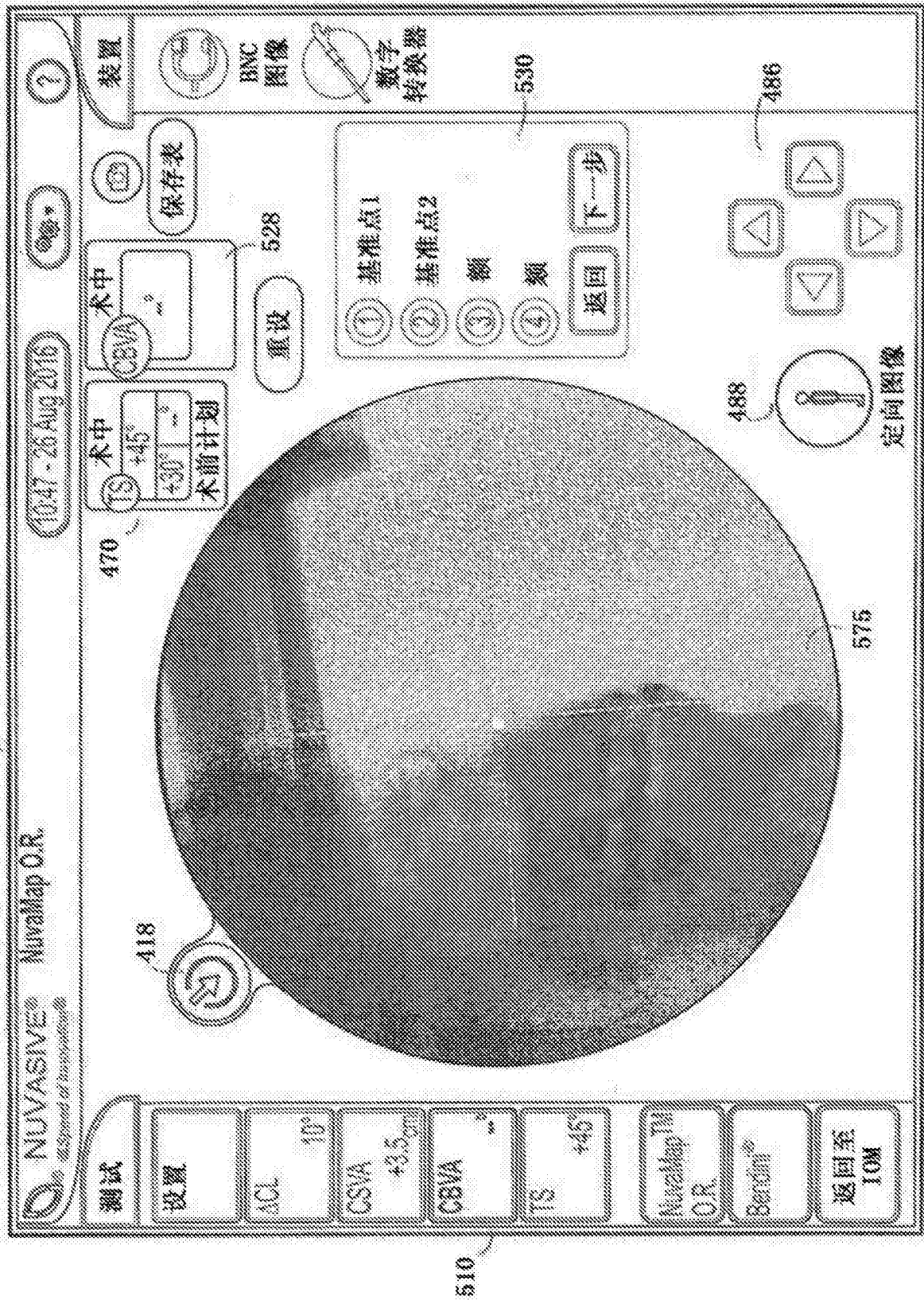


图35

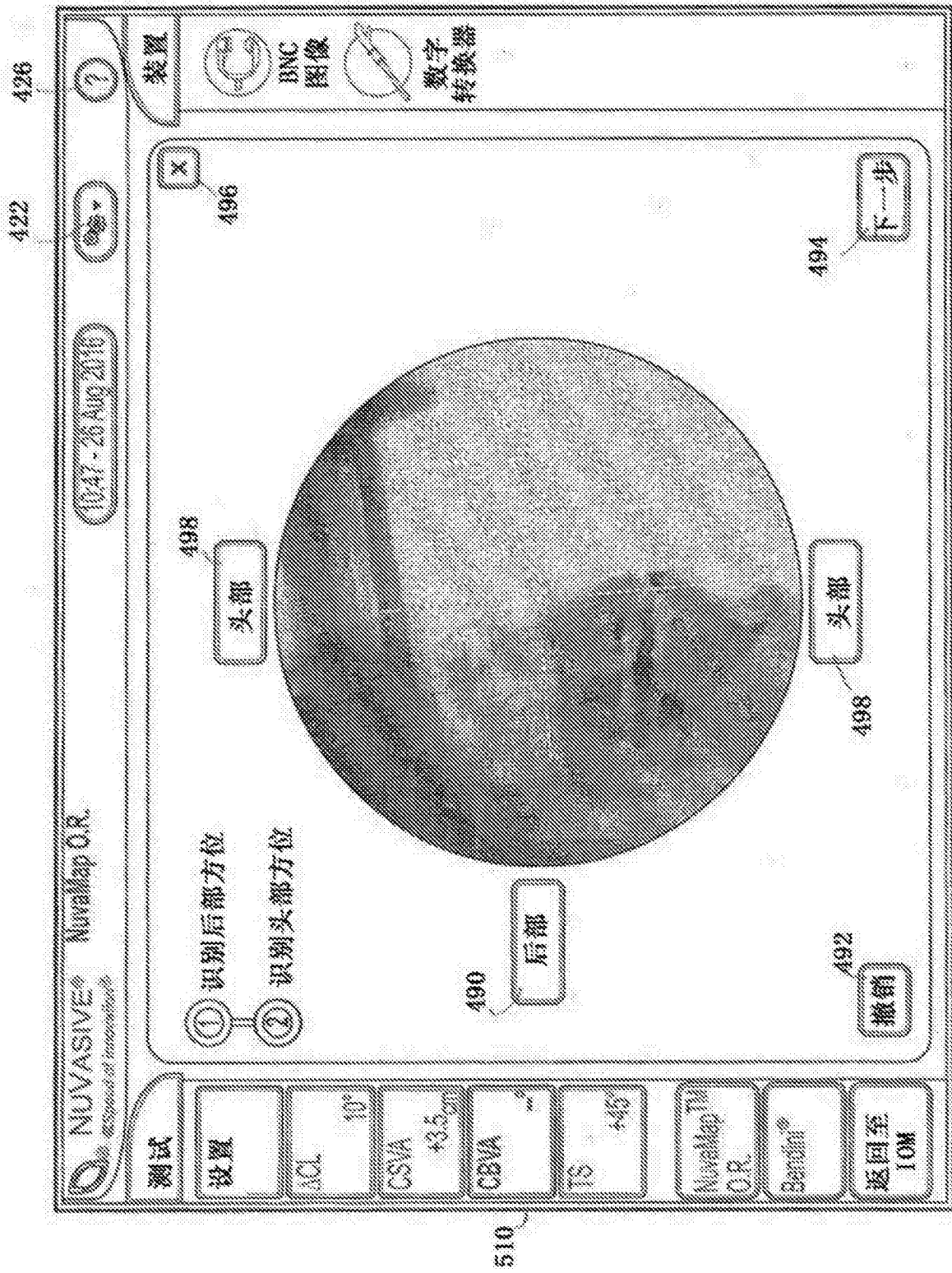


图36

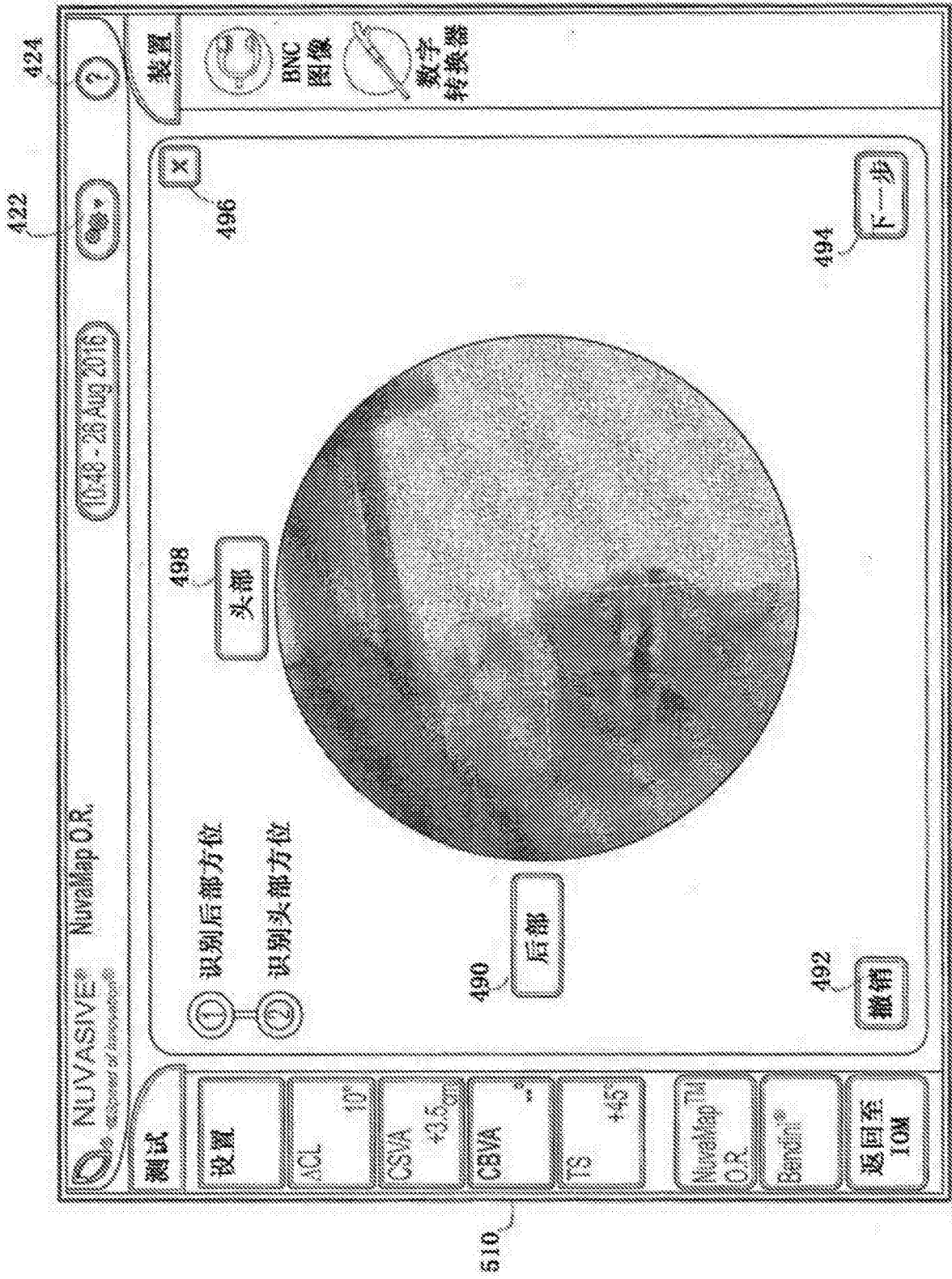


图37

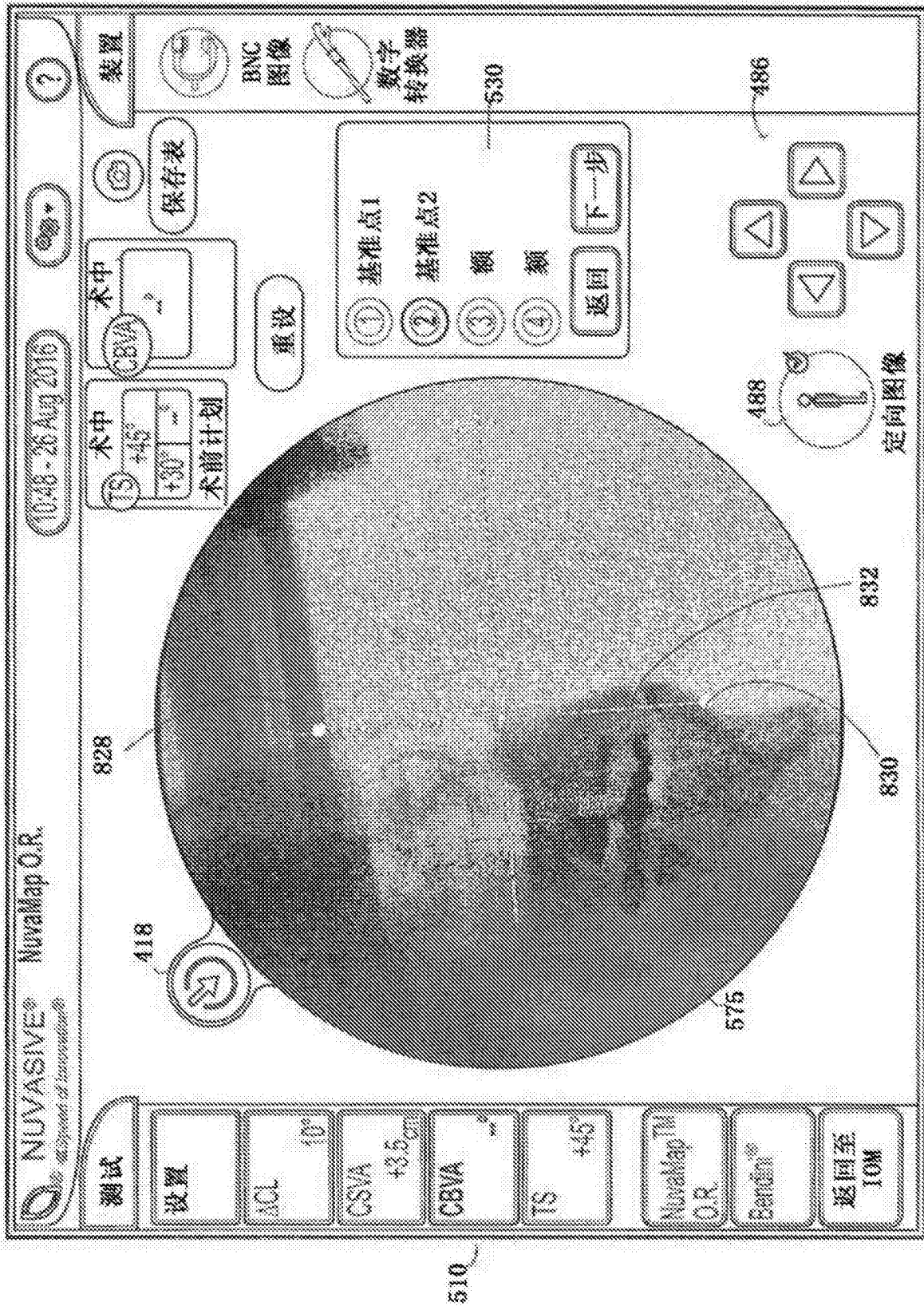


图38

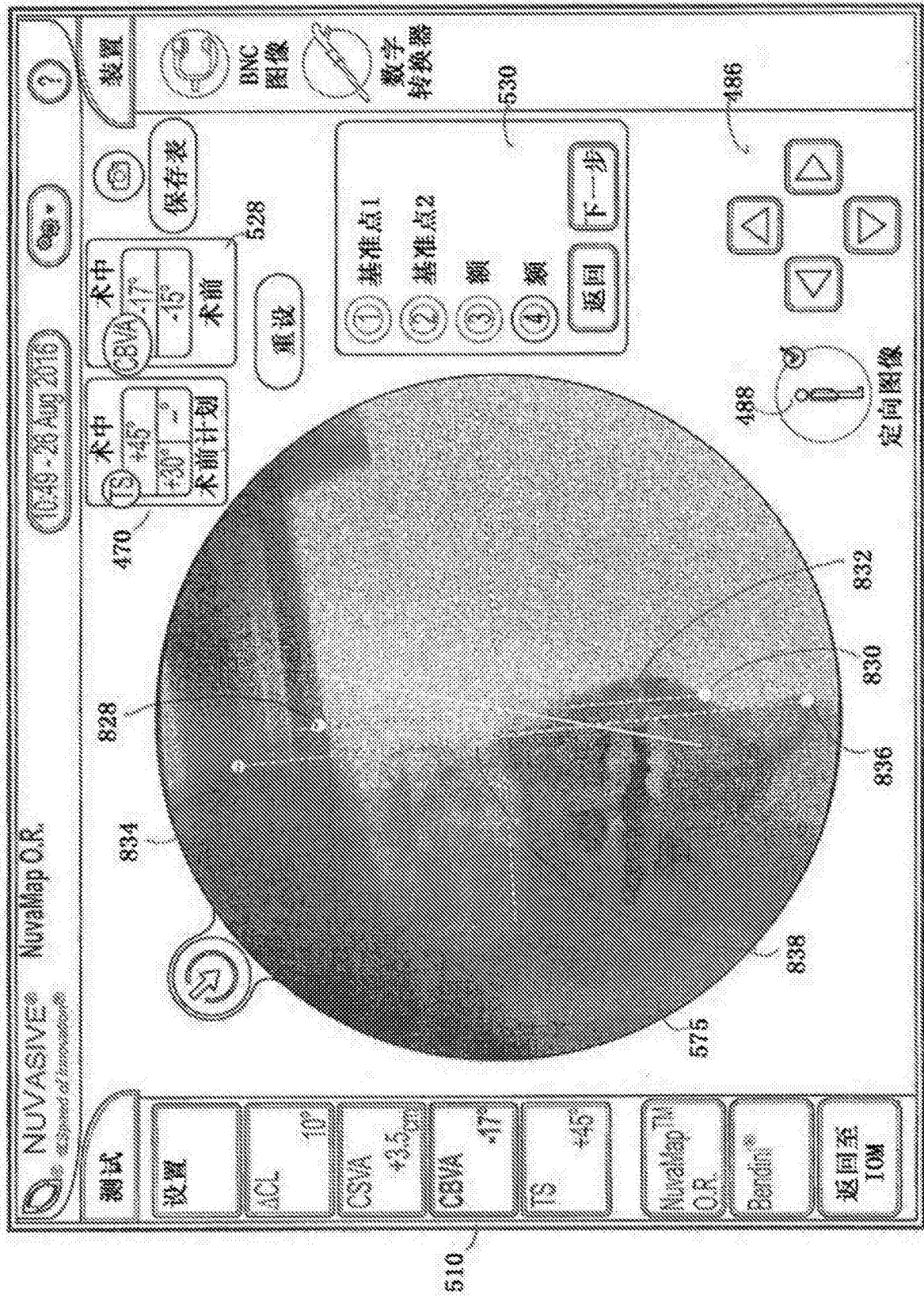


图39

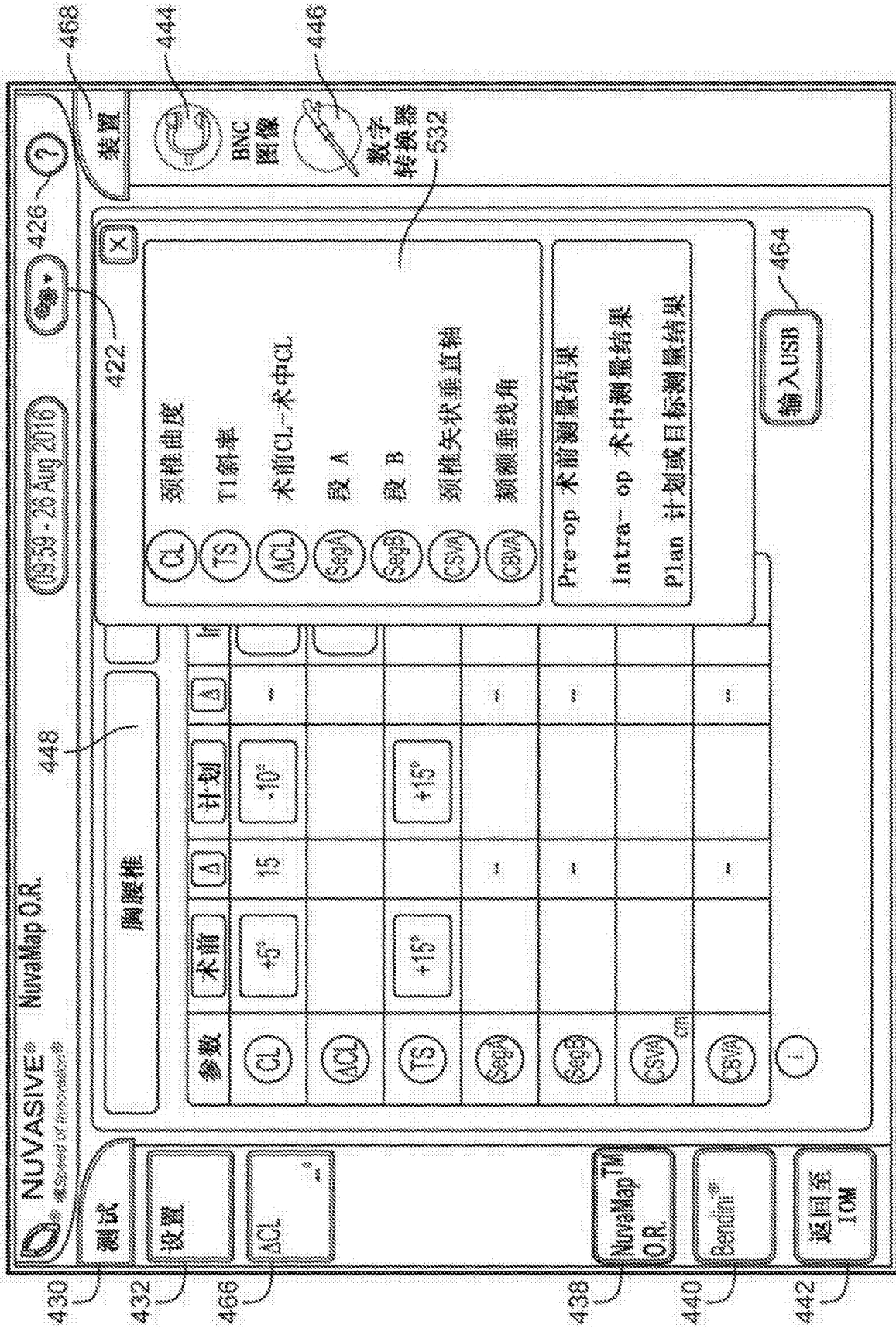


图40

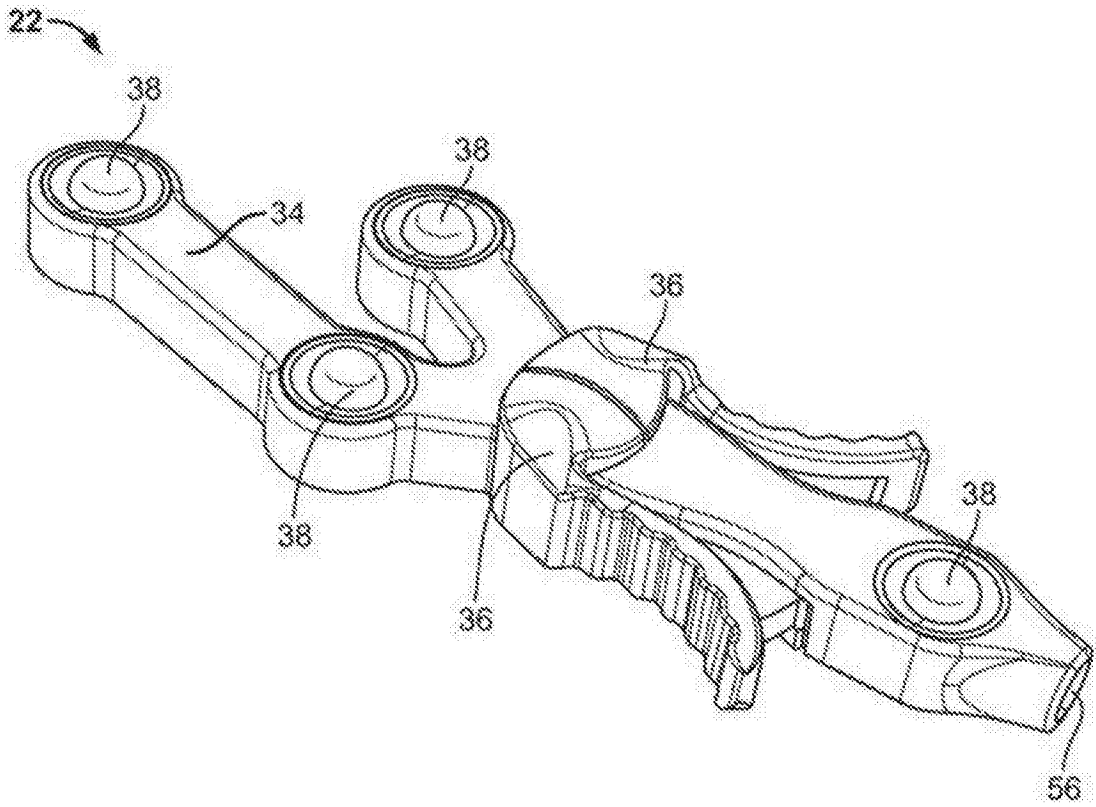


图41

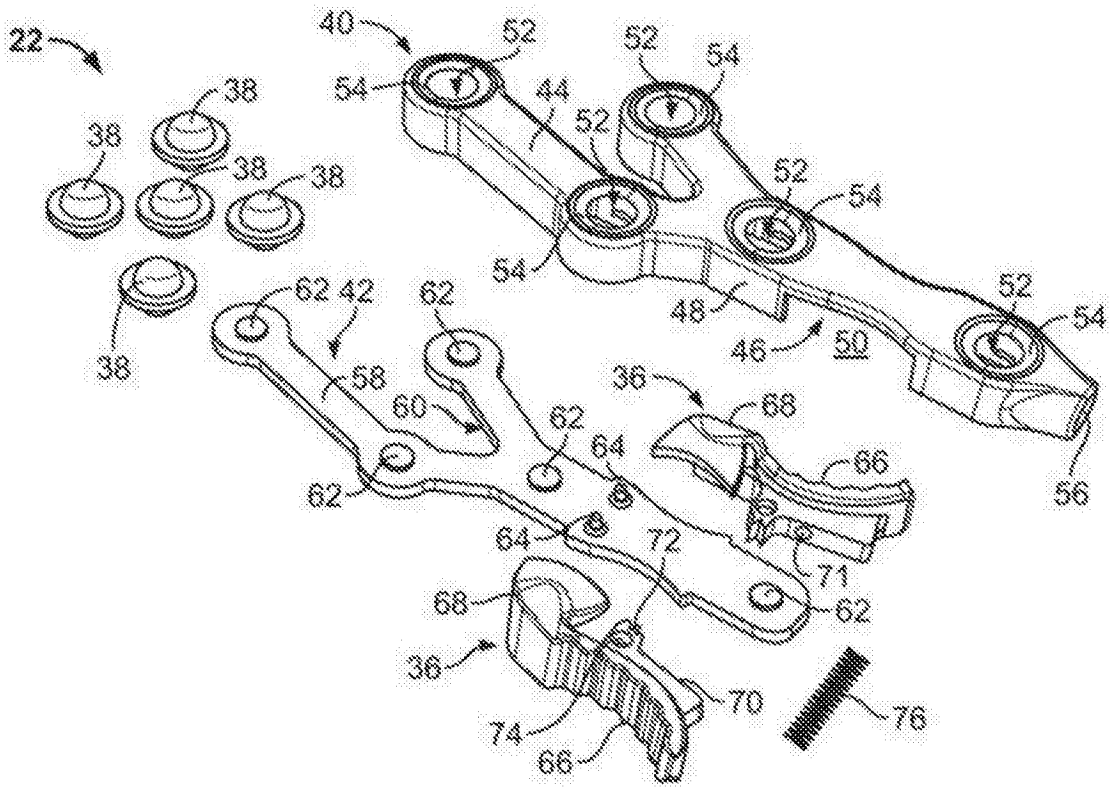


图42

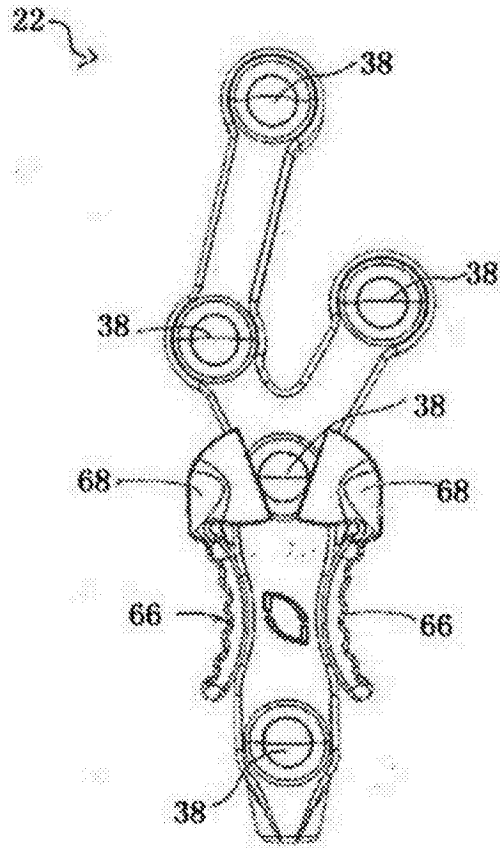


图43

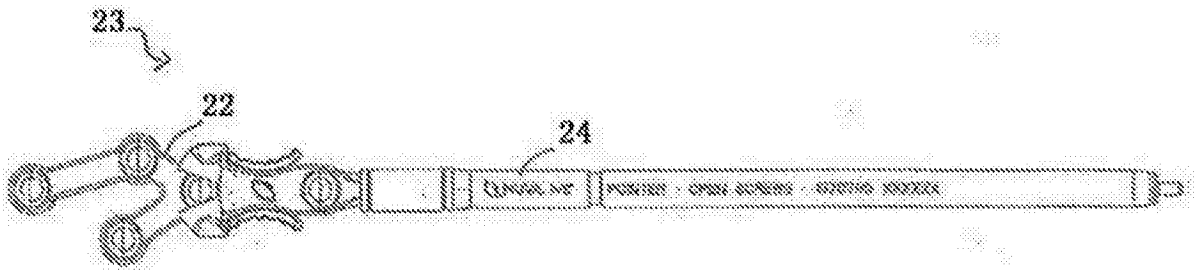


图44

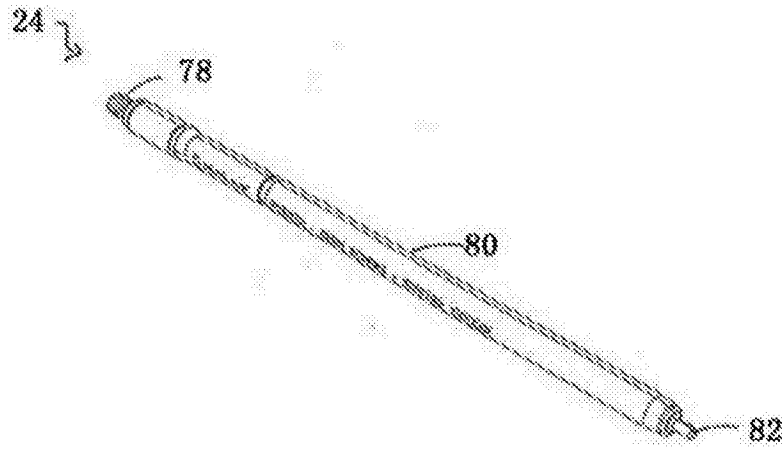


图45

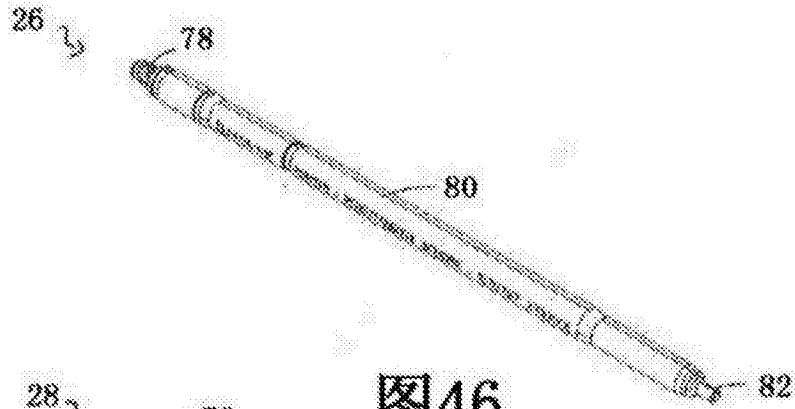


图46

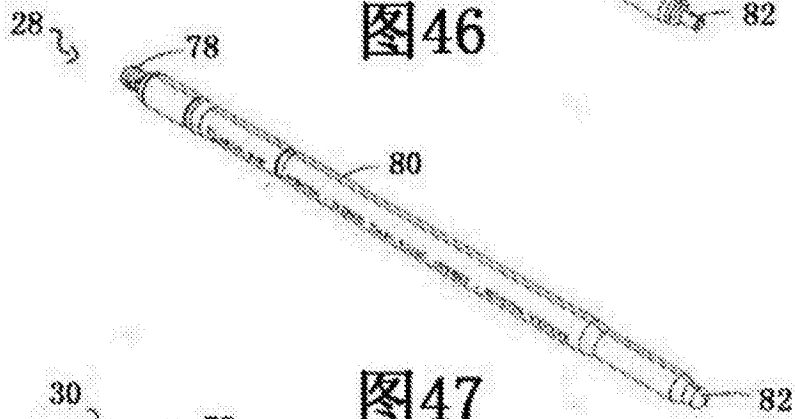


图47



图48

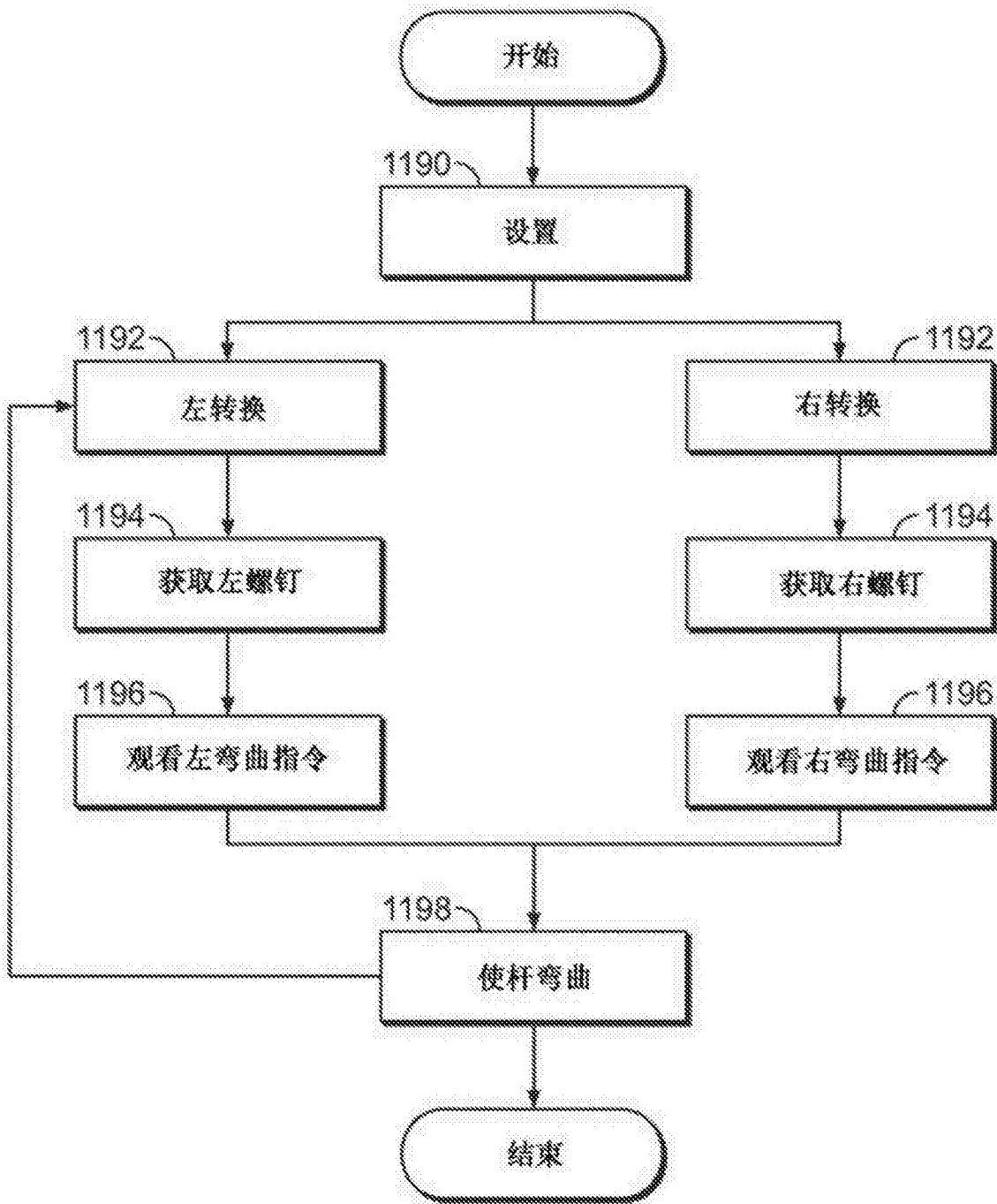


图49

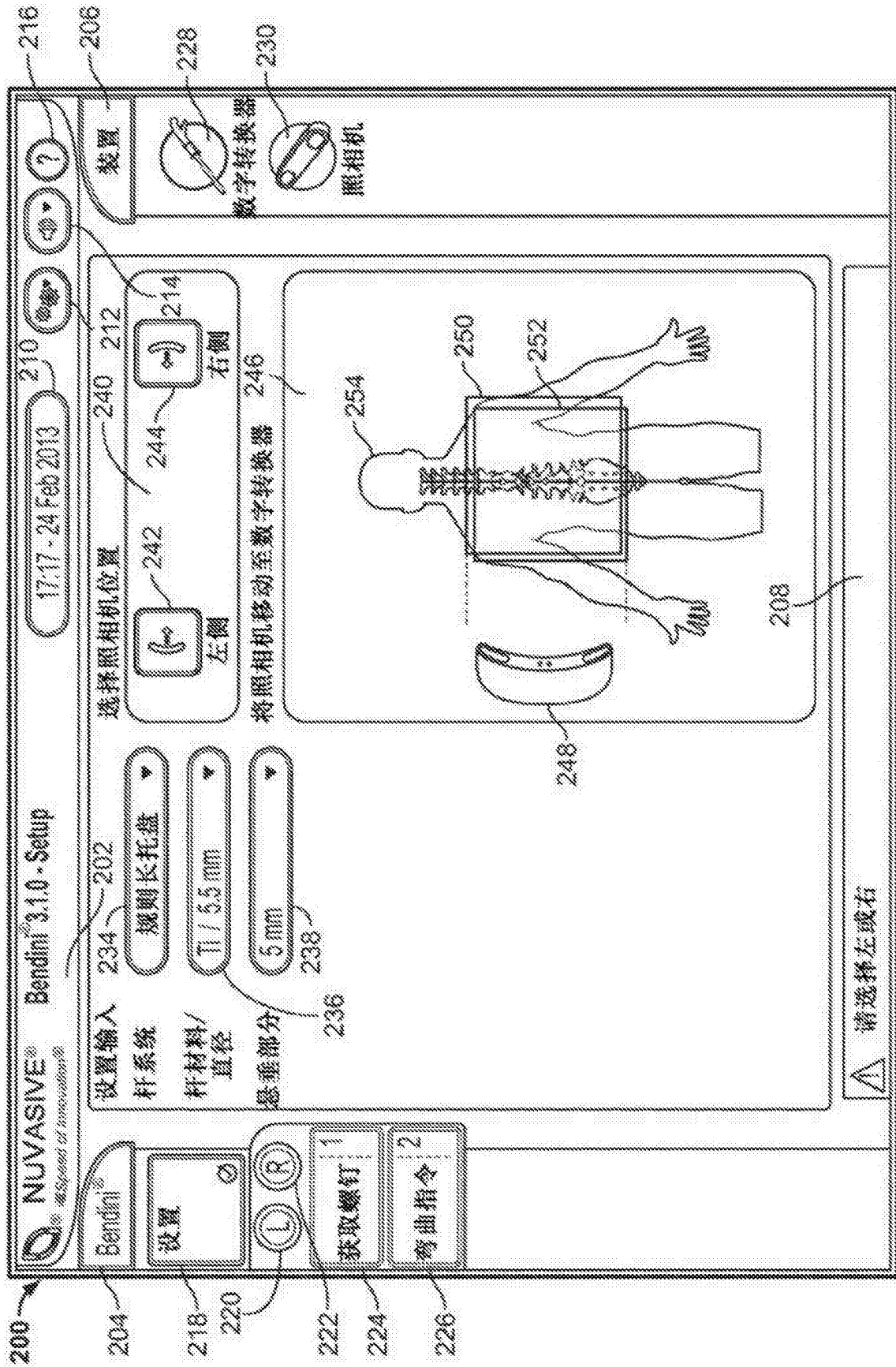


图50

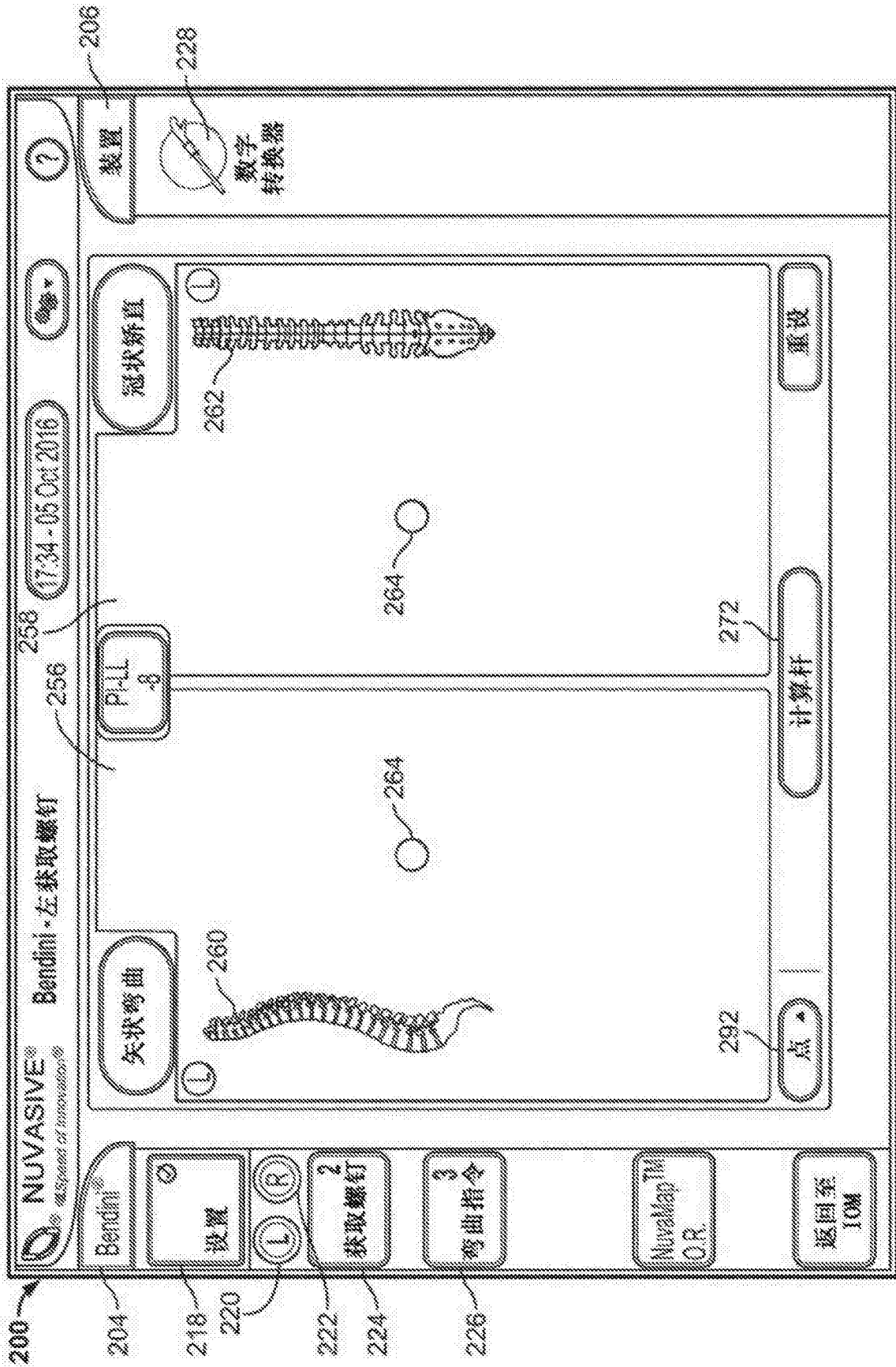


图51

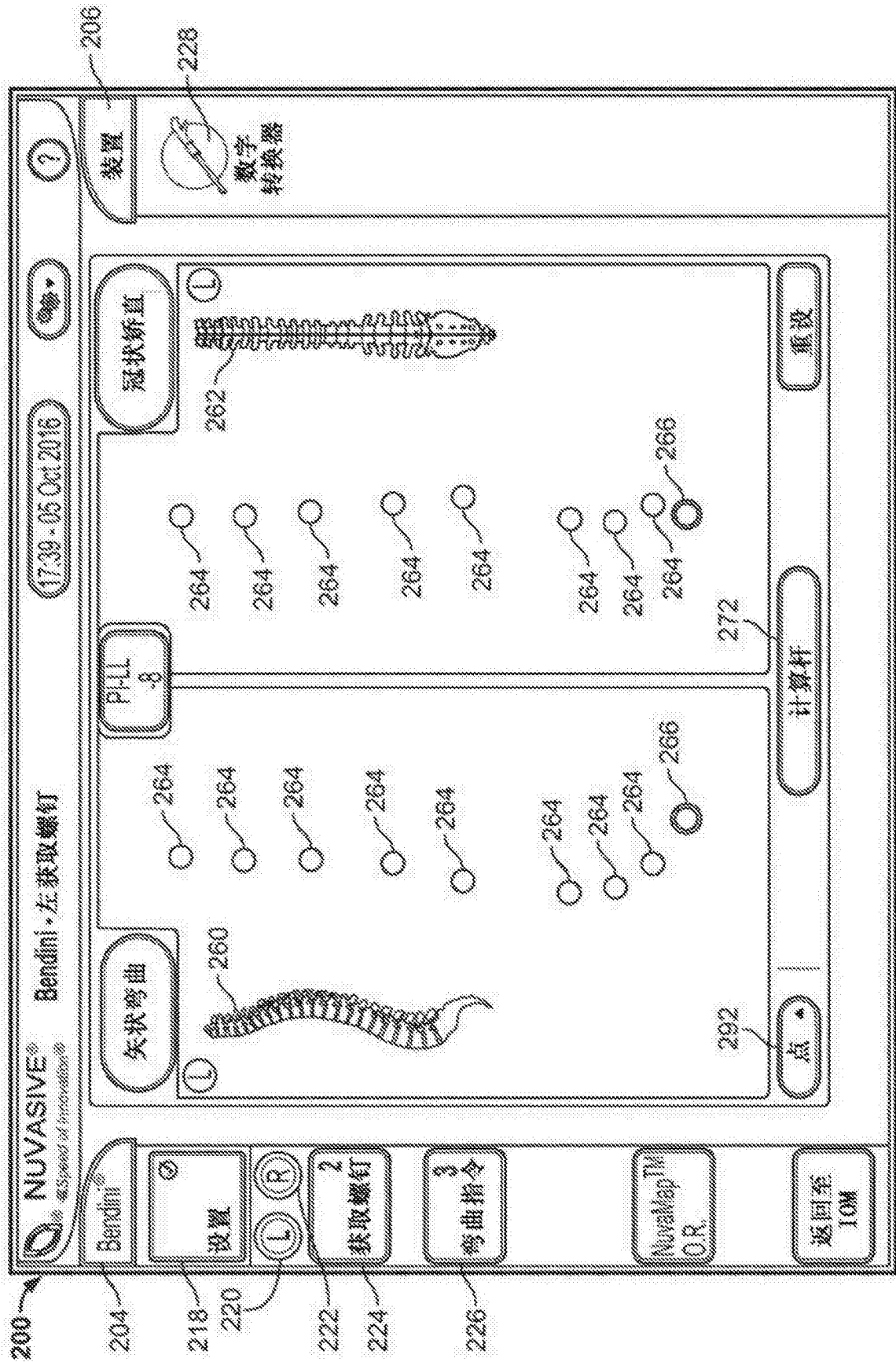


图52

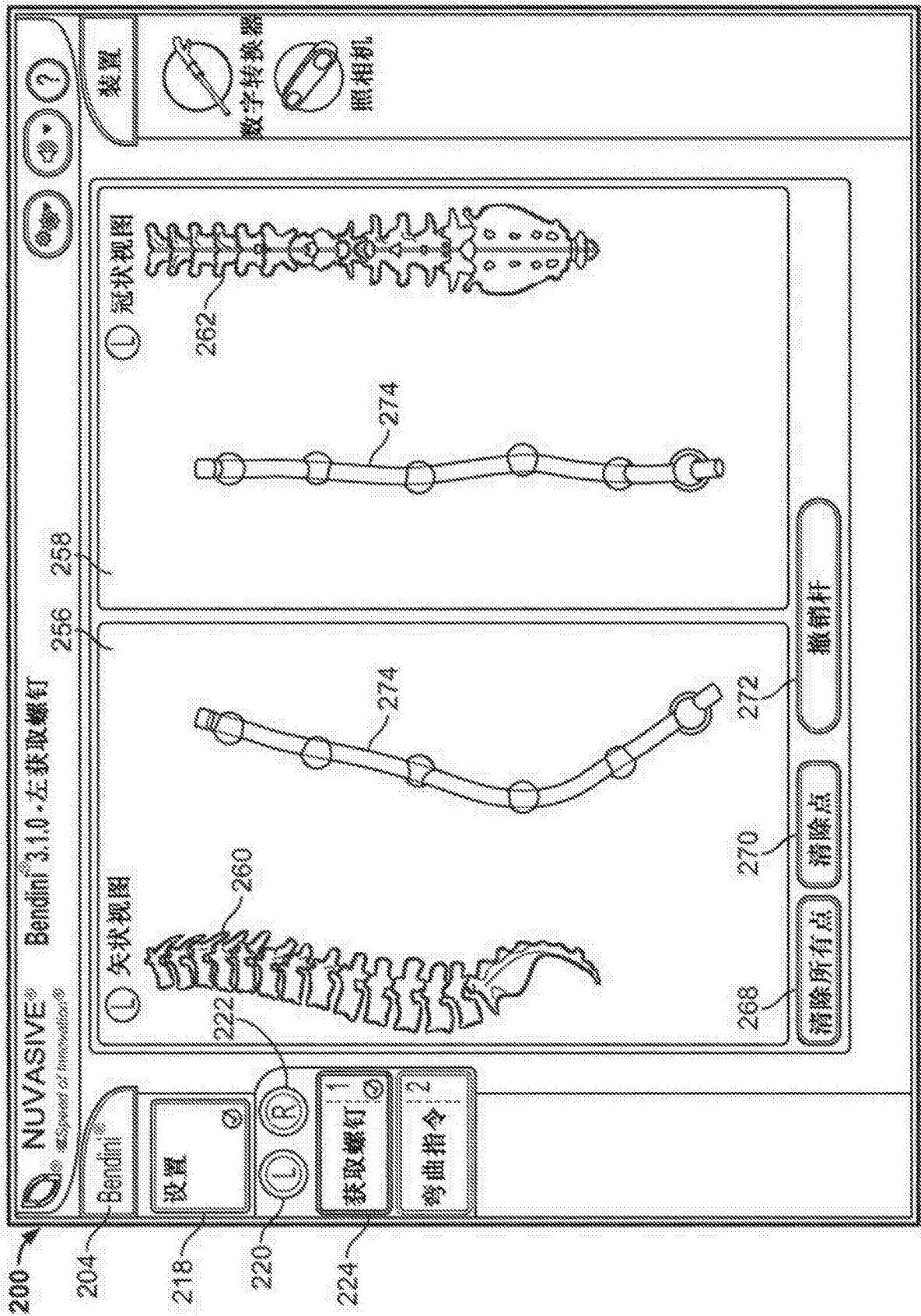


图53

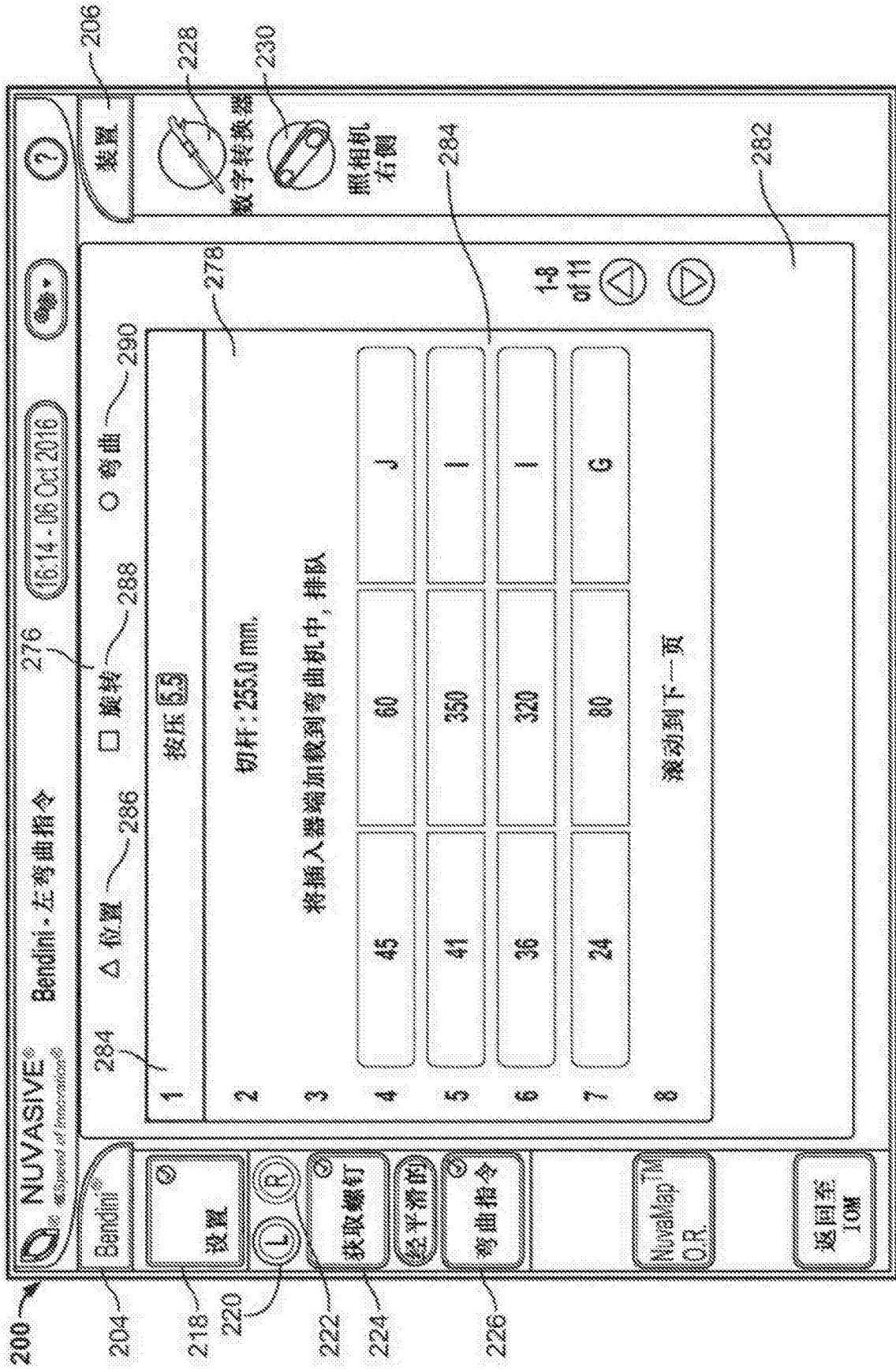


图54

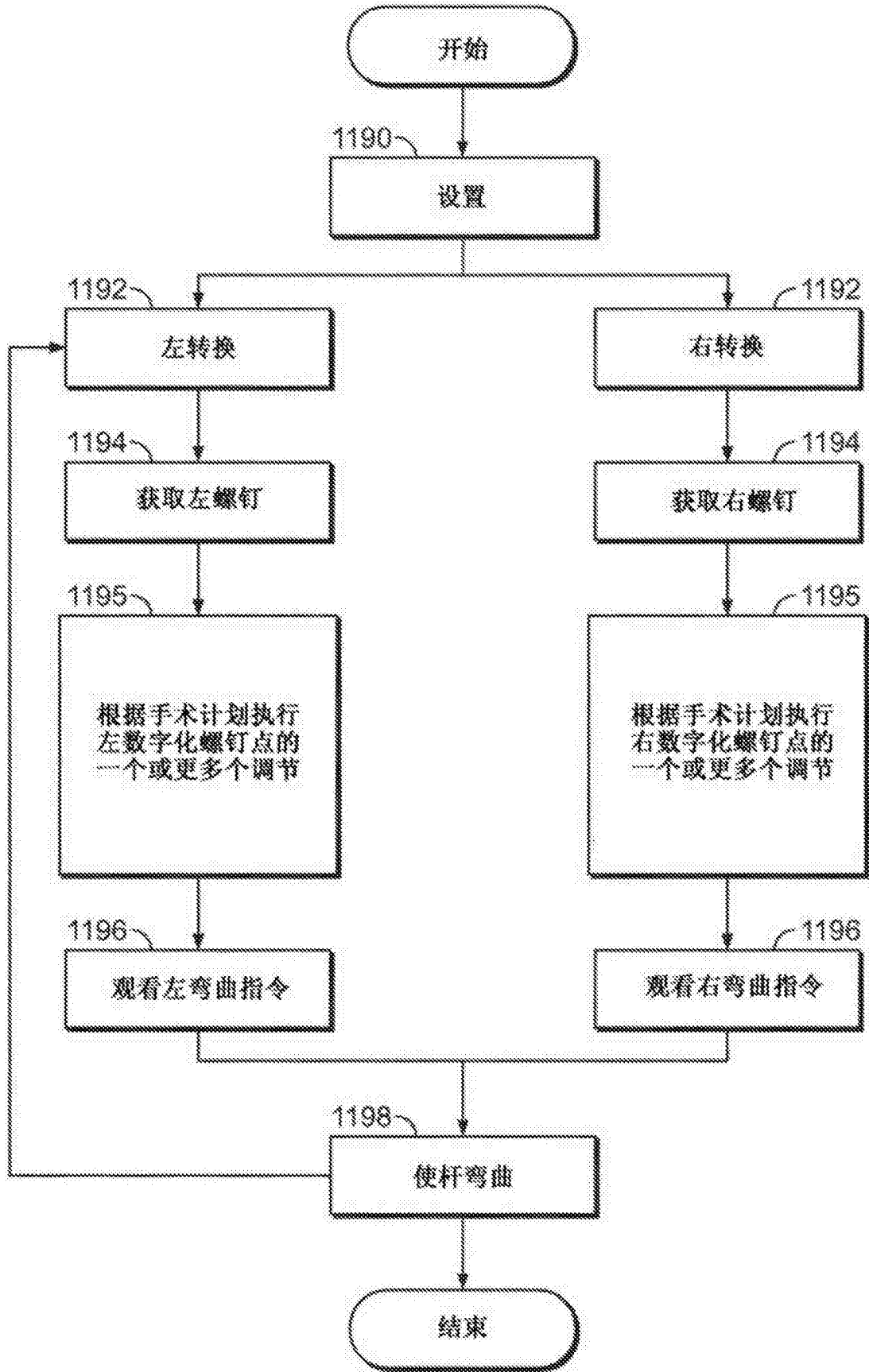


图55

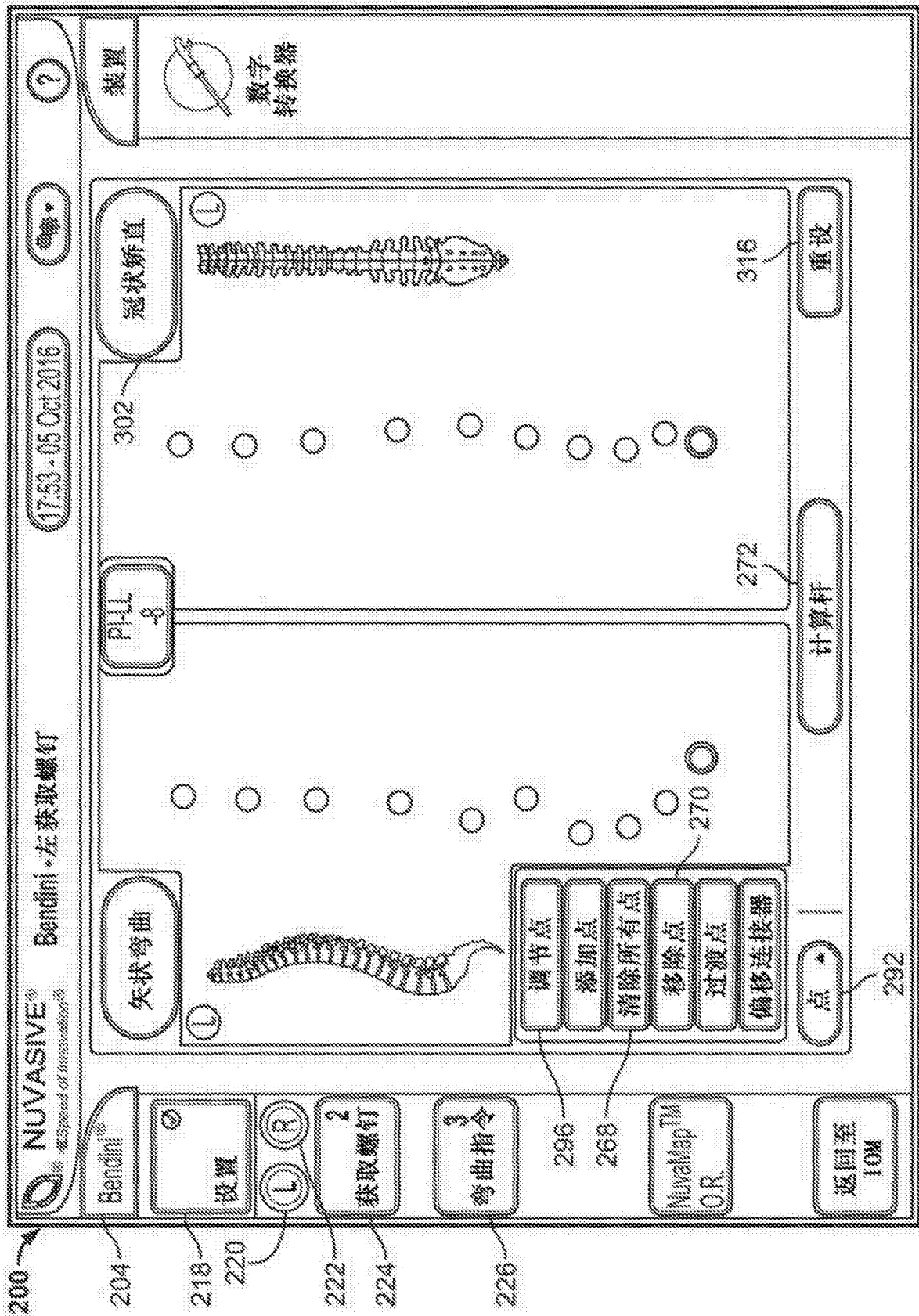


图56

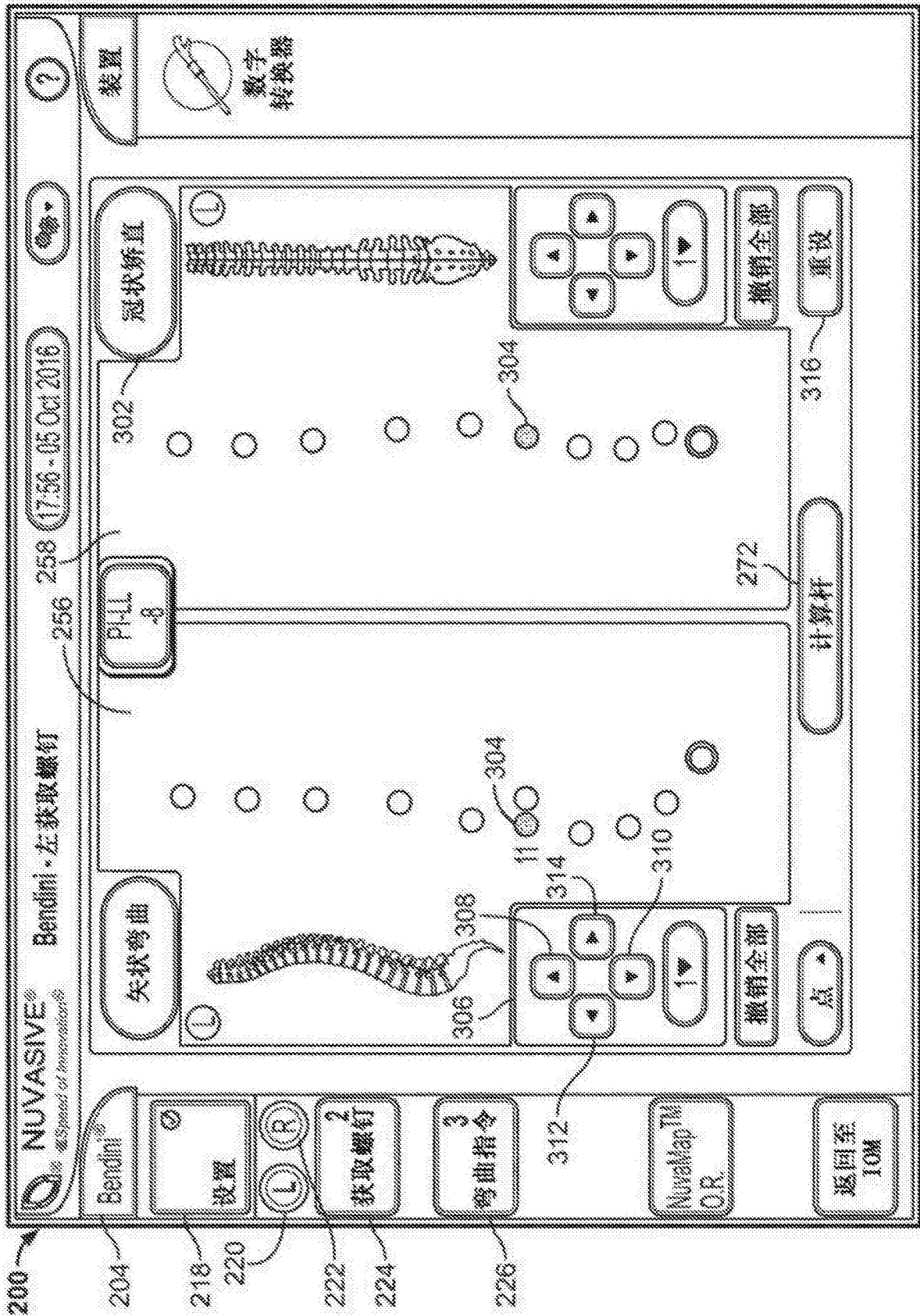


图57

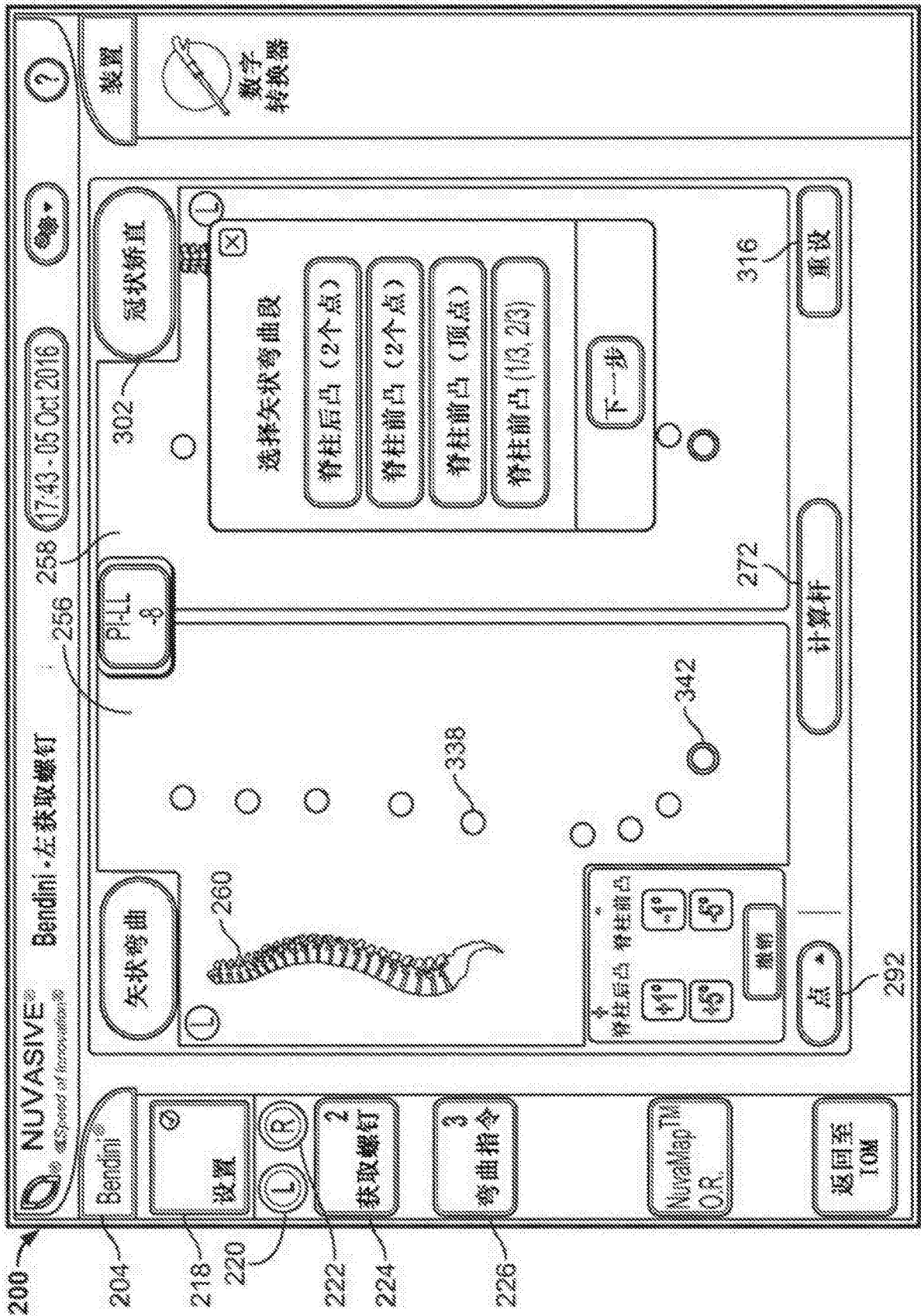


图58

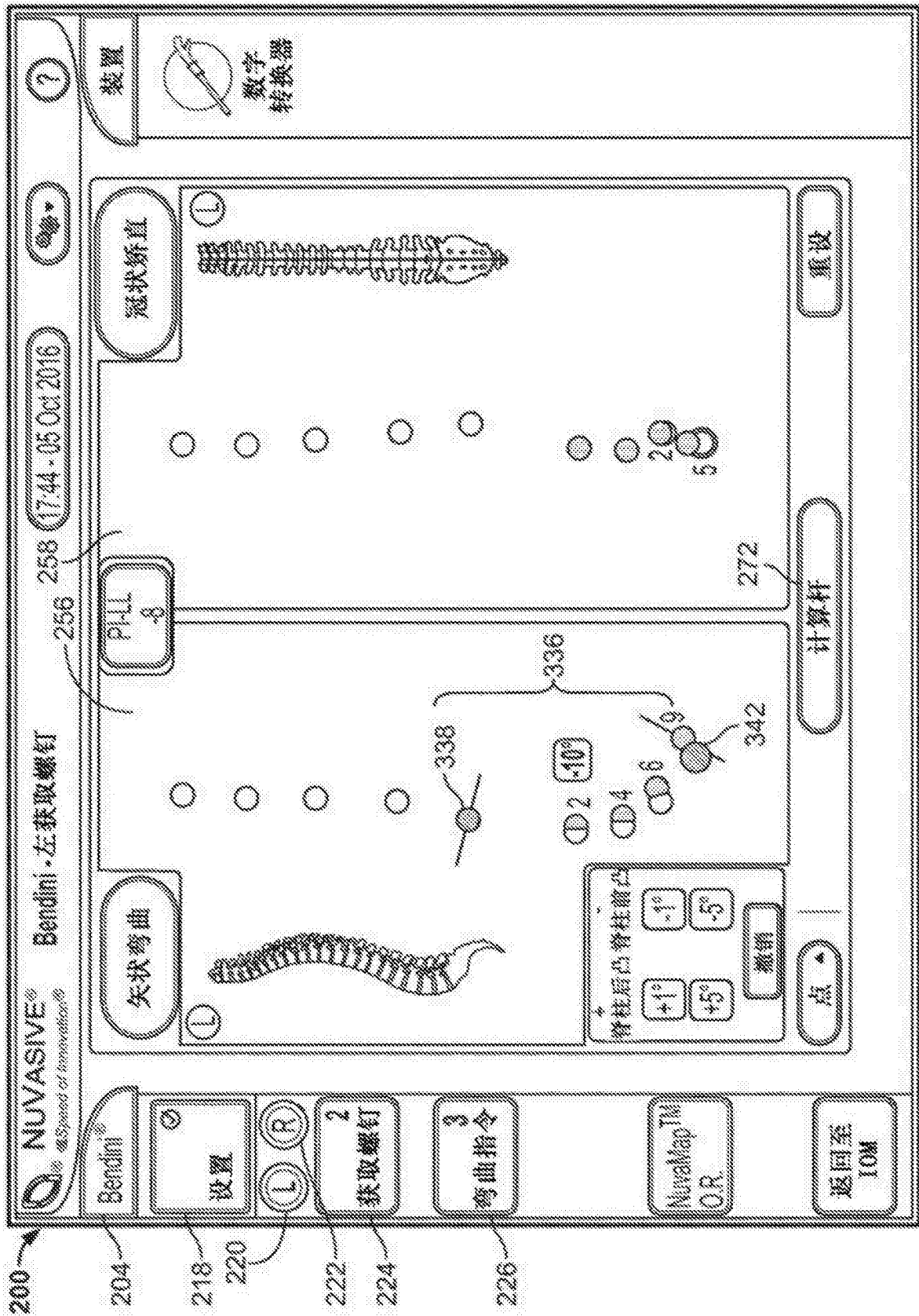


图59

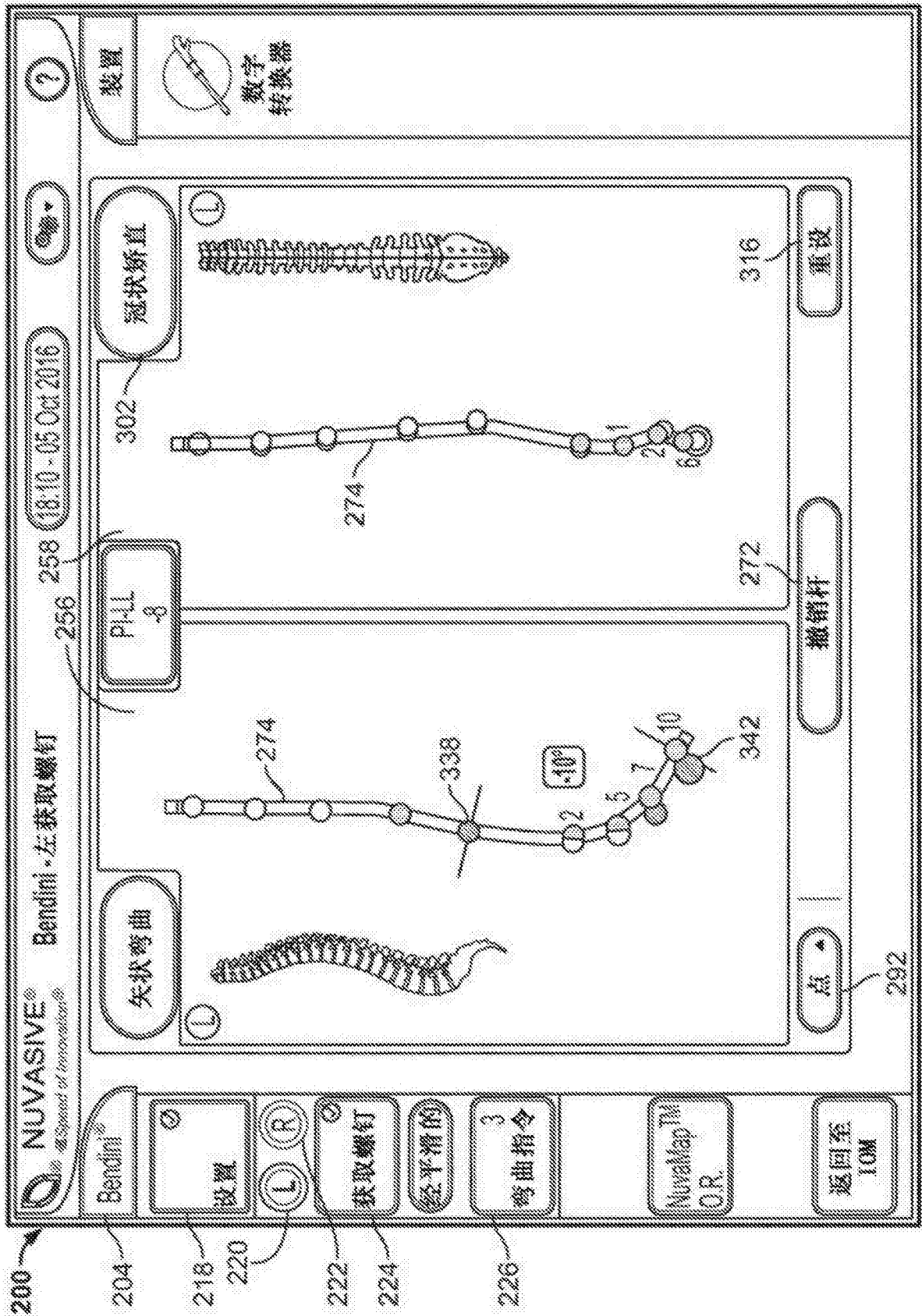


图60

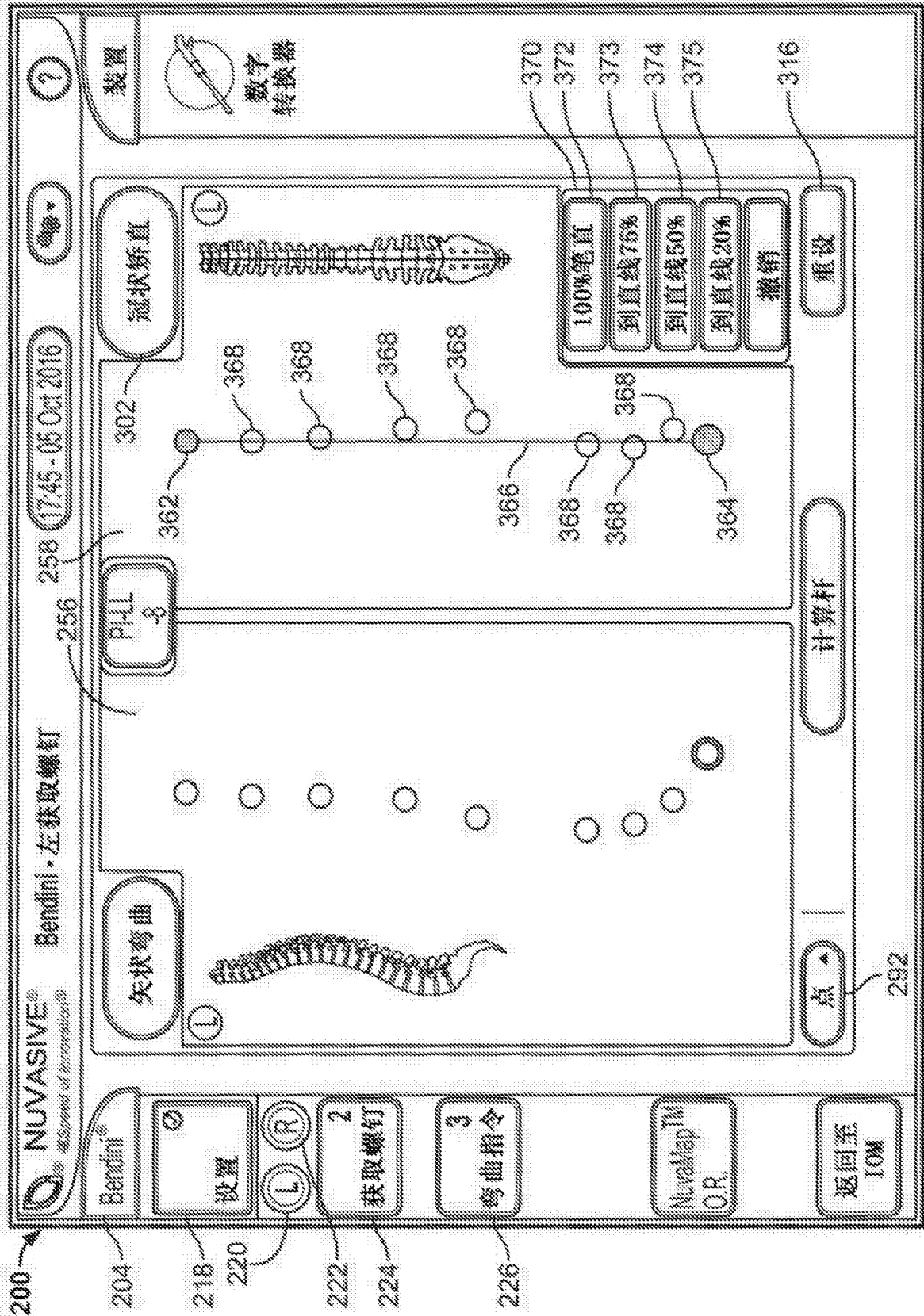


图61

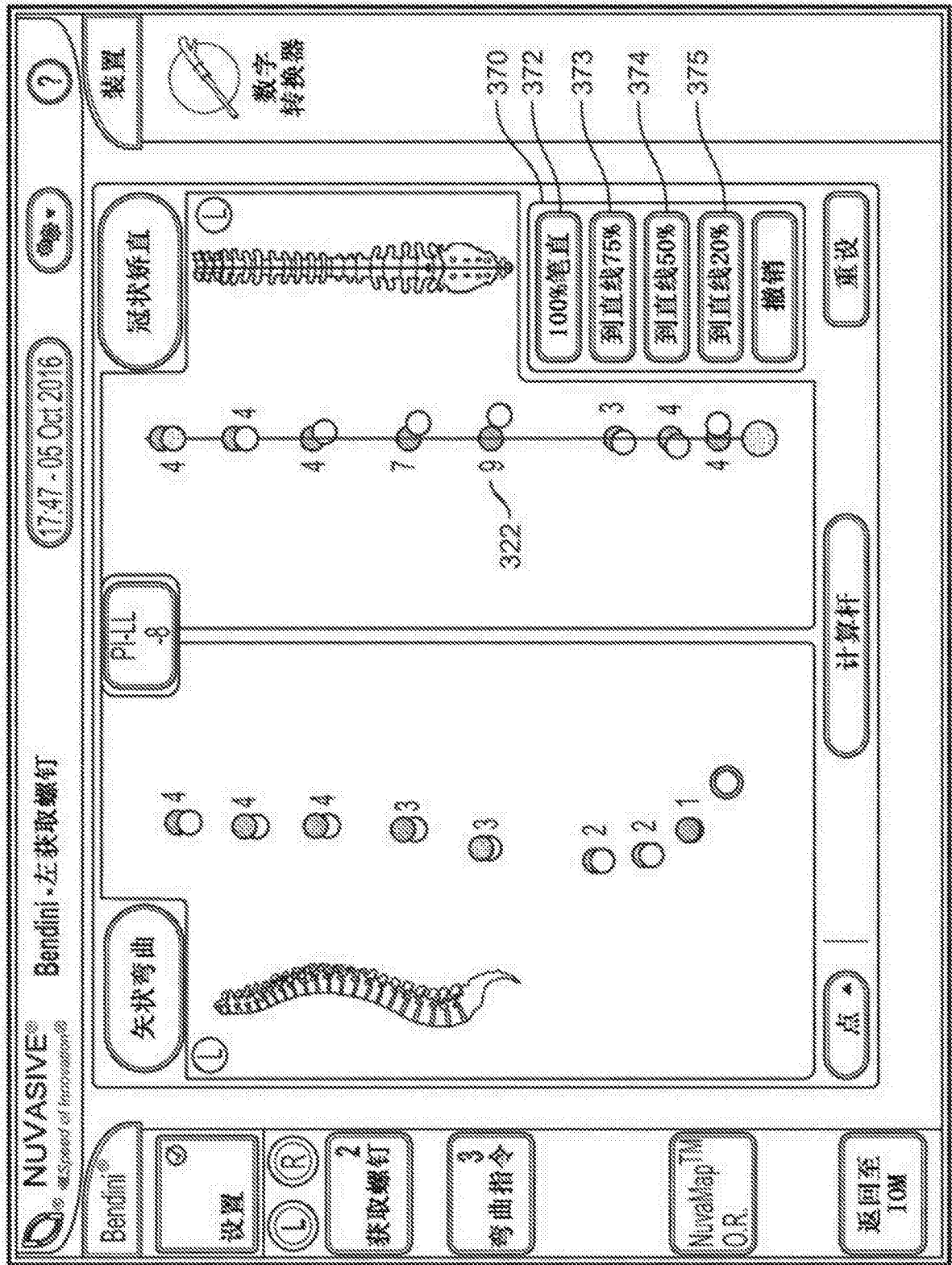


图62

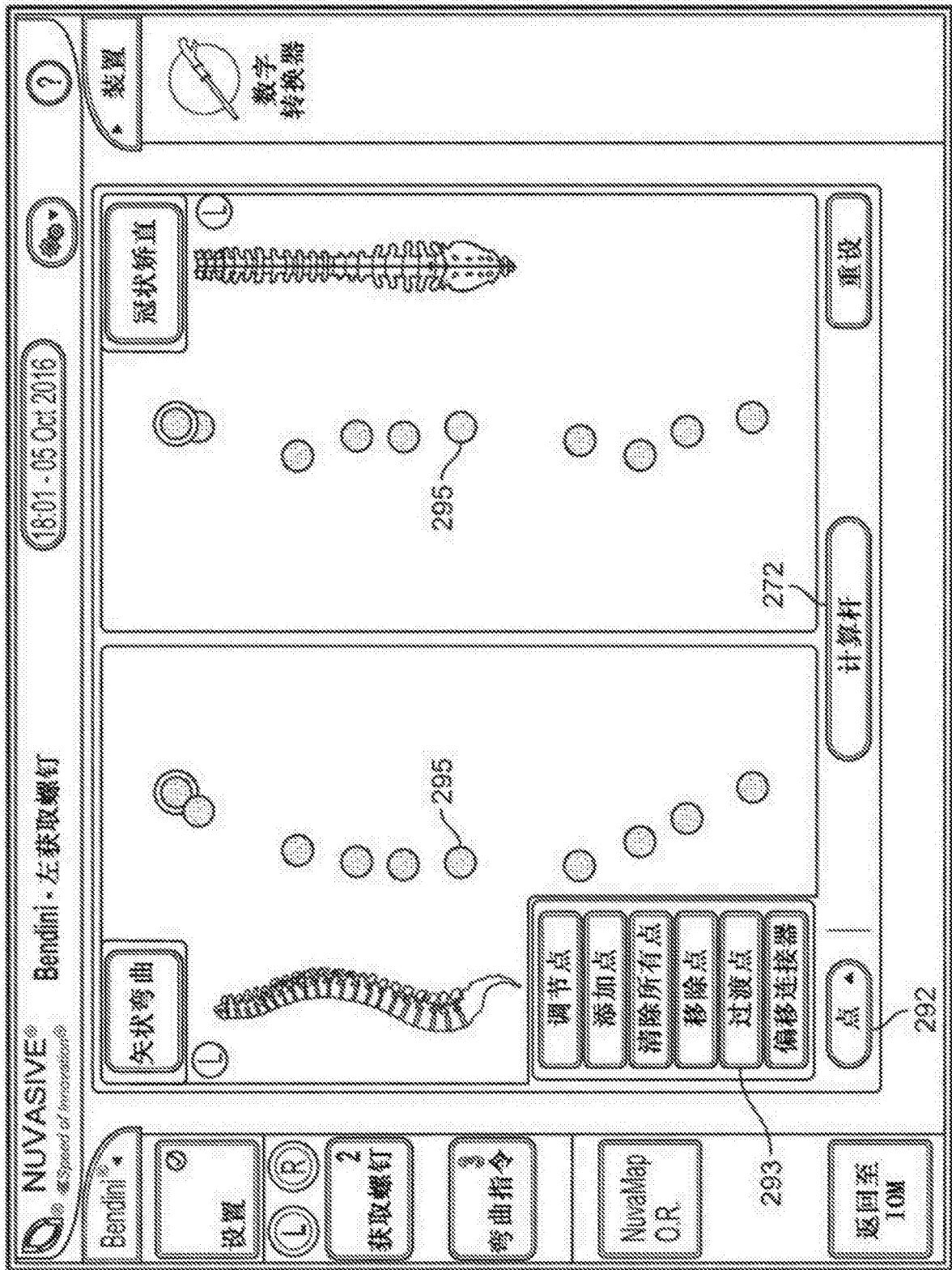


图63

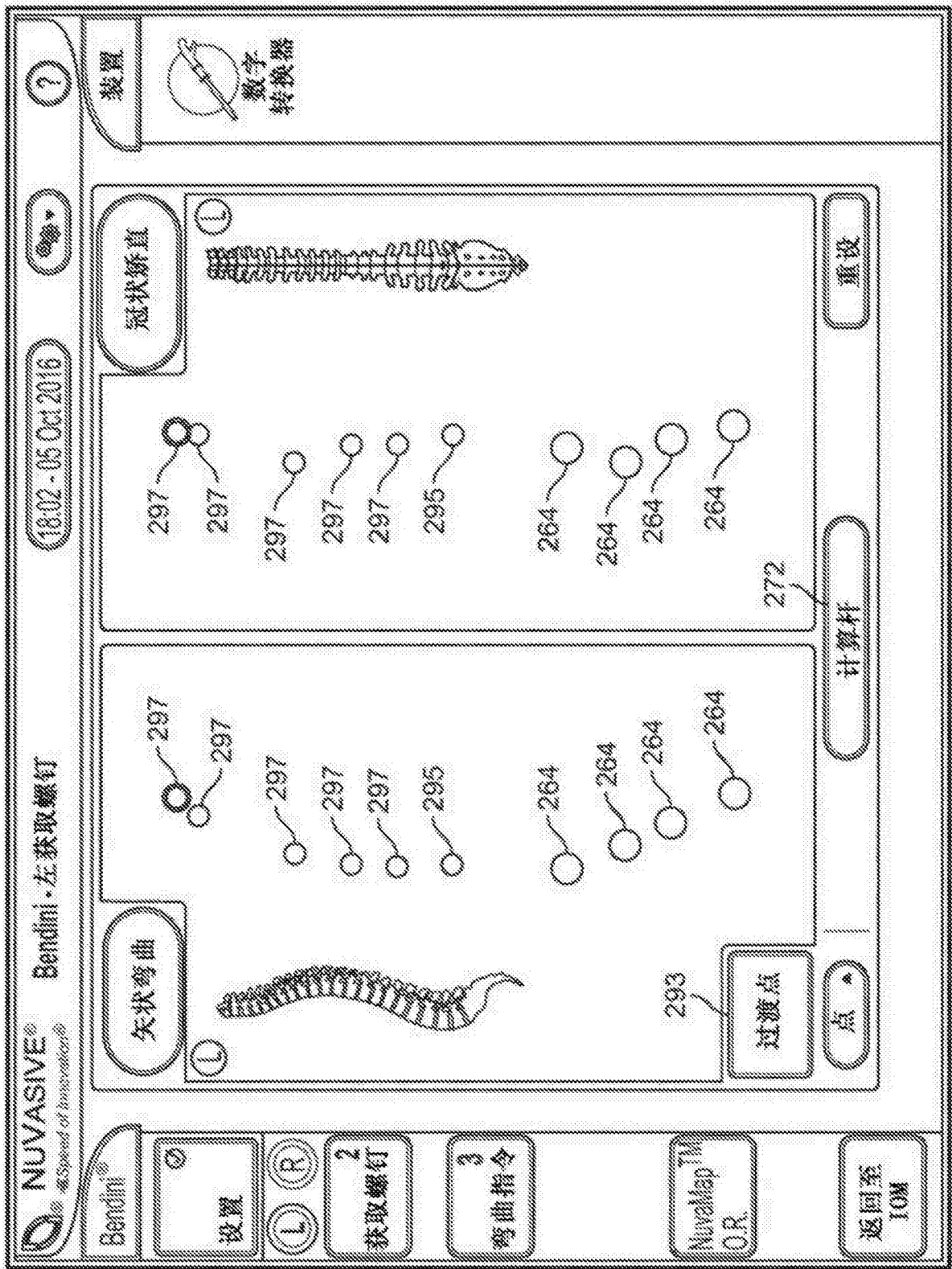


图64

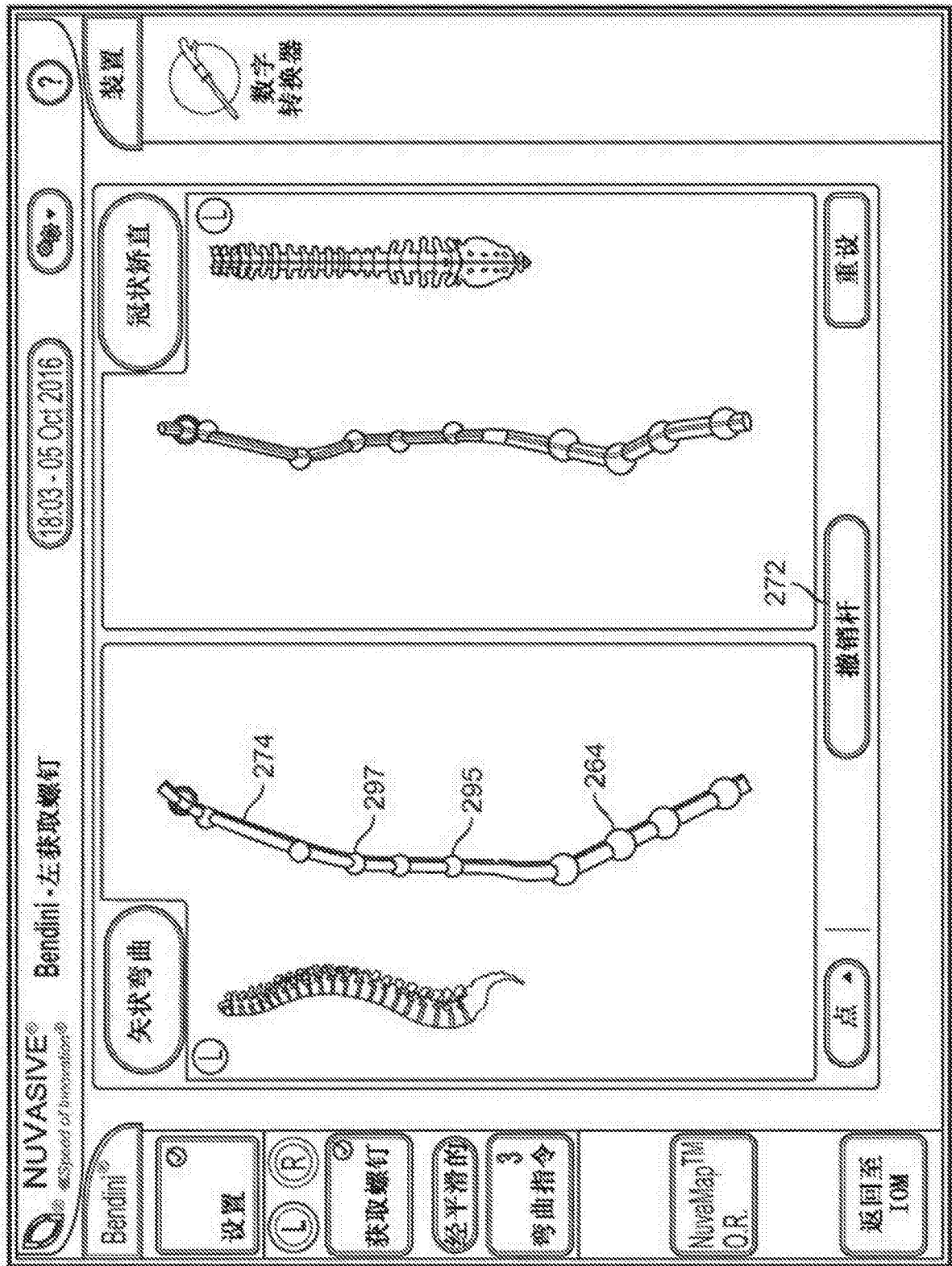


图65

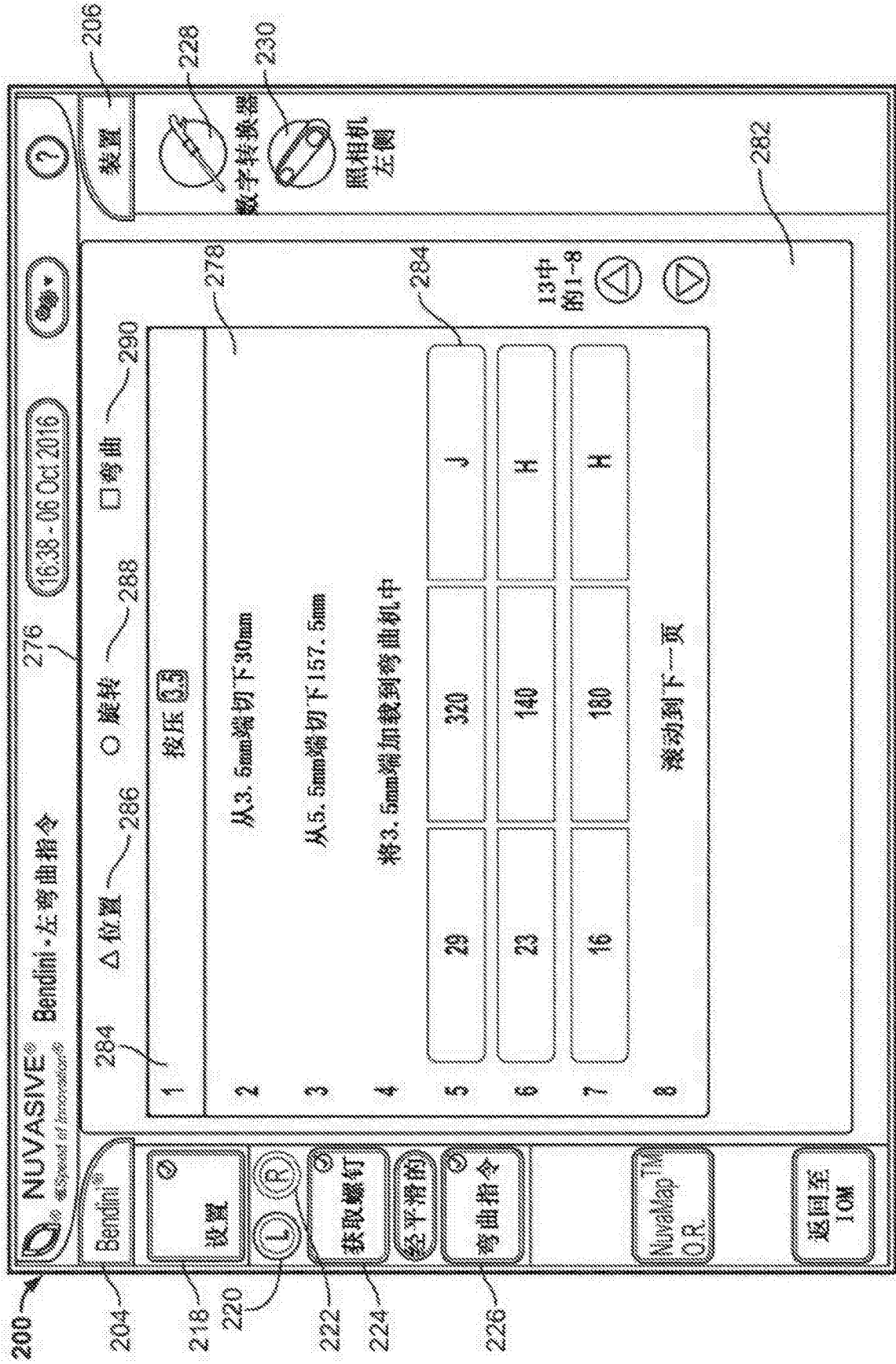


图66

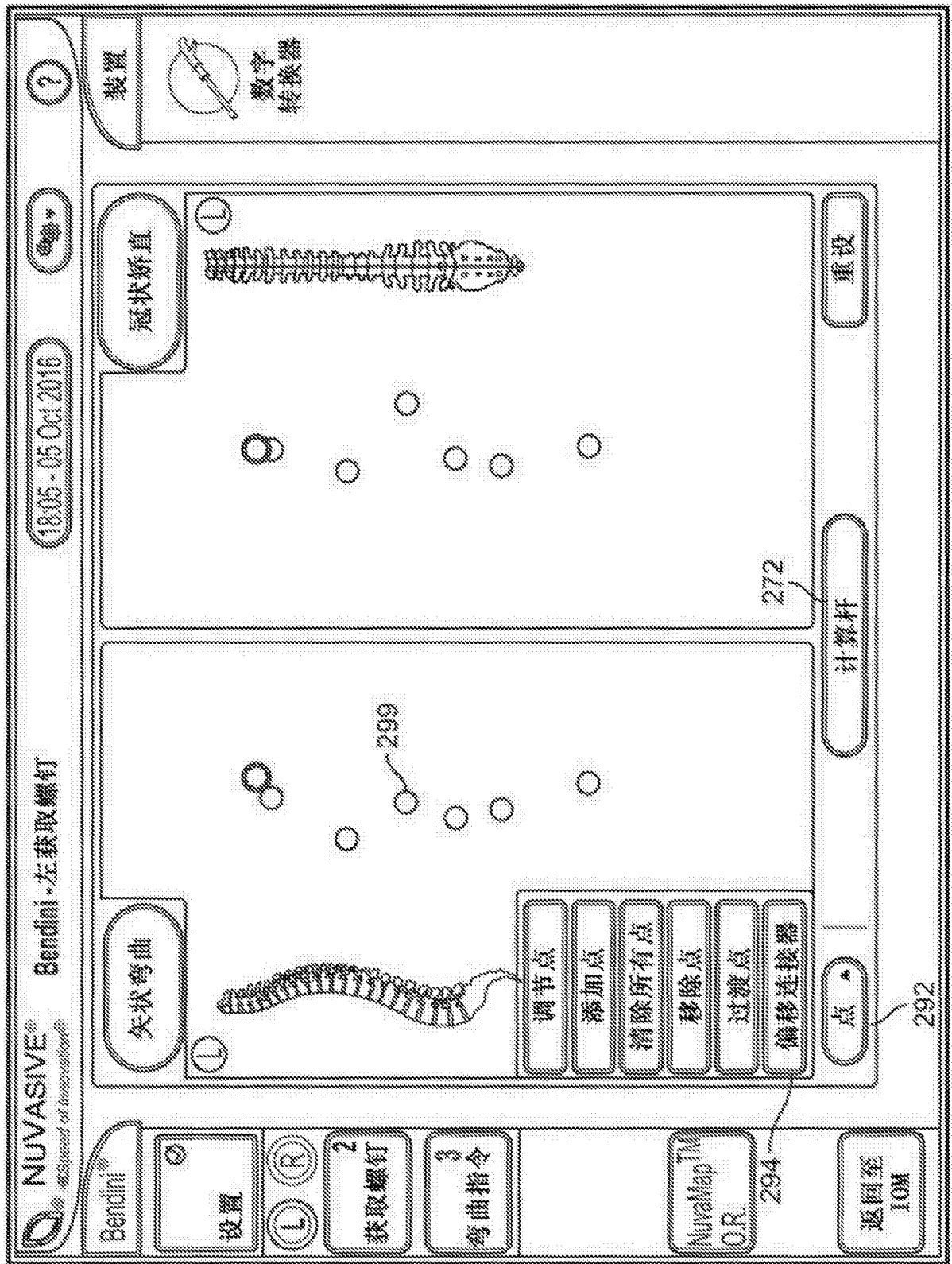


图67

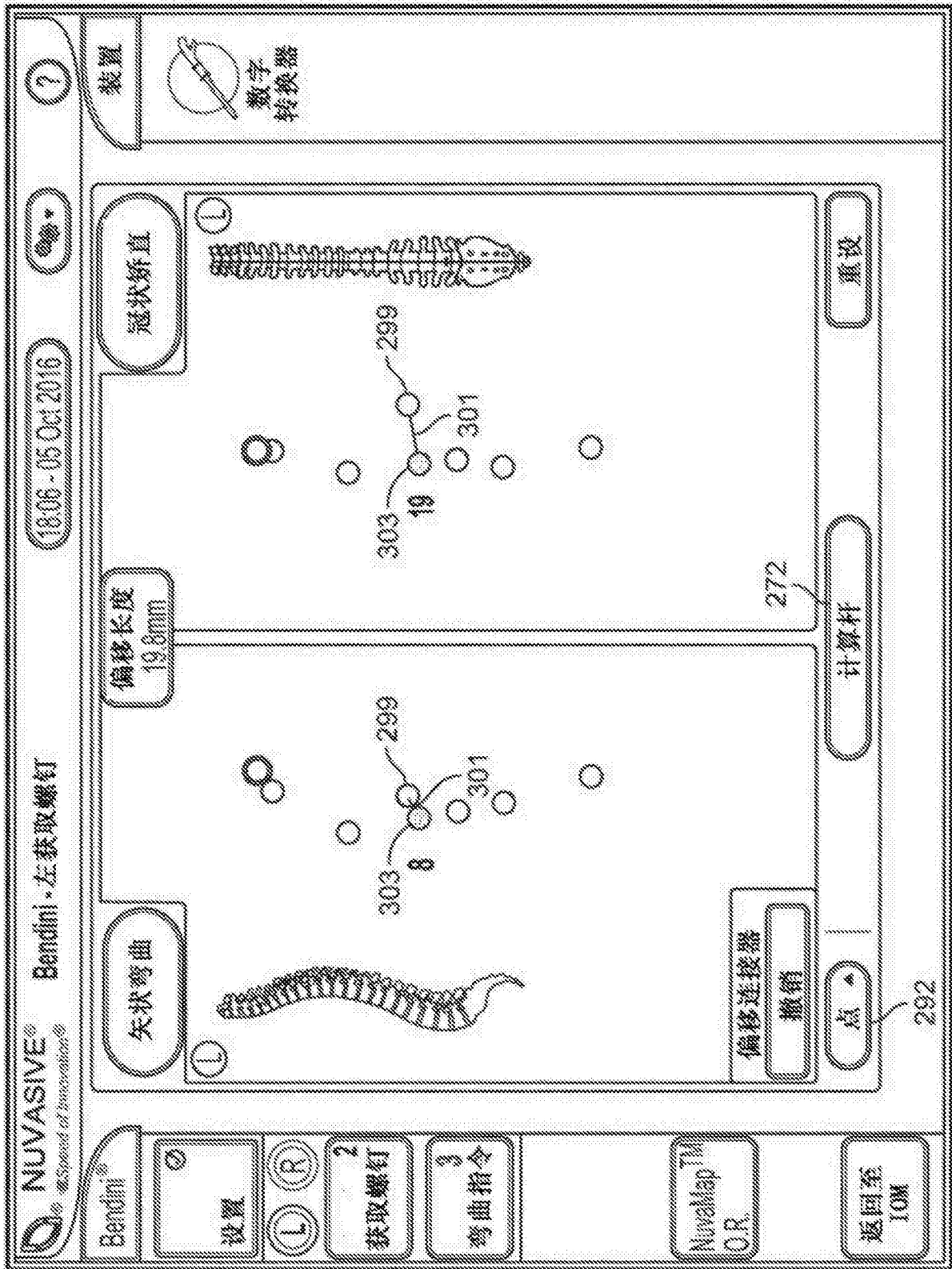


图68

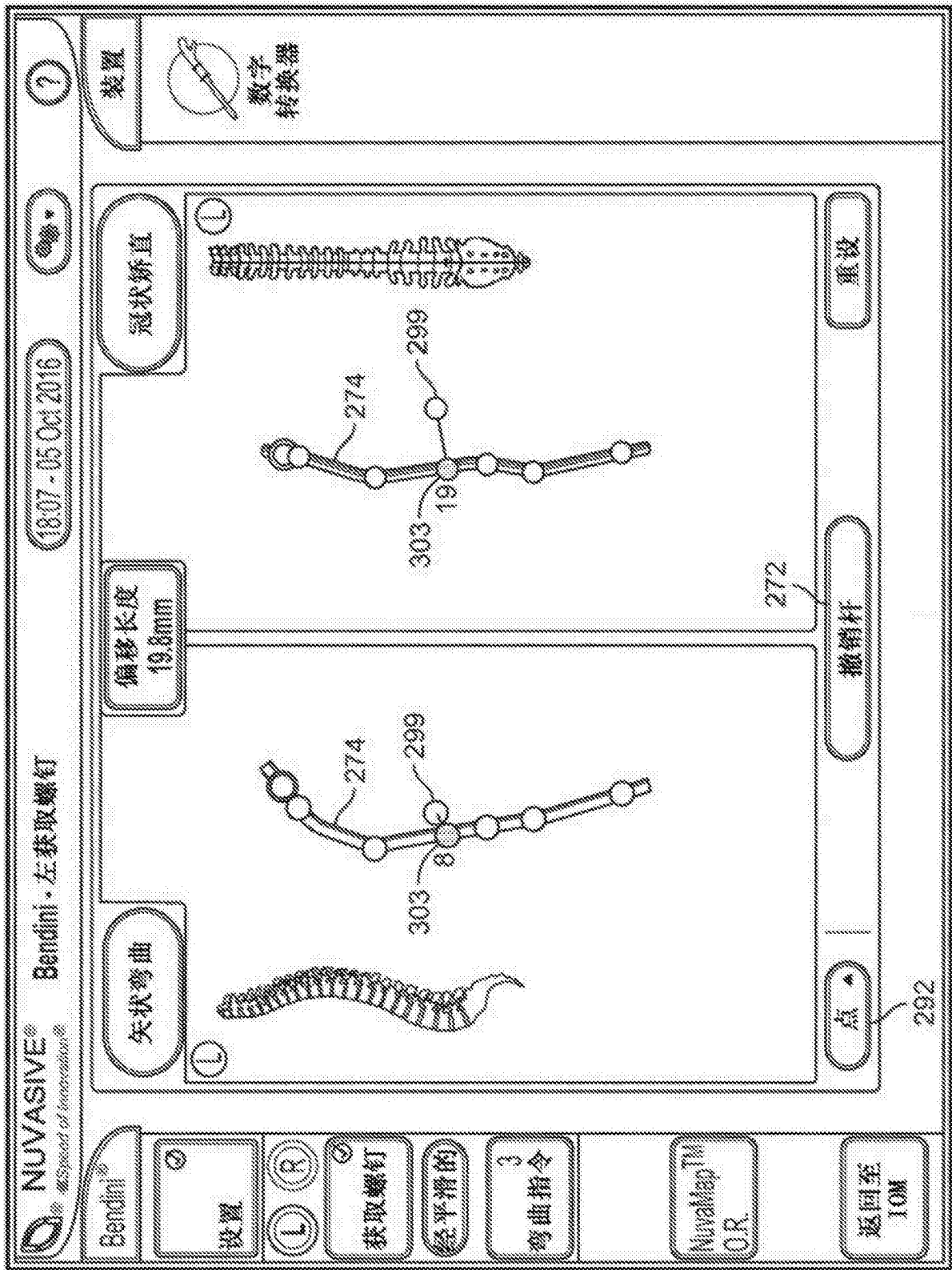


图69

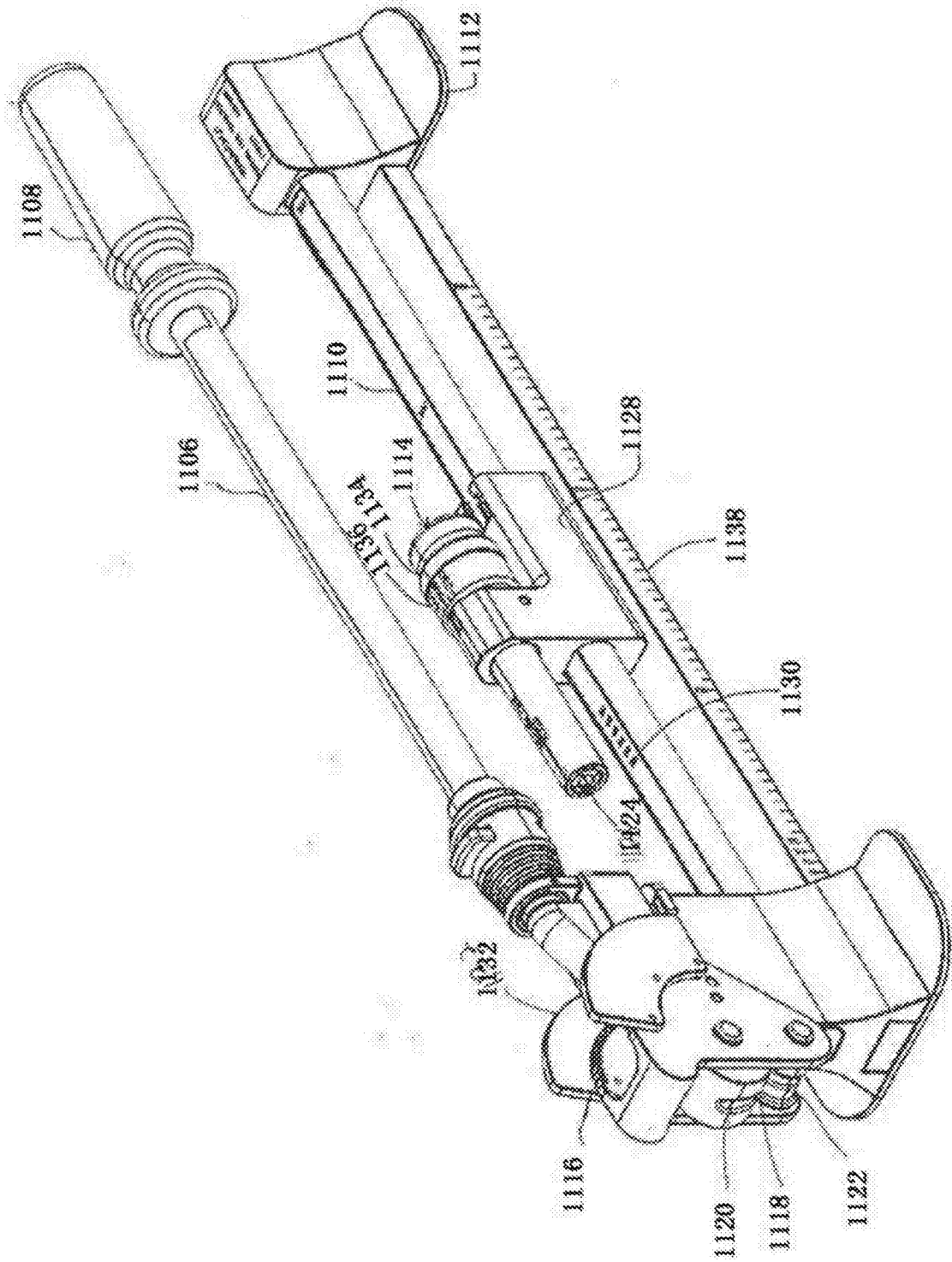


图70

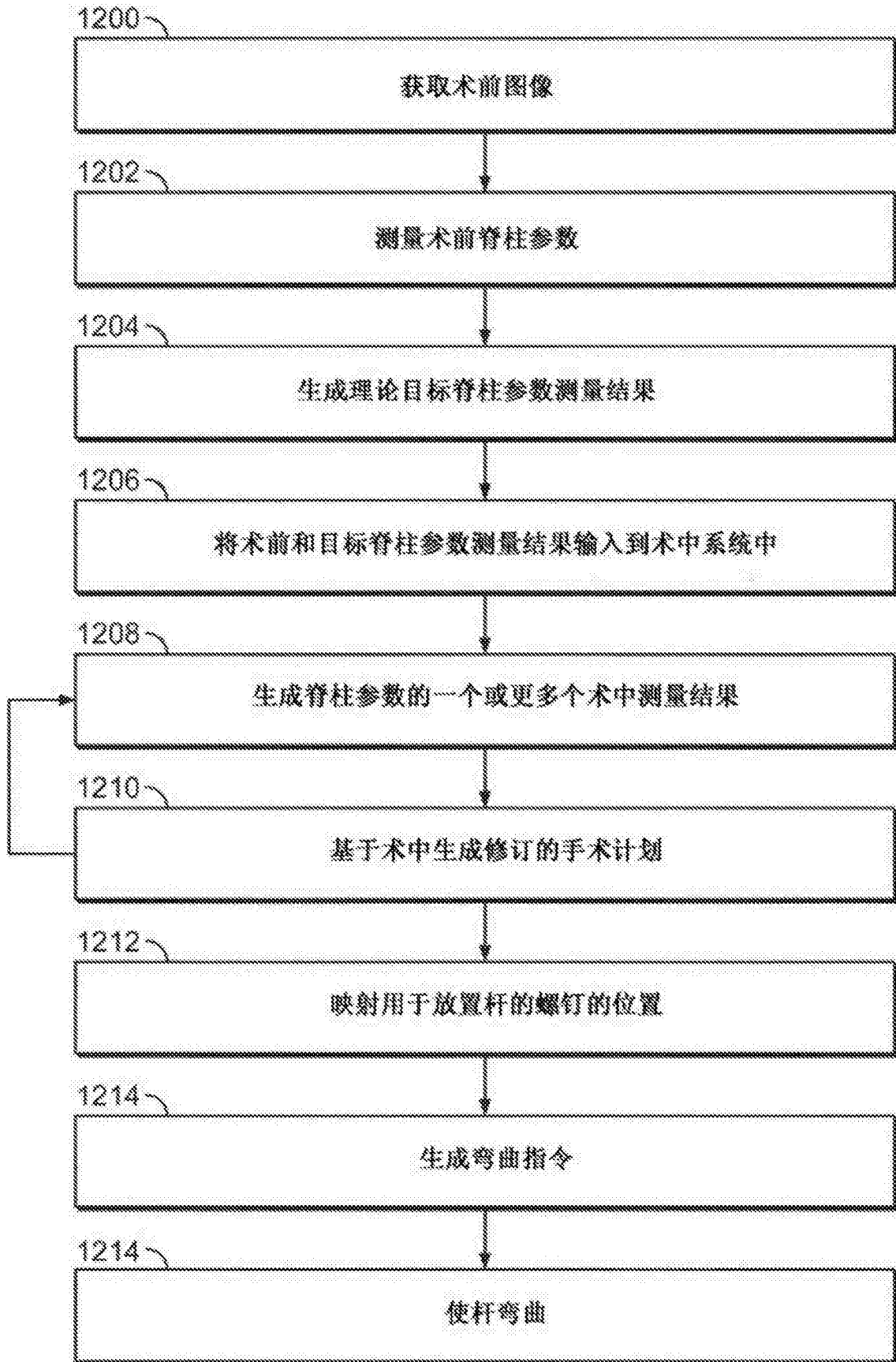


图71