



(21) 申请号 201880093137.2
(22) 申请日 2018.03.30
(65) 同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 112074841 A
(43) 申请公布日 2020.12.11
(85) PCT国际申请进入国家阶段日
 2020.11.03
(86) PCT国际申请的申请数据
 PCT/US2018/025383 2018.03.30
(87) PCT国际申请的公布数据
 W02019/190548 EN 2019.10.03
(73) 专利权人 瑞孚迪健康科学公司
 地址 美国马萨诸塞州
(72) 发明人 阿里·贝赫鲁兹
(74) 专利代理机构 北京安信方达知识产权代理有限公司 11262
 专利代理师 俞立文 杨明钊

(51) Int.Cl.
 G06V 10/25 (2022.01)
 G06T 7/11 (2017.01)
(56) 对比文件
 CN 107851312 A, 2018.03.27
 Andre Mastmeyer 等. A hierarchical 3D segmentation method and the definition of vertebral body coordinate systems for QCT of the lumbar spine.《Medical Image Analysis 10》.2006,第560页摘要第1-2段、566页2.1.3节、图7.
 Pleural effusion segmentation in thin-slice CT. Pleural effusion segmentation in thin-slice CT.《Medical Imaging 2009: Image Processing》.2009,第72593I-4页2.2节、图4.

审查员 袁玉

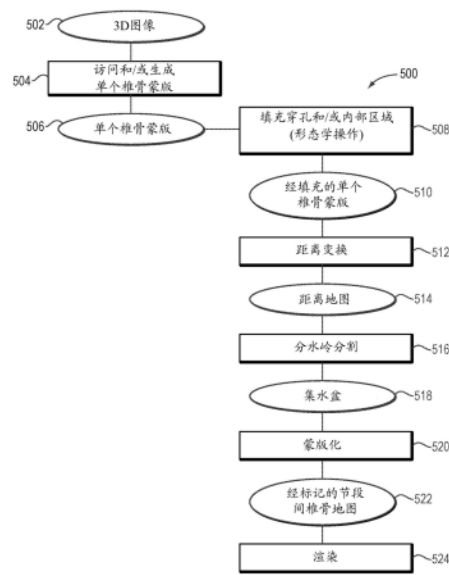
权利要求书3页 说明书20页 附图11页

(54) 发明名称

3D图像中自动检测和分割椎体的系统和方法

(57) 摘要

本文提出了允许在受试者的3D图像(例如, CT或微型CT图像)内识别和分割单个椎骨的椎体的系统和方法。在某些实施方案中, 本文所述的方法在受试者的3D图像中单个椎骨的图形表示内识别多个离散且可区分区域, 其中之一对应于所述单个椎骨的椎体。可以这样自动地或手动地(例如, 经由用户交互)对与所述椎体相对应的所述区域进行分类。以此方式识别椎体有助于3D图像的精简定量分析以进行骨科研究, 尤其是为快速且一致地评估椎体形态性状提供了基础。



1. 一种用于在受试者的3D图像中自动检测和分割特定椎骨的椎体的方法,所述方法包括:

(a) 由计算设备的处理器接收受试者的3D图像,其中所述3D图像包括所述受试者的一个或多个椎骨部分的图形表示;

(b) 对所述3D图像应用阈值化操作以生成识别所述3D图像的对应于骨骼的区域的二进制骨骼蒙版;

(c) 由所述处理器访问和/或生成单个椎骨蒙版,所述单个椎骨蒙版识别所述图形表示的经确定为对应于所述特定椎骨的一部分;

(d) 由所述处理器应用裁剪操作以将所述3D图像缩小到围绕所述单个椎骨蒙版的局部区域;

(e) 由所述处理器应用形态学膨胀操作以生长所述单个椎骨蒙版,从而生成经膨胀的单个椎骨蒙版;

(f) 向所述经膨胀的单个椎骨蒙版应用形态学孔洞填充操作,以填充所述经膨胀的单个椎骨蒙版内的一个或多个内部区域,从而生成经填充的单个椎骨蒙版;

(g) 由所述处理器通过对所述经填充的单个椎骨蒙版应用距离变换来确定距离地图,所述距离变换用于通过确定从所述经填充的单个椎骨蒙版的每个体素到最近边界的距离来识别蒙版中的薄结构;

(h) 由所述处理器将分水岭分割操作应用于所述距离地图,以从所述距离地图中识别出一组集水盆;

(i) 由所述处理器使用所述一组集水盆和所述单个椎骨蒙版确定经标记的节段间椎骨地图,其包括多个标记区域,所述标记区域之一对应于所述椎体;以及

(j) 由所述处理器渲染所述经标记的节段间椎骨地图的图形表示。

2. 如权利要求1所述的方法,其中步骤(c)包括由所述处理器分割所述3D图像以生成所述单个椎骨蒙版。

3. 如权利要求1或2所述的方法,其中步骤(c)包括:

由所述处理器分割所述3D图像以生成经标记的骨骼地图,所述经标记的骨骼地图包括多个标记区域,所述标记区域区分所述图形表示的与各个骨骼相对应的部分;

由所述处理器渲染所述经标记的骨骼地图的图形表示;

由所述处理器接收对所述多个标记区域中的至少一个的用户选择;以及

由所述处理器从所述用户选择的标记区域生成所述单个椎骨蒙版。

4. 如权利要求2或3所述的方法,其中所述分割所述3D图像包括将一个或多个二阶导数分裂滤波器应用于所述3D图像。

5. 如前述权利要求中任一项所述的方法,其中所述单个椎骨蒙版的至少一部分位于所述3D图像的边缘上,并且其中所述方法包括填充所述单个椎骨蒙版的位于所述3D图像的边缘上的所述部分的内部。

6. 如权利要求1所述的方法,所述方法包括通过由所述处理器执行形态学腐蚀操作精修所述经填充的单个椎骨蒙版。

7. 如权利要求6所述的方法,其中所述形态学膨胀操作使用具有基于所述3D图像的分辨率预设和/或自动确定的尺寸的膨胀元件。

8. 如权利要求6所述的方法,其中所述方法包括:由所述处理器接收膨胀元件尺寸值的用户输入并且在所述应用所述形态学膨胀操作中使用所述用户输入的膨胀元件尺寸。

9. 如前述权利要求中任一项所述的方法,所述方法包括:

(k) 在步骤(j)之后,由所述处理器通过图形用户界面(GUI)接收对所述节段间椎骨地图的对应于所述椎体的所述标记区域的用户选择;以及

(l) 由所述处理器确定所述节段间椎骨地图的椎体区域,所述椎体区域对应于所述用户选择。

10. 如权利要求9所述的方法,所述方法包括由所述处理器使用所述确定的椎体区域来确定一个或多个形态测量值。

11. 如权利要求10所述的方法,其中所述一个或多个形态测量值包括所述椎体的小梁部和/或皮质部的一个或多个形态性状的测量值。

12. 如前述权利要求中任一项所述的方法,其中所述受试者的所述3D图像是CT图像,并且其中所述方法包括获取所述CT图像。

13. 一种用于在受试者的3D图像中自动检测和分割特定椎骨的椎体的系统,所述系统包括:

计算设备的处理器;和

其上存储有指令的存储器,其中所述指令在由所述处理器执行时使所述处理器:

(a) 接收受试者的3D图像,其中所述3D图像包括所述受试者的一个或多个椎骨部分的图形表示;

(b) 对所述3D图像应用阈值化操作以生成识别所述3D图像的对应于骨骼的区域的二进制骨骼蒙版;(c) 访问和/或生成单个椎骨蒙版,所述单个椎骨蒙版识别所述图形表示的经确定为对应于所述特定椎骨的一部分;

(d) 由所述处理器应用裁剪操作以将所述3D图像缩小到围绕所述单个椎骨蒙版的局部区域;

(e) 应用形态学膨胀操作以生长所述单个椎骨蒙版,从而生成经膨胀的单个椎骨蒙版;

(f) 向所述经膨胀的单个椎骨蒙版应用形态学孔洞填充操作,以填充所述经膨胀的单个椎骨蒙版内的一个或多个内部区域,从而生成经填充的单个椎骨蒙版;

(g) 通过对所述经填充的单个椎骨蒙版应用距离变换来确定距离地图,所述距离变换用于通过确定从所述经填充的单个椎骨蒙版的每个体素到最近边界的距离来识别蒙版中的薄结构;

(h) 将分水岭分割操作应用于所述距离地图,以从所述距离地图中识别出一组集水盆;

(i) 使用所述一组集水盆和所述单个椎骨蒙版确定经标记的节段间椎骨地图,其包括多个标记区域,所述标记区域之一对应于所述椎体;并且

(j) 渲染所述经标记的节段间椎骨地图的图形表示。

14. 如权利要求13所述的系统,其中,在步骤(c)中,所述指令使所述处理器分割所述3D图像以生成所述单个椎骨蒙版。

15. 如权利要求13或14所述的系统,其中,在步骤(c)中,所述指令使所述处理器:

分割所述3D图像以生成经标记的骨骼地图,所述经标记的骨骼地图包括多个标记区域,所述标记区域区分所述图形表示的与各个骨骼相对应的部分;

渲染所述经标记的骨骼地图的图形表示；

接收对所述多个标记区域中的至少一个的用户选择；并且

从所述用户选择的标记区域生成所述单个椎骨蒙版。

16. 如权利要求14或15所述的系统，其中所述指令使所述处理器通过将一个或多个二阶导数分裂滤波器应用于所述3D图像来分割所述3D图像。

17. 如权利要求13至16中任一项所述的系统，其中所述单个椎骨蒙版的至少一部分位于所述3D图像的边缘上，并且其中所述指令使所述处理器填充所述单个椎骨蒙版的位于所述3D图像的边缘上的所述部分的内部。

18. 如权利要求13所述的系统，其中所述指令使所述处理器通过执行形态学腐蚀操作精修所述经填充的单个椎骨蒙版。

19. 如权利要求13或18所述的系统，其中所述指令使所述处理器使用具有基于所述3D图像的分辨率预设和/或自动确定的尺寸的膨胀元件来执行所述形态学膨胀操作。

20. 如权利要求13或18所述的系统，其中所述指令使所述处理器接收膨胀元件尺寸值的用户输入并且在所述应用所述形态学膨胀操作中使用所述用户输入的膨胀元件尺寸。

21. 如权利要求13至20中任一项所述的系统，其中所述指令使所述处理器：

(k) 在步骤(j)之后，通过图形用户界面(GUI)接收对所述节段间椎骨地图的对应于所述椎体的所述标记区域的用户选择；并且

(1) 确定所述节段间椎骨地图的椎体区域，所述椎体区域对应于所述用户选择。

22. 如权利要求21所述的系统，其中所述指令使所述处理器使用所述确定的椎体区域来确定一个或多个形态测量值。

23. 如权利要求22所述的系统，其中所述一个或多个形态测量值包括所述椎体的小梁部和/或皮质部的一个或多个形态性状的测量值。

24. 如权利要求13至23中任一项所述的系统，其中所述受试者的所述3D图像是CT图像。

3D图像中自动检测和分割椎体的系统和方法

技术领域

[0001] 本发明总体涉及图像处理与分析的方法和系统。更具体地说,在某些实施方案中,本发明涉及例如在用计算机层析成像(CT)扫描仪捕获的小型受试者(例如,小型动物;例如,小型哺乳动物)的解剖图像中椎体的自动检测和/或分割。

背景技术

[0002] 涉及哺乳动物体内成像的技术种类繁多,例如生物发光、荧光、层析成像和多模成像技术。小型哺乳动物的体内成像由例如肿瘤学、传染病和药物研发等各个领域的大量研究人员进行。

[0003] 体内微型计算机层析成像(以下称为“微型CT”)成像是一种基于x射线的技术,可以用高分辨率对组织、器官和非有机结构进行成像,尽管更高通量成像在保持可接受的准确性和图像细节的同时可以充分利用较低分辨率微型CT成像来加快图像采集和/或处理。微型CT发展迅速,需要低剂量扫描和快速成像方案以促进多模应用并启用纵向实验模型。体内成像通常涉及使用试剂(诸如荧光探针)对活动物体内的生物现象进行无创的时空可视化。多模成像涉及融合以不同方式获得的图像,例如,通过组合FMT、PET、MRI、CT和/或SPECT成像数据。

[0004] 图像分析应用和/或成像系统通常允许生物医学图像的可视化、分析、处理、分割、配准和测量。这些应用和系统还提供了体积渲染工具(例如,体积合成、深度阴影、渐变阴影、最大强度投影、累加体素投影、信号投影);操作函数(例如,以定义感兴趣结构区域、删除不需要的对象、编辑图像和对象地图);和测量函数(例如,用于计算表面体素的数量、暴露面的数量、区域的平面面积以及估计的区域表面积或体积)。

[0005] 图像分割技术通常用于识别与不同的感兴趣结构、器官和/或组织相对应的单独图像区域。若不同的感兴趣结构在本质上相似和/或发现彼此非常接近,则准确而稳健的图像分割可能会面临挑战。具体地说,尽管分割个别骨骼的表示(例如,以区分个别骨骼)本身就非常困难,然而为了区分它们的各个子区域而进一步分割个别骨骼可能会带来更大的挑战。例如,尽管个别骨骼在关节处自然地彼此物理分离,然而特定骨骼各个子区域之间的物理结构划分往往无法清晰辨别。但是,以此方式进一步分割个别骨骼(例如,以区分特定骨骼的各个子区域),对于针对骨骼形成、损伤与疾病的研究和/或诊断的成像方法很有用。

[0006] 例如,骨科研究通常涉及对骨骼形态性状(morphometric attribute)的定量分析。专注于椎骨形成、脊柱损伤以及诸如变性椎间盘疾病和骨质疏松症等疾病的研究测量了椎骨及其特定子区域的形态性状,以评估例如疾病状态和/或进展、损伤严重程度等。椎骨形态性状的测量和分析通常集中在每个椎骨的特定部分,称之为椎体(vertebral centrum)或椎体(vertebral body)。椎体是单个椎骨的厚椭圆形中央部分,包括被密质骨保护层围绕的松质骨组织,这形成皮质隔室。被称为椎弓根的结构从椎体的每一侧突出,并与椎板结合形成椎弓。椎体是椎骨中的主要承重结构,并且易于发展为压缩性骨折,特别是在患有退行性疾病诸如骨质疏松症的患者中。因此,椎骨的椎体区域的测量和分析对于骨

科学研究和/或诊断尤为重要。

[0007] 离体和/或体内骨骼形态性状测量通常使用微型CT成像获得,所述微型CT成像可提供骨骼与软组织之间的足够对比度。多个椎骨的示例性微型CT图像如图1A和图1B所示。在图1B中,三个椎骨各自的椎体均被手动识别。分析微型CT图像以测量椎体的形态性状可以提供有用的见解,以便深入了解受试者疾病和/或损伤的诊断、状态和进展,以及分析不同治疗方法的功效。然而,迄今为止,基于图像的椎骨形态性状分析一直依赖于椎体的手动识别(例如,通过用户绘制的手绘边界,如图1B所示)。

[0008] 因此,需要将个别骨骼自动分割成其各个组成子区域的改进系统和方法。具体地说,需要能够自动识别个别椎骨的椎体的系统和方法。

发明内容

[0009] 本文提出了允许在受试者的3D图像(例如,CT或微型CT图像)内识别和分割个别椎骨的椎体的系统和方法。在某些实施方案中,本文所述的方法在受试者的3D图像中个别椎骨的图形表示内识别多个离散且可区分区域,其中之一对应于个别椎骨的椎体。可以这样自动地或手动地(例如,经由用户交互)对与椎体相对应的区域进行分类。以此方式识别椎体有助于3D图像的精简定量分析以进行骨科研究,尤其是为快速且一致地评估椎体形态性状提供了基础。

[0010] 在某些实施方案中,为了提供图像中椎体区域的准确而稳健的识别和分割,本文描述的方法利用一系列图像处理步骤,这些图像处理步骤考虑并利用了关于个别椎骨和其椎体的特定物理结构的见解。

[0011] 在某些实施方案中,首先访问和/或生成单个椎骨蒙版,所述单个椎骨蒙版识别3D图像的与所感兴趣的特定个别椎骨相对应的一部分。然后将一系列特定的图像处理步骤应用于所述单个椎骨蒙版,以分离出与感兴趣椎骨的椎体相对应的椎体子区域。所使用的特定图像处理步骤利用了有关椎骨的特定物理几何结构以及将椎体与个别椎骨其他区域进行物理区分的方式的见解。本文中的方法包括以下步骤,这些步骤不仅利用了图像中表示这些物理特征以提供分割的方式,而且还解决了由与椎骨的某些物理结构相对应的图像特征导致的严重错误的源头。

[0012] 具体地说,图2A与图2B示出了个别椎骨的外观和剖面图。如本文中所述,及图2A中所示,从外部来看,椎体看似是一个厚的椭圆形实心骨骼结构,较窄的椎弓根从其突出。距离变换和后续分水岭分割操作的组合可用于在图形表示诸如蒙版变窄的点处将其细分。因此,这样的步骤组合提供了将单个椎骨蒙版的椎体区域与其他区域分开的潜力,这是基于与将椎体连接到椎骨其他部分的较窄连接区域相比椎体的表现厚度。

[0013] 然而,如图2A和图2B所示,虽然椎体202从外部看来是实心的,但是其内部(例如,小梁部分)252(不要与神经管204相混淆)包括精细结构和被骨髓与软组织占据的空腔。因此,在某些实施方案中,从3D图像生成以识别个别椎骨的单个椎骨蒙版具有空心的壳状结构,其代表与实心骨骼相对应的图像区域,而与软组织和骨髓相对应的区域通常被省略。另外,单个椎骨蒙版经常包括在蒙版的内部(例如,对应于骨髓和/或软组织区域的空腔)与外部之间延伸的穿孔。这些穿孔在物理上对应于常见的物理结构诸如骨骼内的血管,以及其他物理结构诸如肿瘤和/或裂缝。尽管一般情况下不太常见,但诸如肿瘤和裂缝之类的特征

可能会存在于为与分析和/或诊断某些疾病或损伤相关的骨科应用而成像的受试者的椎骨中。

[0014] 在某些实施方案中,单个椎骨蒙版中的空心空腔和/或穿孔妨碍了上述距离变换和分水岭分割操作准确而稳健地检测和分割单个椎骨蒙版的椎体区域。具体地说,单个椎骨蒙版内的穿孔和空心区域可在椎体区域本身内产生许多狭窄区域。由于椎体区域本身具有许多狭窄的特征,因此同样存在于椎体与其他椎骨区域之间的狭窄连接无法为椎体与其他区域之间的分离提供特异性。因此,应用于诸如蒙版的距离变换和分水岭分割操作会产生明显的过度分割错误,除了在椎体区域与其他区域的连接处之外,也在椎体区域内的狭窄特征处难以区分地细分单个椎骨蒙版。

[0015] 因此,在某些实施方案中,为了解决这种挑战,本文描述的椎体分割方法利用了填充步骤,所述填充步骤人为地填充单个椎骨蒙版中与穿孔和内部(例如,小梁)区域,诸如图2B中的区域252相对应的区域。这种方法将个别的单个椎骨蒙版从壳状结构变换成实心结构-经填充的单个椎骨蒙版。将距离变换和分水岭分割步骤应用于经填充的单个椎骨蒙版,与最初的单个椎骨蒙版相反,使他们能够成功利用个别椎骨的椎体与其他区域之间的狭窄连接,以准确而稳健地检测并分割椎体区域。因此,在执行距离变换和分水岭分割步骤之前包括这种填充步骤考虑了椎骨的独特物理几何结构,并避免了原本会由于空心或/或穿孔的最初获得的(例如生成的;例如访问的)单个椎骨蒙版而造成的过度分割错误。

[0016] 在某些实施方案中,所识别的椎体区域可用于对椎骨的椎体的小梁和皮质隔室的体积、表面(例如,表面积)、连接性和其他形态性状进行定量测量。此类测量用作例如评估受试者的疾病状态的有价值的度量,并且可以随时间重复执行以评估疾病进展和治疗功效。例如,在纵向研究中对小梁体积的自动定量可以洞察不同治疗对椎骨骨质疏松症的功效。

[0017] 值得注意的是,先前依赖于对椎体手动识别的测量形态性状的方法(例如经由如图1B所示的手绘边界)是麻烦的并且容易发生人为错误和不一致。相比之下,通过自动识别最多仅需要分类的椎体子区域[例如,经由用户的单次“肯定”点击(例如,作为基于鼠标的界面)或轻击(例如,经由触敏界面)],本文提供的系统和方法极大地精简了图像分析,从而能够快速执行更加准确和一致的分析。通过以此方式提高分析的准确性和速率,本文所述的系统和方法为骨科研究和诊断提供了有价值的工具。

[0018] 在一个方面,本发明涉及一种用于在受试者的3D图像(例如,受试者的解剖图像)中自动检测和分割特定椎骨的椎体的方法,所述方法包括:(a)由计算设备的处理器接收受试者的3D图像[例如,其中图像是解剖图像(例如CT图像,例如微型CT图像)],其中3D图像包括受试者的一个或多个椎骨部分的图形表示;(b)由处理器访问和/或生成单个椎骨蒙版,所述单个椎骨蒙版识别图形表示的经确定为与特定椎骨相对应的一部分[例如,其中单个椎骨蒙版是包括多个体素的二进制蒙版,每个单个椎骨蒙版体素对应于所接收的3D图像的体素,其中经识别为与特定椎骨相对应的单个椎骨蒙版体素被分配第一值(例如,数字1;例如,布尔(Boolean)‘真’)而其他体素(例如,经识别为不对应于特定椎骨)被分配第二值(例如,数字0;例如,布尔‘假’)];(c)由处理器应用一种或多种形态学操作(例如形态学膨胀;例如形态学孔洞填充;例如形态学腐蚀)以填充单个椎骨蒙版的穿孔和/或一个或多个内部区域,从而生成经填充的单个椎骨蒙版;(d)由处理器通过将距离变换应用于经填充的单个

椎骨蒙版来确定距离地图[例如,其中距离地图包括多个距离地图体素,每个距离地图体素对应于经填充的单个椎骨蒙版的体素并且具有(例如,被分配)代表从体素到最近边界和/或非骨骼体素(例如,经填充的单个椎骨蒙版的值为0的体素)的距离的距离值];(e)由处理器将分水岭分割操作应用于距离地图,以从距离地图中识别出一组集水盆[例如,通过将距离地图分成多个由分水岭线彼此分隔开的集水盆;例如,其中分水岭分割操作产生的分水岭蒙版包括多个集水盆(例如,每个集水盆对应于分配有第一值诸如数字1或布尔‘真’的体素的连接区域),其由分水岭线彼此分隔开(例如,每个分水岭线对应于分配有第二值诸如数字0或布尔‘真’的体素的连接线)];(f)由处理器使用集水盆组和单个椎骨蒙版确定包括多个标记区域的经标记的节段间椎骨地图,所述标记区域之一对应于椎体[例如,经标记的节段间椎骨地图对应于单个椎骨蒙版的标记版本,其中识别出单个椎骨蒙版的位于集水盆组的不同集水盆内的部分(例如,通过对集水盆组的每个集水盆和单个椎骨蒙版进行逻辑与(AND)运算),并相应标记以将它们彼此区分开];和(g)由处理器渲染经标记的节段间椎骨地图的图形表示[例如,用于显示给用户;例如,其中图形表示在视觉上区分了经标记的椎骨地图的标记不同的区域(例如,使用不同的颜色、阴影等)]。

[0019] 在某些实施方案中,步骤(b)包括由处理器分割3D图像以生成单个椎骨蒙版。

[0020] 在某些实施方案中,步骤(b)包括:由处理器分割3D图像,以生成包括多个标记区域的经标记的(经分割的)骨骼地图,所述多个标记区域区分了图形表示的与个别骨骼相对应的部分(例如,包括但不限于一个或多个椎骨部分;例如,经标记的(经分割的)骨骼地图的每个标记区域对应于图形表示的经确定为与特定个别骨骼相对应的一部分);由处理器渲染经标记的(经分割的)骨骼地图的图形表示[例如,用于显示给用户;例如,其中图形表示在视觉上区分了经标记的(经分割的)骨骼地图的标记不同的区域(例如,使用不同的颜色、阴影等)];由处理器接收所述多个标记区域中的至少一个的用户选择;以及由处理器从用户选择的标记区域生成单个椎骨蒙版。

[0021] 在某些实施方案中,分割3D图像包括将一个或多个二阶导数分裂滤波器应用于3D图像[例如,对图像应用一个或多个二阶导数分裂滤波器,以产生图像的去除了骨骼边界的经分裂的骨骼蒙版;通过执行一种或多种形态学处理操作来确定经分裂的骨骼蒙版的多个分裂二进制部件;以及使用经分裂的骨骼蒙版的分裂二进制部件作为种子执行区域生长操作,从而产生经标记的(经分割的)骨骼地图,其包括在3D图像中区分个别骨骼的多个标记区域]。

[0022] 在某些实施方案中,单个椎骨蒙版的至少一部分位于3D图像的边缘上,并且所述方法包括填充单个椎骨蒙版的位于3D图像的边缘上的部分的内部。

[0023] 在某些实施方案中,步骤(c)包括:由处理器应用形态学膨胀操作以生长单个椎骨蒙版(例如,以填充单个椎骨蒙版中的穿孔),从而生成经膨胀的单个椎骨蒙版;以及由处理器对经膨胀的单个椎骨蒙版应用形态学孔洞填充操作,以填充经膨胀的单个椎骨蒙版内的一个或多个内部区域,以生成经填充的单个椎骨蒙版。

[0024] 在某些实施方案中,所述方法包括通过由处理器执行形态学腐蚀操作(例如,使用形态学腐蚀元件,其尺寸与形态学膨胀操作中所用的形态学膨胀元件的尺寸相同和/或大约相等)来精修经填充的单个椎骨蒙版。

[0025] 在某些实施方案中,形态学膨胀操作使用具有基于3D图像的分辨率预设和/或自

动确定的尺寸的膨胀元件[例如,使得膨胀元件尺寸对应于基于(例如,大约等于;例如,稍大于)与从椎骨的外部延伸到内部的孔洞(例如,椎骨内的血管)相关的一个或多个物理特征的特定物理尺寸(例如,沿着每个维度从100至240微米)]。

[0026] 在某些实施方案中,所述方法包括:由处理器接收膨胀元件尺寸值的用户输入,以及在应用形态学膨胀操作时使用用户输入的膨胀元件尺寸(例如,使得用户可以扩大膨胀元件尺寸以考虑不常见特征,诸如经成像椎骨中的裂缝、肿瘤等)。

[0027] 在某些实施方案中,所述方法包括:(h)在步骤(g)之后,由处理器经由图形用户界面(GUI)接收对节段间椎骨地图的与椎体相对应的标记区域的用户选择;以及(i)由处理器确定节段间椎骨地图的椎体区域,所述椎体区域对应于用户选择[例如,(A)通过由处理器将用户选择的标记区域标记为对应于椎体(例如,并由处理器将剩余的标记区域标记为对应于椎骨的其他区域),从而产生经标记的椎体地图(例如,二进制地图),将其单个椎骨蒙版的与椎体相对应的区域与单个椎骨蒙版的其他区域区分开;例如,(B)通过由处理器生成椎体蒙版,所述椎体蒙版识别由用户选择的标记区域]。

[0028] 在某些实施方案中,所述方法包括由处理器使用所确定的椎体区域来确定一个或多个形态测量值(例如,用于诊断目的;例如,用于确定治疗功效)。

[0029] 在某些实施方案中,所述一个或多个形态测量值包括对椎体的小梁部和/或皮质部的一个或多个形态性状的测量值(例如,椎体的小梁部的体积)。

[0030] 在某些实施方案中,受试者的3D图像是CT图像(例如,微型CT图像),并且所述方法包括获取CT图像(例如,微型CT图像)。

[0031] 在另一个方面,本发明涉及一种用于在受试者的3D图像(例如,受试者的解剖图像)中自动检测和分割特定椎骨的椎体的系统,所述系统包括:计算设备的处理器;和其上存储有指令的存储器,其中所述指令在由处理器执行时使处理器:(a)接收受试者的3D图像[例如,其中图像是解剖图像(例如CT图像,例如微型CT图像)],其中3D图像包括受试者的一个或多个椎骨部分的图形表示;(b)访问和/或生成单个椎骨蒙版,所述单个椎骨蒙版识别图形表示的经确定为与特定椎骨相对应的一部分[例如,其中单个椎骨蒙版是包括多个体素的二进制蒙版,每个单个椎骨蒙版体素对应于所接收的3D图像的体素,其中经识别为与特定椎骨相对应的单个椎骨蒙版体素被分配第一值(例如,数字1;例如,布尔‘真’)而其他体素(例如,经识别为不对应于特定椎骨)被分配第二值(例如,数字0;例如,布尔‘假’)];(c)应用一种或多种形态学操作(例如形态学膨胀;例如形态学孔洞填充;例如形态学腐蚀)以填充单个椎骨蒙版的穿孔和/或一个或多个内部区域,从而生成经填充的单个椎骨蒙版;(d)通过将距离变换应用于经填充的单个椎骨蒙版来确定距离地图[例如,其中距离地图包括多个距离地图体素,每个距离地图体素对应于经填充的单个椎骨蒙版的体素并且具有(例如,被分配)代表从体素到最近边界和/或非骨骼体素(例如,经填充的单个椎骨蒙版的值为0的体素)的距离的距离值];(e)将分水岭分割操作应用于距离地图,以从距离地图中识别出一组集水盆[例如,通过将距离地图分成多个由分水岭线彼此分隔开的集水盆;例如,其中分水岭分割操作产生的分水岭蒙版包括多个集水盆(例如,每个集水盆对应于分配有第一值诸如数字1或布尔‘真’的体素的连接区域),其由分水岭线彼此分隔开(例如,每个分水岭线对应于分配有第二值诸如数字0或布尔‘真’的体素的连接线)];(f)使用集水盆组和单个椎骨蒙版确定包括多个标记区域的经标记的节段间椎骨地图,所述标记区域之一对

应于椎体[例如,经标记的节段间椎骨地图对应于单个椎骨蒙版的标记版本,其中识别出单个椎骨蒙版的位于集水盆组的不同集水盆内的部分(例如,通过对集水盆组的每个集水盆和单个椎骨蒙版进行逻辑与运算),并相应标记以将它们彼此区分开];和(g)渲染经标记的节段间椎骨地图的图形表示[例如,用于显示给用户;例如,其中图形表示在视觉上区分了经标记的椎骨地图的标记不同的区域(例如,使用不同的颜色、阴影等)]。

[0032] 在某些实施方案中,在步骤(b)中,指令使处理器分割3D图像以生成单个椎骨蒙版。

[0033] 在某些实施方案中,在步骤(b)中,指令使处理器:分割3D图像,以生成包括多个标记区域的经标记的(经分割的)骨骼地图,所述多个标记区域区分了图形表示的与个别骨骼相对应的部分(例如,包括但不限于一个或多个椎骨部分;例如,经标记的(经分割的)骨骼地图的每个标记区域对应于图形表示的经确定为与特定个别骨骼相对应的一部分);渲染经标记的(经分割的)骨骼地图的图形表示[例如,用于显示给用户;例如,其中图形表示在视觉上区分了经标记的(经分割的)骨骼地图的标记不同的区域(例如,使用不同的颜色、阴影等)];接收所述多个标记区域中的至少一个的用户选择;以及从用户选择的标记区域生成单个椎骨蒙版。

[0034] 在某些实施方案中,指令使处理器通过以下各项分割3D图像:将一个或多个二阶导数分裂滤波器应用于3D图像[例如,对图像应用一个或多个二阶导数分裂滤波器,以产生图像的去除了骨骼边界的经分裂的骨骼蒙版;通过执行一种或多种形态学处理操作来确定经分裂的骨骼蒙版的多个分裂二进制部件;以及使用经分裂的骨骼蒙版的分裂二进制部件作为种子执行区域生长操作,从而产生经标记的(经分割的)骨骼地图,其包括在3D图像中区分个别骨骼的多个标记区域]。

[0035] 在某些实施方案中,单个椎骨蒙版的至少一部分位于3D图像的边缘上,并且其中,指令使处理器填充单个椎骨蒙版的位于3D图像的边缘上的部分的内部。

[0036] 在某些实施方案中,在步骤(c)中,指令使处理器:应用形态学膨胀操作以生长单个椎骨蒙版(例如,以填充单个椎骨蒙版中的穿孔),从而生成经膨胀的单个椎骨蒙版;以及对经膨胀的单个椎骨蒙版应用形态学孔洞填充操作,以填充经膨胀的单个椎骨蒙版内的一个或多个内部区域,以生成经填充的单个椎骨蒙版。

[0037] 在某些实施方案中,指令使处理器通过执行形态学腐蚀操作(例如,使用形态学腐蚀元件,其尺寸与形态学膨胀操作中所用的形态学膨胀元件的尺寸相同和/或大约相等)来精修经填充的单个椎骨蒙版。

[0038] 在某些实施方案中,指令使处理器执行形态学膨胀操作,所述形态学膨胀操作使用具有基于3D图像的分辨率预设和/或自动确定的尺寸的膨胀元件[例如,使得膨胀元件尺寸对应于基于(例如,大约等于;例如,稍大于)与从椎骨的外部延伸到内部的孔洞(例如,椎骨内的血管)相关的一个或多个物理特征的特定物理尺寸(例如,沿着每个维度从100至240微米)]。

[0039] 在某些实施方案中,指令使处理器接收膨胀元件尺寸值的用户输入,并且在应用形态学膨胀操作时使用用户输入的膨胀元件尺寸(例如,使得用户可以扩大膨胀元件尺寸以考虑不常见特征,诸如经成像椎骨中的裂缝、肿瘤等)。

[0040] 在某些实施方案中,指令使处理器:(h)在步骤(g)之后,经由图形用户界面(GUI)

接收对节段间椎骨地图的与椎体相对应的标记区域的用户选择;以及(i)确定节段间椎骨地图的椎体区域,所述椎体区域对应于用户选择[例如,(A)通过将用户选择的标记区域标记为对应于椎体(例如,并将剩余的标记区域标记为对应于椎骨的其他区域),从而产生经标记的椎体地图(例如,二进制地图),其将单个椎骨蒙版的与椎体相对应的区域与单个椎骨蒙版的其他区域区分开;例如,(B)通过生成椎体蒙版,所述椎体蒙版识别由用户选择的标记区域]。

[0041] 在某些实施方案中,指令使处理器使用所确定的椎体区域来确定一个或多个形态测量值(例如,用于诊断目的;例如,用于确定治疗功效)。

[0042] 在某些实施方案中,所述一个或多个形态测量值包括对椎体的小梁部和/或皮质部的一个或多个形态性状的测量值(例如,椎体的小梁部的体积)。

[0043] 在某些实施方案中,受试者的3D图像是CT图像(例如,微型CT图像)。

附图说明

[0044] 通过参考以下结合附图的描述,本公开的前述和其他目的、方面、特征和优点将变得更加明显和更好地理解。其中:

[0045] 图1A是来自鼠模型的三个腰椎的灰度微型CT图像。

[0046] 图1B是来自鼠模型的三个腰椎的灰度微型CT图像,其中在三个腰椎的椎体周围(手动)绘制了感兴趣体积(VOI)边界。

[0047] 图2A是对应于小鼠T2椎骨的前视图(rostral view)的图像[改编自(I.A.Bab, C.Hajbi-Yonissi, Y.Gabet, 和R.Müller, Micro-Tomographic Atlas of the Mouse Skeleton, New York, NY, USA. Springer, 2007; 第68页)]。

[0048] 图2B是对应于小鼠T2椎骨的内部视图的图像[改编自(I.A.Bab, C.Hajbi-Yonissi, Y.Gabet, 和R.Müller, Micro-Tomographic Atlas of the Mouse Skeleton, New York, NY, USA. Springer, 2007; 第70页)]。

[0049] 图3是示出根据说明性实施方案的区分个别骨骼的经标记的(经分割的)骨骼地图的表示的图像,包括三个识别区域,其识别并区分三个腰椎。

[0050] 图4是示出根据说明性实施方案的使用本文描述的方法确定的经标记的节段间椎骨地图的表示的图像。

[0051] 图5是根据说明性实施方案的用于椎体自动检测和分割的过程的方框流程图。

[0052] 图6是根据说明性实施方案的用于椎体自动检测和分割的过程的方框流程图。

[0053] 图7A是示出根据说明性实施方案的使用本文所述的方法确定的经填充的单个椎骨蒙版的表示的图像。

[0054] 图7B是示出根据说明性实施方案的使用本文所述的方法确定的经填充的单个椎骨蒙版的剖面的表示的图像。

[0055] 图8A是示出根据说明性实施方案的对单个椎骨蒙版应用形态学膨胀操作的结果的表示的图像。

[0056] 图8B是示出根据说明性实施方案的对单个椎骨蒙版应用形态学填充操作的结果的表示的图像。

[0057] 图9是示出根据说明性实施方案的使用本文所述的方法确定的距离地图的表示的

图像。

[0058] 图10是在某些实施方案中使用的示例性云计算环境的框图。

[0059] 图11是在某些实施方案中使用的示例性计算设备和示例性移动计算设备的框图。

[0060] 当结合附图从下面阐述的详细描述中,本公开的特征和优点将变得更加明显,在附图中,相似的附图标记始终识别相应的元件。在附图中,相同参考数字一般指示相同、功能上类似和/或结构上类似的元件。

[0061] 定义

[0062] 在本申请中,除非另有说明,否则“或”的使用是指“和/或”。如在本申请中所使用,术语“包含”和该术语的变体,诸如“包含了”和“包含有”,并不意图排除其他添加物、组分、整数或步骤。如在本申请中所使用,术语“约”和“大约”被用作等同物。在本申请中使用的带有或不带有约/大约的任何数字旨在覆盖相关领域的普通技术人员所理解的任何正常波动。在某些实施方案中,术语“大约”或“约”是指取值范围,所述取值在规定参考值的任一方向(大于或小于)的25%、20%、19%、18%、17%、16%、15%、14%、13%、12%、11%、10%、9%、8%、7%、6%、5%、4%、3%、2%、1%或更少范围内,除非另有说明或从上下文中可以明显看出,以及除非此数字会超过可能值的100%。

[0063] 图像:如本上文所用,术语“图像”(例如,哺乳动物的三维图像)包括任何视觉表示,诸如照片、视频帧、流媒体视频,以及照片、视频帧或流媒体视频的任何电子、数字或数学模拟物。在某些实施方案中,本文所述的任何装置都包括用于显示图像或处理器产生的任何其他结果的显示器。在某些实施方案中,本文所述的任何方法都包括显示图像或通过所述方法产生的任何其他结果的步骤。

[0064] 3D,三维:如本文使用,提及“图像”时的“3D”或“三维”是指传达关于三个空间维度的信息。3D图像可以被呈现为三个维度的数据集和/或可以被显示为一组二维表示或三维显示。在某些实施方案中,将3D图像表示为体素(例如,体积像素)数据。

[0065] 各种医学成像设备和其他3D成像设备(例如,计算机层析成像扫描仪(CT扫描仪)、微型CT扫描仪等)输出包含体素的3D图像,或者将其输出转换为包含体素的3D图像以供分析。在某些实施方案中,体素对应于3D图像(例如3D阵列)中的唯一坐标。在某些实施方案中,每个体素以填充或未填充状态(例如,二进制ON或OFF)存在。

[0066] 蒙版:如本文所用,“蒙版”是识别2D或3D区域的图形图案,并用于控制图像或其他图形图案的部分的消除或保留。在某些实施方案中,将蒙版表示为二进制2D或3D图像,其中将2D图像的每个像素或3D图像的每个体素分配给二进制值集的两个值之一(例如,可以为每个像素或体素分配1或0,例如可以为每个像素或体素分配布尔“真”或“假”值)。

[0067] 二阶导数分裂滤波器:如本文所用,应用“二阶导数分裂滤波器”是3D图像(例如灰度3D图像)在多个体素中的每个体素处基于强度的二阶导数(或其近似值)的图像处理操作。在一些实施方案中,分裂滤波器衍生自高斯二阶导数滤波器,高斯二阶导数滤波器选自高斯拉普拉斯算子(LoG)、具有初步高斯滤波的最高Hessian特征值(HEH)和具有初步高斯滤波的最低Hessian特征值(LEH)。

[0068] 分裂线(Split-line)体素:如本文所用,术语“分裂线体素”是指给定图像和/或蒙版的被识别并用于从特定蒙版中去除体素从而分裂特定蒙版的体素。

[0069] 种子:如本文所用,术语“种子”是指一组体素(例如,一组相连的体素),用作生长

操作的最初起始区域,所述生长操作扩大种子的尺寸直到满足特定的停止标准为止。在某些实施方案中,生长操作通过向种子重复添加邻近的体素来扩大种子的尺寸。

[0070] 标签:如本文所用,术语“标签”是指链接到图像的特定区域的识别符(例如,识别符的计算机表示,诸如文本值、数字值、布尔值等)。

[0071] 受试者:如本文所用,术语“受试者”是指被成像的个体。在某些实施方案中,受试者是人。在某些实施方案中,受试者是小型动物。

[0072] 小型动物:如本文所用,“小型动物”是指可以用微型CT和/或微型MR成像仪成像的小型哺乳动物。在一些实施方案中,“小型动物”是指小鼠、大鼠、田鼠、兔子、仓鼠和类似大小的动物。

[0073] 骨骼、骨骼组织:如本文所用,术语“骨骼”和“骨骼组织”是指任何骨组织,并且包括例如正常骨骼和异位骨化(HO)。

[0074] 椎骨部分:如本文所用,术语“椎骨部分”是指个别椎骨的一部分,包括直至全部个别椎骨(例如,椎骨部分可以是整个个别椎骨)。

[0075] 链接:如本文所用,术语“链接”和“链接的”如在第一数据结构或数据元素链接到第二数据结构或数据元素中情形,指的是两个数据结构或数据元素之间的以电子方式存储(例如在计算机存储器中)的关联的计算机表示。

[0076] 提供:如本文所用,术语“提供”如在“提供数据”中的情形,指的是在不同软件应用程序、模块、系统和/或数据库之间传递数据的过程。在某些实施方案中,提供数据包括由过程执行指令,以在软件应用程序之间或同一软件应用程序的不同模块之间传输数据。在某些实施方案中,软件应用程序可以文件的形式向另一应用程序提供数据。在某些实施方案中,应用可以向同一处理器上的另一应用提供数据。在某些实施方案中,标准协议可以用于向不同资源上的应用程序提供数据。在某些实施方案中,软件应用程序中的模块可以通过将参数传递给另一个模块来向另一个模块提供数据。

具体实施方式

[0077] 可以预期,本发明的系统、架构、设备、方法和过程包括使用来自本文所述实施方案的信息所发展出的变更和适应性变化。如本说明书所预期的,可以执行本文所述的系统、架构、设备、方法和过程的适应性变化和/或修改。

[0078] 在整个说明书中,当物品、设备、系统和架构被描述为具有、包含或包括特定部件时,或者当过程和方法被描述为具有、包含或包括特定步骤时,可以预期,另外,存在主要由或由所叙述的部件组成的本发明的物品、装置、系统和架构,并且存在主要由或由所叙述的处理步骤组成的根据本发明的过程和方法。

[0079] 应当理解,只要本发明保持可操作,步骤的顺序或执行某些动作的顺序就无关紧要。另外,两个或更多个步骤或动作可同时进行。

[0080] 本文(例如,在背景技术部分中)提及的任何公开案均不承认该公开案就本文提出的任何权利要求而言是现有技术。提供背景技术部分是为了清楚的目的,并不意味着对任何权利要求的现有技术的描述。

[0081] 如所指出的,文献是以引用的方式并入本文。如果特定术语的含义存在任何分歧,则以上面“定义”部分中提供的含义为准。

[0082] 标题的提供在于方便读者,而标题的存在和/或安排无意限制所描述主题的范围。

[0083] 本文描述了用于在3D图像内检测和分割椎体的图形表示的系统和方法。在某些实施方案中,本文描述的系统和方法提供了一种工具,所述工具接收受试者的3D图像并使用图像处理操作的组合来识别3D图像的与个别椎骨的椎体的图形表示相对应的区域。

[0084] 在某些实施方案中,本文描述的方法在识别个别椎骨的单个椎骨蒙版上操作,以便将每个单个椎骨蒙版进一步分割成多个离散且可区分的子区域,包括椎体子区域(例如,单个椎体子区域)。以此方式,本文描述的椎体分割方法从单个椎骨蒙版以自动化方式生成经标记的节段间椎骨蒙版。经标记的节段间椎板蒙版包括多个标记区域,其中之一对应于椎体区域。椎体区域可以被自动分类(例如,分类为对应于椎体)或者可以手动地分类,例如经由用户交互。

[0085] 例如,图3示出了从图1A和图1B所示的3D微型CT图像生成的经标记的(经分割的)骨骼地图300。经标记的(经分割的)骨骼地图300包括区分个别骨骼的多个标记区域,包括识别和区分三个腰椎的三个标记区域302、304和306。如本文所述,可以选择与感兴趣的个别椎骨相对应的特定标记区域,并将其用于生成与感兴趣的个别椎骨相对应的单个椎骨蒙版。

[0086] 然后分析单个椎骨蒙版以生成经标记的节段间地图,该经标记的节段间地图包括多个可区分且经标记的区域,其中之一对应于感兴趣的特定椎骨的椎体。图4示出了针对经由图3的区域304所识别的中间(L4)椎骨而生成的经标记的节段间椎骨地图400的表示。节段间单个椎骨地图400包括多个经标记的子区域402、404、406、408和410。子区域404对应于椎体。如本文所述,一旦生成了经标记的节段间椎骨地图400,就可以这样通过进一步的自动处理或手动地通过简单的精简用户交互(诸如在图形用户界面(GUI)上呈现的表示中的椎体区域上的单次“肯定”点击)来将与椎体404相对应的子区域进行分类。

[0087] 如本文所述,确保生成包括准确且一致地识别椎体子区域的子区域的经标记的节段间椎骨地图是不平凡的。具体地说,本文描述的椎体分割方法利用一系列图像处理步骤,这些图像处理步骤考虑并利用了关于例如2A和图2B所示的个别椎骨和其椎体的特定物理结构的见解。

[0088] 具体地说,本文描述的椎体分割方法利用填充步骤,所述填充步骤人为地填充单个椎骨蒙版的与穿孔和内部(例如,小梁)区域(诸如图2B中的区域252)(不要与神经管204相混淆)相对应的区域。所述方法允许经由利用了个别椎骨的椎体与其他区域之间的狭窄连接(例如,‘颈部’)的距离变换和分水岭分割步骤来识别个别椎骨的表示的椎体区域202。如本文所述,距离变换和分水岭分割步骤通过识别这些狭窄连接(例如,‘颈部’)来提供椎骨表示的椎体区域与其他部分的分离,而填充步骤避免了过度分割错误,这些过度分割错误原本将会由于例如内部小梁区域(诸如图2B所示)的较低密度和精细子结构从而使最初获得的(例如,访问的;例如,生成的)单个椎骨蒙版具有空心的壳状结构而发生。

[0089] 具体地说,本文描述的椎体分割方法利用填充步骤,所述填充步骤人为地填充单个椎骨蒙版的与穿孔和内部(例如,小梁)区域(诸如图2B中的区域252)(不要与神经管204相混淆)相对应的区域。所述方法允许经由利用了个别椎骨的椎体与其他区域之间的狭窄连接(例如,‘颈部’)的距离变换和分水岭分割步骤来识别个别椎骨的表示的椎体区域202。如本文所述,距离变换和分水岭分割步骤通过识别这些狭窄连接(例如,‘颈部’)来提供椎

骨表示的椎体区域与其他部分的分离,而填充步骤避免了过度分割错误,这些过度分割错误原本将会由于例如内部小梁区域(诸如图2B所示)的较低密度和精细子结构从而使最初获得的(例如,访问的;例如,生成的)单个椎骨蒙版具有空心的壳状结构而发生。

[0090] 图5示出了用于在图像中检测和分割个别椎骨的椎体的示例过程500。过程500开始于接收受试者的3D图像502,诸如3D微型CT图像。在某些实施方案中,3D微型CT图像包括多个体素,每个体素代表被成像的受试者的区域内的特定3D体积。3D图像的每个体素具有提供对比度量度的强度值,如通过用于获得3D图像的特定成像模态所检测到的。例如,可以使用亨氏(Hounsfield)单位值来表示3D微型CT图像的体素强度,所述亨氏单位值提供了X射线在由微型CT检测器的X射线检测器检测到之前穿过受试者的各个区域时经历的衰减的量度。

[0091] 在某些实施方案中,被成像的受试者的区域包括各个骨骼,包括个别椎骨部分。因此,所接收的3D图像包括(例如,除其他外)一个或多个个别椎骨部分的图形表示。如本文所述,图1A和图1B示出了鼠模型的三个腰椎的微型CT图像的图像。在这些图中,深灰色区域对应于骨骼的图形表示。图1B中所示的图像的对应于个别椎骨的椎体的特定区域(已手动地识别(例如,经由用户在图像上手动地绘制))在图中画出了轮廓。

[0092] A. 个别椎骨和单个椎骨蒙版的分割

[0093] 返回图5,在另一个步骤504中,访问和/或生成单个椎骨蒙版506。例如,本文描述的系统和方法可以访问已生成的单个椎骨蒙版并在其上操作,然后所述已生成的单个椎骨蒙版如本文所述进行进一步分割;或者可以包括生成单个椎骨蒙版的步骤,所述单个椎骨蒙版经进一步分割以生成节段间椎骨蒙版。

[0094] 单个椎骨蒙版506是识别3D图像的一部分的蒙版,所述部分经确定为对应于其椎体将被识别和分割的感兴趣的特定椎骨。例如,单个椎骨蒙版506可以是包括多个体素的二进制蒙版,每个体素对应于3D图像的体素。经识别为与特定椎骨相对应的体素被分配第一值,诸如数字1或布尔‘真’,而其他体素被分配第二值,诸如数字0或布尔‘假’。

[0095] 在某些实施方案中,单个椎骨蒙版506是已生成的单个椎骨蒙版,并且步骤504包括访问已生成的单个椎骨蒙版。这种单个椎骨蒙版可以例如存储在存储器中并被访问。

[0096] 在某些实施方案中,步骤504包括生成单个椎骨蒙版506。可以使用多种方法来生成单个椎骨蒙版,包括感兴趣的特定单个椎骨的手动识别,诸如经由用户交互,其中用户手动绘制感兴趣的特定椎骨的边界。

[0097] 在某些实施方案中,利用了更加精简和稳健的方法,其中使用自动分割方法在图像内识别个别骨骼(包括但不限于个别椎骨部分)。

[0098] 例如,图6示出了用于椎体检测和分割的过程600的特定实施方案,所述过程包括用于生成单个椎骨蒙版506的附加步骤。在某些实施方案中,附加步骤用于自动地分割以3D图像表示的个别骨骼。在图6所示的实施方案中,对3D图像应用阈值化操作602以生成识别3D图像的对应于骨骼的区域的二进制骨骼蒙版604。例如,可以基于3D图像502的对应体素的强度是高于还是低于特定阈值,为二进制骨骼蒙版的体素分配第一值或第二值。阈值化操作602可以使用相同的单个阈值作为与3D图像的每个体素的强度进行比较的特定阈值,或者可以从多个阈值中选择特定阈值,诸如在滞后阈值化方法中。在某些实施方案中,当3D图像的体素的强度高于特定阈值时,将其识别为骨骼,并且对二进制骨骼蒙版602的对应体

素分配第一值(例如,数字1;例如,布尔‘假’),而当3D图像的体素的强度低于特定阈值时,将其识别为不与骨骼相对应,并为二进制骨骼蒙版602的对应体素分配第二值(例如,数字0;例如布尔‘假’)。在以下文献中更详细地描述了用于生成在3D图像中将骨骼体素与非骨骼体素区分开的蒙版的阈值化方法:2015年7月29日提交的美国专利申请14/812,483;2015年7月29日提交的PCT申请PCT/US15/42631;和2017年5月24日提交的美国专利申请15/604,350,其各自的内容通过引用整体并入本文。

[0099] 二进制骨骼蒙版604然后可以经由骨骼分离步骤606被分裂成多个区域,每个区域对应于不同的个别骨骼。可以能区分地标记不同的区域,以生成经标记的(经分割的)骨骼地图608,其区分图形表示的对应于不同个别骨骼的区域。

[0100] 在某些实施方案中,骨骼分离步骤606包括将一个或多个二阶导数滤波器应用于3D图像,例如,如2015年7月29日提交的美国专利申请14/812,483和2015年7月29日提交的PCT申请PCT/US15/42631中所述的骨骼分离方法。具体地说,在这种方法中,可以将一个或多个二阶导数应用于3D图像以产生图像的去除了骨骼边界的经分裂的骨骼蒙版。可以执行形态学处理操作以确定经分裂的骨骼蒙版的分裂二进制部件,然后将其用作区域生长操作的种子以产生经标记的(经分割的)骨骼地图(在2015年7月29日提交的专利申请14/812,483和2015年7月29日提交的PCT申请PCT/US15/42631中的“分割地图”),其包括区分3D图像中的个别骨骼的多个标记区域。

[0101] 在生成经标记的(经分割的)骨骼地图608之后,可以选择610对应于感兴趣的特定个别椎骨的特定标记区域,并将其用于生成单个椎骨蒙版506。可以自动地或者基于来自用户的输入以半自动方式来选择与特定个别椎骨相对应的区域。例如,可以渲染经标记的(经分割的)骨骼地图的图形表示以显示给用户。可以例如通过不同的颜色、灰度阴影等在视觉上区分经渲染的图形表示中标记不同的区域。然后,用户可以例如通过‘点击’(例如,用鼠标)或‘轻击’(例如,使用触敏界面)简单地识别与感兴趣的个别椎骨相对应的特定区域。然后可以生成识别此区域的蒙版并将其用作单个椎骨蒙版506。以此方式,用户可以通过图形用户界面(GUI)中的单次快速‘点击’或‘轻击’来选择供分割和/或分析的特定个别椎骨。

[0102] B. 椎体区域的检测和分割

[0103] 在某些实施方案中,一旦获得单个椎骨蒙版506(例如,通过本文所述的系统和方法访问或生成),本文所述的椎体分割方法就在单个椎骨蒙版506上操作以生成经标记的节段间椎骨地图522,诸如图4中所示的实例。

[0104] 将椎体区域与单个椎骨蒙版的与个别椎骨的其他部分相对应的其他区域分离开是不平凡的。本文描述的方法包括特定处理步骤,这些步骤利用了个别椎骨的物理特征,而且解决了某些特征所存在的图像处理挑战。

[0105] B.i 经填充的单个椎骨蒙版的生成

[0106] 在某些实施方案中,本文所述的方法包括执行一种或多种形态学操作以填充单个椎骨蒙版508的穿孔和/或内部区域,从而生成经填充的单个椎骨蒙版510。此填充步骤508解决了由个别椎骨的结构特征、特别是其内部小梁区域以及穿过椎体的皮质外壳并形成开口的血管和其他精细结构所带来的图像处理挑战。

[0107] 如图3A和图3B所示,椎体对应于个别椎骨的圆柱形区域,其通过相对窄的结构连接到个别椎骨的其他区域。然而,椎骨的内部不是实心的、致密的骨骼,而是包括骨髓、软组织

织和各种其他精细结构,如图2B所示。由于椎骨外部部分和内部部分的密度不同,因此椎骨的外部部分和内部部分在微型CT图像中表现为不同的灰度强度(例如,具有较低强度值的内部软组织区域,其代表不太致密的组织)。继而,从此类图像生成的单个椎骨蒙版不是实心的,而是壳状的,并且包括空心的内部区域(例如,被标记为数字‘0’或布尔假值的内部体素)。

[0108] 通过填充这些内部区域以生成经填充的单个椎骨蒙版510,本文描述的方法将空心的、壳状的单个椎骨蒙版506变换成实心结构。执行后续的距离变换512和分水岭分割操作516能够将个别椎骨的椎体区域与其他子区域分离开,这是基于经填充的单个椎骨蒙版中椎体区域与蒙版中将其与其他子区域连接的部分相比的相对厚度。

[0109] 值得注意的是,距离变换用于通过确定从蒙版的每个体素到最近边界(例如,到最近的数字‘0’或布尔‘假’值的体素)的距离来识别蒙版中的薄结构(例如‘颈部’)。因此,生成经填充的单个椎骨蒙版并使用经填充的单个椎骨蒙版执行后续的距离变换512避免了严重的过度分割错误,所述过度分割错误原本是对作为最初访问和/或生成的空心、壳状单个椎骨蒙版应用距离变换而产生的结果。此类过度分割错误将例如代替图4中实例的单个、容易识别的椎体区域404,导致多个较小的、可能模糊的子区域。

[0110] 在某些实施方案中,用于生成经填充的单个椎骨蒙版510的填充步骤508使用形态学膨胀操作632和形态学孔洞填充操作634完成,如图6的详细示例过程600所示。执行形态学膨胀632以生长单个椎骨蒙版506及填充其中的穿孔,并生成经膨胀的单个椎骨蒙版。此类穿孔通常对应于从壳状单个椎骨蒙版506的内部延伸到外部的小孔洞。这些穿孔是由从椎骨的内部(例如,骨髓部分)延伸到外部的诸如血管的物理结构导致的。因此,形态学膨胀操作632可使用膨胀元件,所述膨胀元件的尺寸基于通常造成个别椎骨中的穿孔的诸如血管之类的物理结构的尺寸。例如,基于3D图像502的分辨率,可以确定(例如,自动地)体素中膨胀元件的尺寸以对应(例如,大约大于或等于)与血管相关的特定物理尺寸。例如,对于沿着每体素每个维度的分辨率大约20至30 μm 的3D图像,将使用沿着一个或多个维度具有5至8个体素的尺寸的膨胀元件(例如,对应于沿着一个或多个维度大约100至240 μm 的物理尺寸)。

[0111] 在某些实施方案中,膨胀元件的尺寸可以是用户能够自己调整的用户暴露参数。这对于考虑例如由于椎骨中的肿瘤和/或裂缝而存在异常大的穿孔的某些情况是有用的。用户可以增大或输入用于膨胀元件的尺寸的特定值以考虑此类特征。

[0112] 在某些实施方案中,执行形态学孔洞填充操作634以填充在形态学膨胀操作632之后生成的经膨胀的单个椎骨蒙版中的一个或多个内部区域。因此,形态学孔洞填充操作634填充单个椎骨蒙版的内部区域,所述内部区域物理上对应于单个椎骨蒙版代表的特定个别椎骨的骨髓和软组织内部区域。在某些实施方案中,有必要在执行形态学孔洞填充操作634之前首先通过形态学膨胀操作632消除单个椎骨蒙版中的穿孔。具体地说,当将某些形态学孔洞填充操作应用于具有穿孔的蒙版时,可能会失败,所述穿孔妨碍内部区域的轮廓分明。图8A示出了在形态学膨胀操作之后的示例性的经膨胀的单个椎骨蒙版,并且图8B示出了在形态学孔洞填充操作之后的示例性的经填充的单个椎骨蒙版。

[0113] 在某些实施方案中,通过应用形态学膨胀和孔洞填充操作而生成的经填充的单个椎骨蒙版使用形态学腐蚀操作636进行精修。因为除了填充穿孔之外,形态学膨胀操作还使

单个椎骨蒙版向外生长,所以使用尺寸与膨胀元件尺寸大致相同的腐蚀元件执行的形态学腐蚀操作636可用来抵消此生长效应。

[0114] 因此,通过如本文所述填充壳状单个椎骨蒙版506的穿孔和/或内部区域,可以生成与经填充的固体对象相对应的经填充的单个椎骨蒙版510。图7A和图7B示出了在形态学腐蚀步骤636之后,由图6所示的示例过程600生成的经填充的单个椎骨蒙版的表示。图7B示出了穿过图7A所示的经填充的单个椎骨蒙版的剖面图。如图所示,单个椎骨蒙版的内部是实心的并且被填充-单个‘孔洞’物理上对应于单个椎骨蒙版代表的物理椎骨的神经管204。经填充的单个椎骨蒙版所代表的物理个别椎骨的精细结构和内部区域,诸如图2B中所示的252不存在,已通过上述填充方法被填充。

[0115] 在某些实施方案中,例如在填充步骤508之前执行附加步骤。举例来说,如图6的过程600所示,可以执行任选的自动裁剪步骤620和/或填充图像边框步骤622。自动裁剪步骤620将3D图像裁剪到围绕单个椎骨蒙版的局部区域。以此方式缩小图像尺寸可以例如提高下游处理步骤的速度。当单个椎骨蒙版识别出部分看不见的特定个别椎骨时,可以包括填充图像边框步骤622。在此情况下,单个椎骨蒙版的一部分位于3D图像的边框上。类似于在某些实施方案中,在执行形态学孔洞填充步骤之前需要填充(例如,通过形态学膨胀操作)单个椎骨蒙版中的穿孔的方式,经由填充图像边框步骤622填充单个椎骨蒙版的剖面中位于图像边框上的开放区域,从而‘封盖’单个椎骨蒙版的在图像边框上的开放端。

[0116] B.ii距离变换和距离地图确定

[0117] 在某些实施方案中,过程500包括将距离变换512应用于经填充的单个椎骨蒙版510以确定距离地图514的步骤。距离变换对于经填充的单个椎骨蒙版中与骨骼对应的每个体素确定[例如,分配第一值(例如,数字1;例如,布尔‘假’)]从该体素到3D图像的最近边界或软组织区域的距离[例如,到经填充的单个椎骨蒙版的具有第二值(例如,数字0;例如,布尔‘假’)的最近体素的距离]。距离变换因此产生距离地图514,其包括多个体素,每个体素对应于经填充的单个椎骨蒙版510的体素并且具有(例如被分配)代表从体素到最近边界和/或非骨骼体素(例如,经填充的单个椎骨蒙版的值为0的体素)的距离的距离值。

[0118] 通过将距离变换应用于图7A中经填充的单个椎骨蒙版所确定的示例距离地图在图9中示出。距离地图体素的值以灰度及使用轮廓线表示。轮廓线内部的区域对应于比轮廓线外部区域更厚的区域。在轮廓线外部,从深到浅灰色的阴影表示厚度减小(例如,与边界的距离减小),白色代表0距离。因此,骨骼的最厚区域(主要对应于椎体区域)显示在较大的中心轮廓内,而图像中最薄的区域(诸如椎弓根)显示为在轮廓线外部,并且随着距离接近0而褪成白色。

[0119] B.iii分水岭分割

[0120] 在某些实施方案中,一旦确定了距离地图,就将分水岭分割步骤516应用于距离地图514。分水岭分割步骤516包括分水岭分割操作,诸如H-极值分水岭分割,其识别出距离地图中的一组集水盆518和/或分水岭线。距离地图的集水盆518对应于较厚的骨骼区域,由距离地图内的较大距离值表示。集水盆518通过分水岭线彼此分隔开,分水岭线对应于与窄连接物对应的体素的连接线。因此,经填充的单个椎骨蒙版510的厚实的椎骨中央区域由一个集水盆表示,而对应于特定个别椎骨的通过狭窄连接附接到椎体的椎弓根和其他结构的区域由其他集水盆表示。

[0121] 在某些实施方案中,分水岭分割操作将距离地图划分成多个由分水岭线彼此分隔开的集水盆。在某些实施方案中,分水岭分割操作产生包括多个集水盆(例如,每个集水盆对应于被分配第一值诸如数字1或布尔‘真’的体素的连接区域)的分水岭蒙版,所述多个集水盆通过分水岭线(例如,每个分水岭线对应于被分配第二值诸如数字0或布尔‘真’的体素的连接线)彼此分隔开。

[0122] B.iv蒙版化和经标记的节段间椎骨地图的生成

[0123] 在某些实施方案中,蒙版化步骤520使用经由分水岭分割步骤516生成的集水盆组518以及单个椎骨蒙版506来生成节段间椎骨地图522。蒙版化步骤520包括识别单个椎骨蒙版的位于组518中的不同集水盆内的部分并相应地对其进行标记,以便将它们彼此区分开。例如,单个椎骨蒙版506的位于特定集水盆内的特定部分可以如下识别:在单个椎骨蒙版506与特定集水盆之间进行逐体素的逻辑与运算,并对结果进行标记[例如,对具有第一值(例如,数字1;例如布尔‘真’)的每个体素分配标记值(例如特定整数值)]。可以针对组518中的每个集水盆重复此过程,不同地标记每个结果以区分单个椎骨蒙版506的不同区域。以此方式,生成经标记的节段间椎骨地图,诸如图4所示的实例400。如本文所述,经标记的节段间椎骨地图522对应于单个椎骨蒙版506的标记版本,其中单个椎骨蒙版506的位于集水盆组中的不同集水盆内的部分被识别并相应地标记。借助于本文描述的处理操作的组合,可以经由节段间椎骨地图中的单个、容易识别的标记区域来表示椎体。

[0124] C.附加处理

[0125] C.i用于椎体子区域的分类的用户交互

[0126] 在某些实施方案中,一旦生成经标记的节段间椎骨地图522,就对经标记的节段间椎骨地图522的图形表示进行渲染524以供呈现给用户,例如在图形用户界面内(GUI)内。然后用户可以通过GUI选择对应于椎体的区域。一旦用户例如选择了经标记的节段间椎骨地图的哪个标记区域对应于椎体,就可以将该区域这样标记(例如,标记为对应于椎体)。此方法可用于例如产生二进制标记图,所述二进制标记图区分了3D图像中与感兴趣的特定个别椎骨的椎体相对应的区域与感兴趣的特定个别椎骨的其他部分。另外或替代地,可以生成识别感兴趣的特定个别椎骨的椎体的椎体蒙版。通常,如图4的示例性节段间椎骨地图400中所示,椎体是由可以选择的单个容易识别的区域(图4中的404)表示。

[0127] 以此方式,本文描述的系统和方法允许用户通过简单地将所显示的节段间椎骨地图的特定区域选择为对应于椎体来识别3D图像中所表示的感兴趣的特定个别椎骨的椎体区域。在某些实施方案中,这可以通过在图形用户界面(GUI)中的单次肯定‘点击’(例如,使用鼠标)或‘轻击’(例如,使用触敏界面)来实现。因此,本文描述的椎体检测和分割工具消除了用户手动绘制边界以识别图像中与个别椎骨的椎体相对应的区域的繁琐且费力的过程。此外,由于自动生成了经标记的节段间椎骨地图的标记区域,因此大大减少了不同用户之间的错误和不一致性(例如,几乎可以保证两个或更多用户将相同区域选择为对应于椎体,但两个或更多用户不太可能在图像上绘制完全一样的相同边界)。

[0128] C.ii度量确定

[0129] 因此,通过提供一种用于在受试者图像中自动检测和分割个别椎骨的椎体的工具,本文所述的系统和方法有助于本文所述的检测和分割方法,从而有助于对椎骨图像的精简定量分析,以用于诸如骨科研究和疾病/损伤诊断的应用。具体地说,本文描述的方法

为分析个别椎骨的椎体区域的形态性状、密度和结构参数提供了基础。如本文所述,这种分析可以提供有用的见解,以便深入了解受试者疾病和/或损伤的诊断、状态和进展,以及分析不同治疗方法的功效。

[0130] 例如,一旦识别出经标记的节段间椎骨地图的椎体区域,就可以使用它(例如,作为蒙版)来计算一个或多个形态测量值,例如椎体的体积或表面(例如,表面积)。也可以确定其他测量值,例如连接性。在某些实施方案中,所识别的椎体区域用于确定图像的对应于椎体的小梁部和/或皮质部的区域。因此,对于这些特定部件,也可以获得诸如体积、表面(例如,表面积)的形态测量值。例如,所识别的椎体区域可以用于确定与椎体的小梁部相对应的小梁部子区域。可以确定(例如,自动地)小梁部子区域的体积以测量椎骨的小梁体积。以此方式自动地量化小梁体积可以洞悉不同治疗方法对椎骨骨质疏松症的功效。

[0131] 如本文所述,由于自动生成了椎体子区域,并且用户交互最多限于仅识别(例如,通过选择)椎体子区域,因此测量椎体形态性状时用户之间和用户内部的错误和变动得以大大减少。因此,本文描述的椎体检测和分割方法为评估受试者的骨科疾病状态和/或进展以及评估治疗功效提供了一种有价值的工具。

[0132] C.iii成像模态

[0133] 虽然通过本文所述方法呈现和分析的图像是微型CT图像,但也可以使用其他成像模态。例如,本文描述的方法还可以用于在MRI图像、光学图像和其他类型图像中检测和分割个别椎骨的椎体。具体地说,本文描述的椎体分割和检测工具可以用于分析允许对椎骨和骨组织进行成像的任何成像模态(例如,在骨组织与软组织之间提供足够对比度的任何模态)。

[0134] D. 计算机系统和网络环境

[0135] 如图10所示,示出并描述了用于提供本文所述的用于椎体自动检测和分割的系统和方法的网络环境1000的实现。在简要概述中,现在参考图10,示出并描述了示例性云计算环境1000的框图。云计算环境1000可包括一个或多个资源提供者1002a、1002b、1002c(统称为1002)。每个资源提供者1002可以包括计算资源。在一些实现方式中,计算资源可以包括用于处理数据的任何硬件和/或软件。例如,计算资源可包括能够执行算法、计算机程序和/或计算机应用的硬件和/或软件。在一些实现方式中,示例性计算资源可包括具有存储和检索能力的应用服务器和/或数据库。每个资源提供者1002可以连接到云计算环境1000中的任何其他资源提供者1002。在一些实现方式中,资源提供者1002可以通过计算机网络1008连接。每个资源提供者1002可以通过计算机网络1008连接到一个或多个计算设备1004a、1004b、1004c(统称为1004)。

[0136] 云计算环境1000可包括资源管理器1006。资源管理器1006可以通过计算机网络1008连接到资源提供者1002和计算设备1004。在一些实现方式中,资源管理器1006可以促进一个或多个资源提供者1002向一个或多个计算设备1004提供计算资源。资源管理器1006可以从特定计算设备1004接收对计算资源的请求。资源管理器1006可以识别能够提供计算设备1004所请求的计算资源的一个或多个资源提供者1002。资源管理器1006可以选择资源提供者1002来提供计算资源。资源管理器1006可以促进资源提供者1002与特定计算设备1004之间的连接。在一些实现方式中,资源管理器1006可以在特定资源提供者1002与特定计算设备1004之间建立连接。在一些实现方式中,资源管理器1006可以将特定计算设备

1004重定向到具有所请求的计算资源的特定资源提供者1002。

[0137] 图11示出了可用于实现本公开中描述的技术的计算设备1100和移动计算设备1150的实例。计算设备1100旨在代表各种形式的数字计算机,诸如膝上型计算机、台式计算机、工作站、个人数字助理、服务器、刀片式服务器、大型机和其他适当的计算机。移动计算设备1150旨在代表各种形式的移动设备,诸如个人数字助理、蜂窝电话、智能电话和其他类似的计算设备。本文所示的部件及其连接和关系以及其功能仅是示例性的,而非限制性的。

[0138] 计算设备1100包括处理器1102、存储器1104、存储设备1106、连接到存储器1104和多个高速扩展端口1110的高速接口1108,以及连接到低速扩展端口1114和存储设备1106的低速接口1112。处理器1102、存储器1104、存储设备1106、高速接口1108、高速扩展端口1110和低速接口1112中的每一者都使用各种总线互连,并且可以安装在共用主板上,也可以其他适合方式安装。处理器1102可以处理用于在计算设备1100内执行的指令,包括存储在存储器1104中或存储设备1106上的指令,以将图形用户界面(GUI)的图形信息显示在外部输入/输出设备(诸如耦接至高速接口1108的显示器1116)上。在其他实现方式中,可以适当地使用多个处理器和/或多个总线,以及多个存储器和存储器类型。并且,可以连接多个计算设备,每个设备提供必要操作的一部分(例如,作为服务器阵列(server bank)、一组刀片服务器或多处理器系统)。因此,当本文使用术语时,在多个功能被描述为由“处理器”执行的情况下,这涵盖了其中所述多个功能由任意数量的计算设备(一个或多个)的任意数量的处理器(一个或多个)执行的实施方案。此外,在功能被描述为由“处理器”执行的情况下,这涵盖了其中功能由(例如,分布式计算系统中的)任意数量的计算设备(一个或多个)的任意数量的处理器(一个或多个)执行的实施方案。

[0139] 存储器1104将信息存储在计算设备1100内。在一些实现方式中,存储器1104是一个或多个易失性存储单元。在一些实现方式中,存储器1104是一个或多个非易失性存储单元。存储器1104也可以是另一种形式的计算机可读介质,诸如磁盘或光盘。

[0140] 存储设备1106能够为计算设备1100提供大容量存储。在一些实现方式中,存储设备1106可以是或包含计算机可读介质,诸如软盘设备、硬盘设备、光盘设备或磁带设备、闪存或其他类似的固态存储设备,或设备阵列(包括存储区域网络或其他配置中的设备)。指令可以存储在信息载体中。指令在由一个或多个处理设备(例如,处理器1102)执行时,执行一种或多种方法,诸如上述方法。指令还可以由诸如计算机可读介质或机器可读介质的一个或多个存储设备(例如,存储器1104、存储设备1106或处理器1102上的存储器)存储。

[0141] 高速接口1108管理计算设备1100的带宽密集型操作,而低速接口1112管理较低带宽密集型操作。这种功能分配仅是示例性的。在一些实现方式中,高速接口1108可以耦接到存储器1104、显示器1116(例如,通过图形处理器或加速器),并且可以耦接到可以接受各种扩展卡(未图示)的高速扩展端口1110。在实现方式中,低速接口1112可以耦接到存储设备1106和低速扩展端口1114。可包括各种通信端口(例如,USB、Bluetooth®、以太网、无线以太网)的低速扩展端口1114可以例如通过网络适配器耦接至一个或多个输入/输出设备,诸如键盘、指向设备、扫描仪或联网设备(诸如,交换机或路由器)。

[0142] 计算设备1100可以多种不同的形式实现,如图所示。例如,计算设备可以被实现为标准服务器1120,或者在一组此类服务器中被实现多次。另外,计算设备可以在诸如膝上型计算机1122的个人计算机中实现。计算设备也可以被实现为机架服务器系统1124的一部

分。或者,计算设备1100中的部件可以与诸如移动计算设备1150的移动设备(未图示)中的其他部件组合。此类设备中的每一者都可以包含计算设备1100和移动计算设备1150中的一者或多者,并且整个系统可以由彼此通信的多个计算设备组成。

[0143] 移动计算设备1150包括处理器1152、存储器1164、输入/输出设备诸如显示器1154、通信接口1166和收发器1168,以及其他部件。移动计算设备1150也可设置有存储设备诸如微驱动器或其他设备,以提供附加的存储。处理器1152、存储器1164、显示器1154、通信接口1166和收发器1168中的每一者可以使用各种总线互连,并且这些部件中的几个可以安装在共用主板上,也可以其他适合方式安装。

[0144] 处理器1152可以在移动计算设备1150内执行指令,包括存储在存储器1164中的指令。处理器1152可以被实现为芯片组,其包括单独的以及多个模拟和数字处理器。处理器1152可以提供例如移动计算设备1150的其他部件的协调,诸如对用户接口、由移动计算设备1150运行的应用程序以及由移动计算设备1150进行的无线通信的控制。

[0145] 处理器1152可以通过耦接到显示器1154的控制接口1158和显示接口1156与用户通信。显示器1154可以是例如薄膜晶体管液晶显示器(TFT)或有机发光二极管(OLED)显示器或其他适当的显示技术。显示接口1156可以包括用于驱动显示器1154以向用户呈现图形和其他信息的适当电路。控制接口1158可以从用户接收命令并且将其转换以提交给处理器1152。另外,外部接口1162可以提供与处理器1152的通信,以便实现移动计算设备1150与其他设备的近区通信。外部接口1162可以在一些实现方式中提供例如有线通信,或者在其他实现方式中提供无线通信,并且也可以使用多个接口。

[0146] 存储器1164将信息存储在移动计算设备1150内。存储器1164可以被实现为计算机可读介质、易失性存储单元或非易失性存储单元中的一者或多者。也可以提供扩展存储器1174,并通过扩展接口1172将其连接到移动计算设备1150,所述扩展接口可包括例如单列直插式内存模块(SIMM)卡接口。扩展存储器1174可以为移动计算设备1150提供额外的存储空间,或还可以为移动计算设备1150存储应用程序或其他信息。具体地,扩展存储器1174可以包括用于执行或补充上述过程的指令,并且也可以包括安全信息。因此,例如,扩展存储器1174可以被提供为用于移动计算设备1150的安全模块,并且可以用允许安全使用移动计算设备1150的指令来编程。此外,可以经由SIMM卡提供安全的应用程序以及其他信息,诸如以不可破解的方式将标识信息放在SIMM卡上。

[0147] 存储器可以包括例如闪存和/或NVRAM存储器(非易失性随机存取存储器),如下面所讨论。在一些实现方式中,指令被存储在信息载体中。指令在由一个或多个处理设备(例如,处理器1152)执行时,执行一种或多种方法,诸如上述方法。指令还可以由诸如一个或多个计算机可读介质或机器可读介质的一个或多个存储设备(例如,存储器1164、扩展存储器1174或处理器1152上的存储器)存储。在一些实现方式中,可以例如通过收发器1168或外部接口1162以传播的信号来接收指令。

[0148] 移动计算设备1150可以通过通信接口1166进行无线通信,并且在必要时,可以包括数字信号处理电路。通信接口1166可以提供各种模式或协议下的通信,诸如全球移动通信系统(GSM)语音呼叫、短消息服务(SMS)、增强消息服务(EMS)或多媒体消息服务消息(MMS)、码分多址(CDMA)、时分多址(TDMA)、个人数字蜂窝(PDC)、宽带码分多址(WCDMA)、CDMA2000或通用分组无线业务(GPRS)等。例如,可以通过收发器1168使用射频进行这种通

信。另外,可以使用诸如 **Bluetooth®**、Wi-Fi™或其他此类收发器(未图示)进行短距离通信。另外,全球定位系统(GPS)接收器模块1170可以向移动计算设备1150提供附加的导航和位置相关的无线数据,所述无线数据可以被在移动计算设备1150上运行的应用程序酌情使用。

[0149] 移动计算设备1150也可以使用音频编解码器1160进行听觉通信,所述音频编解码器可以从用户接收口语信息并将其转换为可用的数字信息。音频编解码器1160同样可以诸如通过扬声器为用户生成可听见的声音,例如在移动计算设备1150的听筒中。这种声音可以包括来自语音电话呼叫的声音,可以包括记录的声音(例如,语音消息、音乐文件等),并且还可以包括由在移动计算设备1150上运行的应用程序生成的声音。

[0150] 移动计算设备1150可以多种不同的形式实现,如图所示。例如,移动计算设备可以被实现为蜂窝电话1180。移动计算设备也可以被实现为智能电话1182、个人数字助理或其他类似移动设备的一部分。

[0151] 此处描述的系统和技术各种实现方式可以通过数字电子电路、集成电路、专门设计的ASIC(专用集成电路)、计算机硬件、固件、软件和/或其组合来实现。这些各种实现方式可以包括在一个或多个计算机程序中的实现方式,所述一个或多个计算机程序在包括至少一个可编程处理器的可编程系统上是可执行的和/或可解释的,所述可编程处理器可以是专用的或通用的,其被耦接以从存储系统、至少一个输入设备和至少一个输出设备接收数据和指令以及向其发送数据和指令。

[0152] 这些计算机程序(也称为程序、软件、软件应用程序或代码)包括用于可编程处理器的机器指令,并且可以使用高级过程式和/或面向对象的编程语言和/或使用汇编/机器语言来实现。如本文所使用的术语机器可读介质和计算机可读介质是指用于向可编程处理器提供机器指令和/或数据的任何计算机程序产品、装置和/或设备(例如磁盘、光盘、内存、可编程逻辑器件(PLD)),其包括接收机器指令作为机器可读信号的机器可读介质。术语机器可读信号是指用于向可编程处理器提供机器指令和/或数据的任何信号。

[0153] 为了提供与用户的交互,可在计算机上实现本文所述的系统和技术,所述计算机具有用于向用户显示信息的显示设备(例如,阴极射线管(CRT)或液晶显示器(LCD)监视器)以及用户可借以向计算机提供输入的键盘和指向装置(例如,鼠标或跟踪球)。其他种类的设备也可以用于提供与用户的交互;例如,提供给用户的反馈可为任何形式的感觉反馈(例如,视觉反馈、听觉反馈或触觉反馈);并且来自用户的输入可用任何形式被接收,包括听觉、语音或触觉输入。

[0154] 本文所述的系统和技术可以在计算系统中实现,所述计算系统包括后端部件(例如,作为数据服务器),或包括中间件部件(例如,应用服务器),或包括前端部件(例如,具有图形用户界面或Web浏览器的客户端计算机,用户可通过该Web浏览器与本文所述的系统和技术的实现进行交互),或此类后端部件、中间件部件或前端部件的任意组合。系统的部件可通过任何数字数据通信形式或介质(例如,通信网络)互连。通信网络的实例包括局域网(LAN)、广域网(WAN)和因特网。

[0155] 计算系统可包括客户端和服务端。客户端和服务端一般彼此远离,并且通常通过通信网络进行交互。客户端与服务端的关系由于在各自计算机上运行并且彼此具有客户端-服务端关系的计算机程序而产生。

[0156] 在一些实现方式中,本文所述的任何模块都可以被分开、组合或并入单个或组合的模块中。附图中所描绘的模块无意于将本文中所描述的系统限于其中所示出的软件架构。

[0157] 本文所述的不同实现方式的元件可以组合以形成以上未具体阐述的其他实现方式。本文所述的过程、计算机程序、数据库等可以排除若干元件,而不会不利地影响其操作。另外,附图中描绘的逻辑流程不需要所示的特定顺序或依次顺序来实现期望的结果。各种分开的元件可以组合成一个或多个单个的元件以执行本文所述的功能。

[0158] 在整个说明书中,当装置和系统被描述为具有、包含或包括特定部件时,或者当过程和方法被描述为具有、包含或包括特定步骤时,可以预期,另外,存在主要由或由所叙述的部件组成的本发明的装置和系统,并且存在主要由或由所叙述的处理步骤组成的根据本发明的过程和方法。

[0159] 应当理解,只要本发明保持可操作,步骤的顺序或执行某些动作的顺序就无关紧要。另外,两个或更多个步骤或动作可同时进行。

[0160] 虽然本发明已参考特定优选实施方案进行特定显示和描述,但是本领域技术人员应了解,可在不背离所附权利要求所限定的本发明的精神和范围的情况下,在形式和细节上进行各种改变。

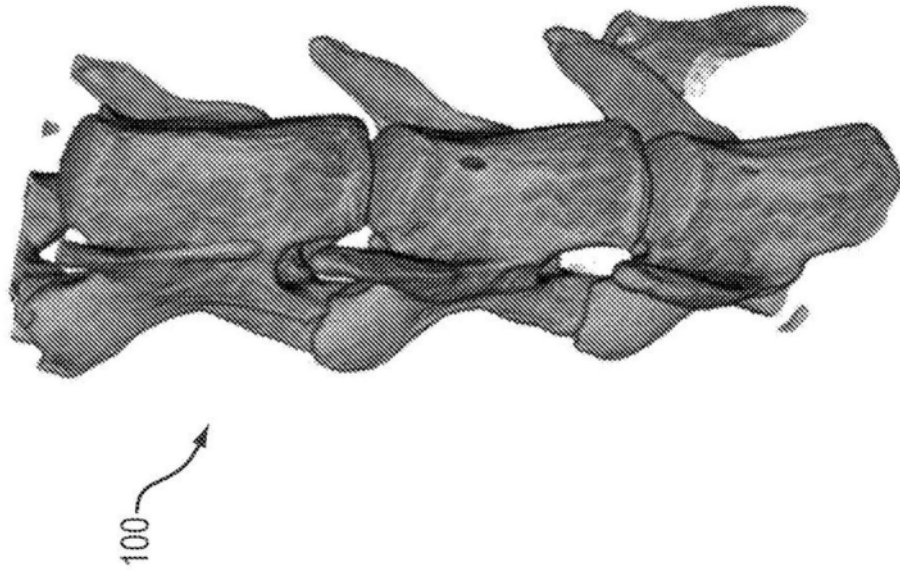


图1A

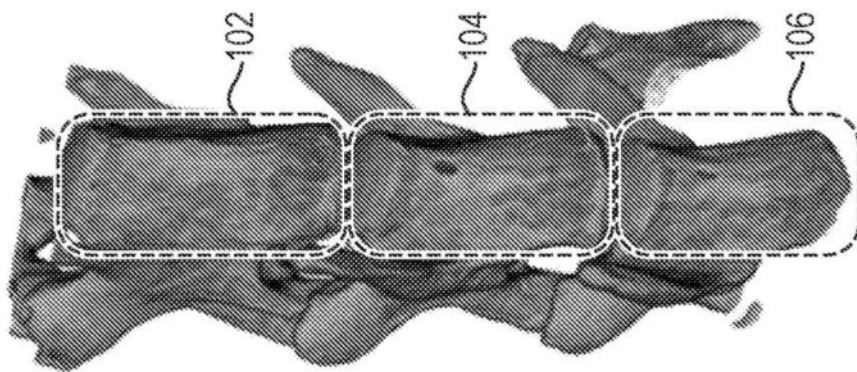


图1B

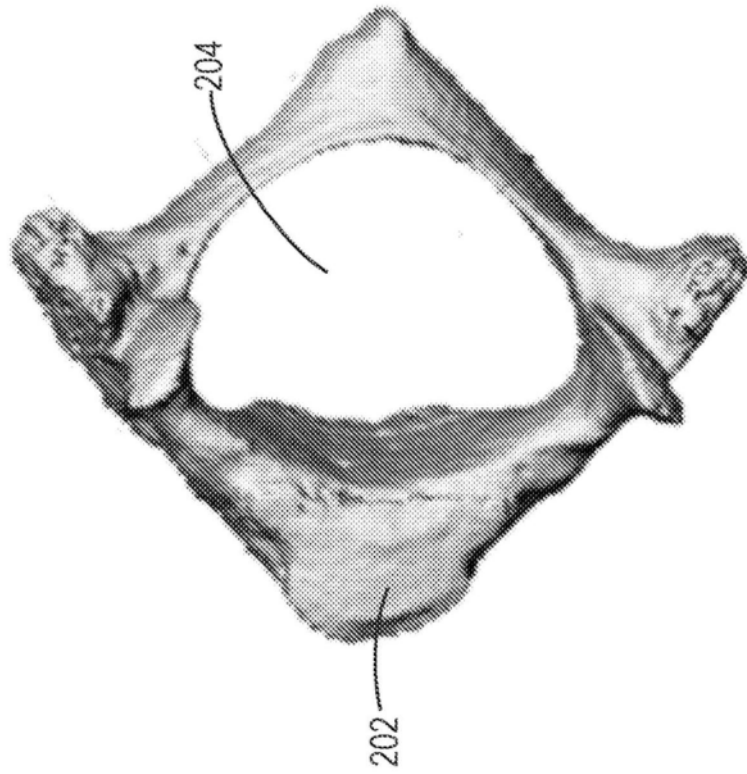


图2A

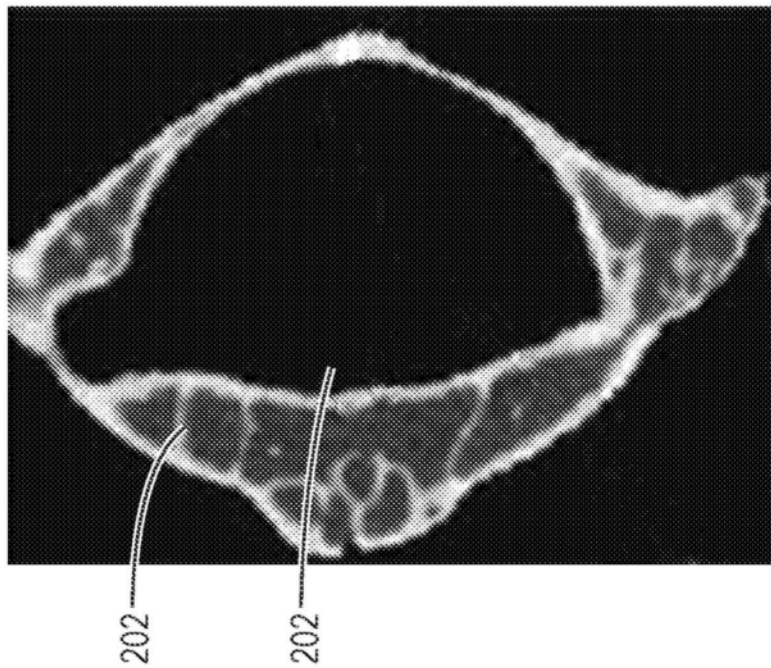


图2B

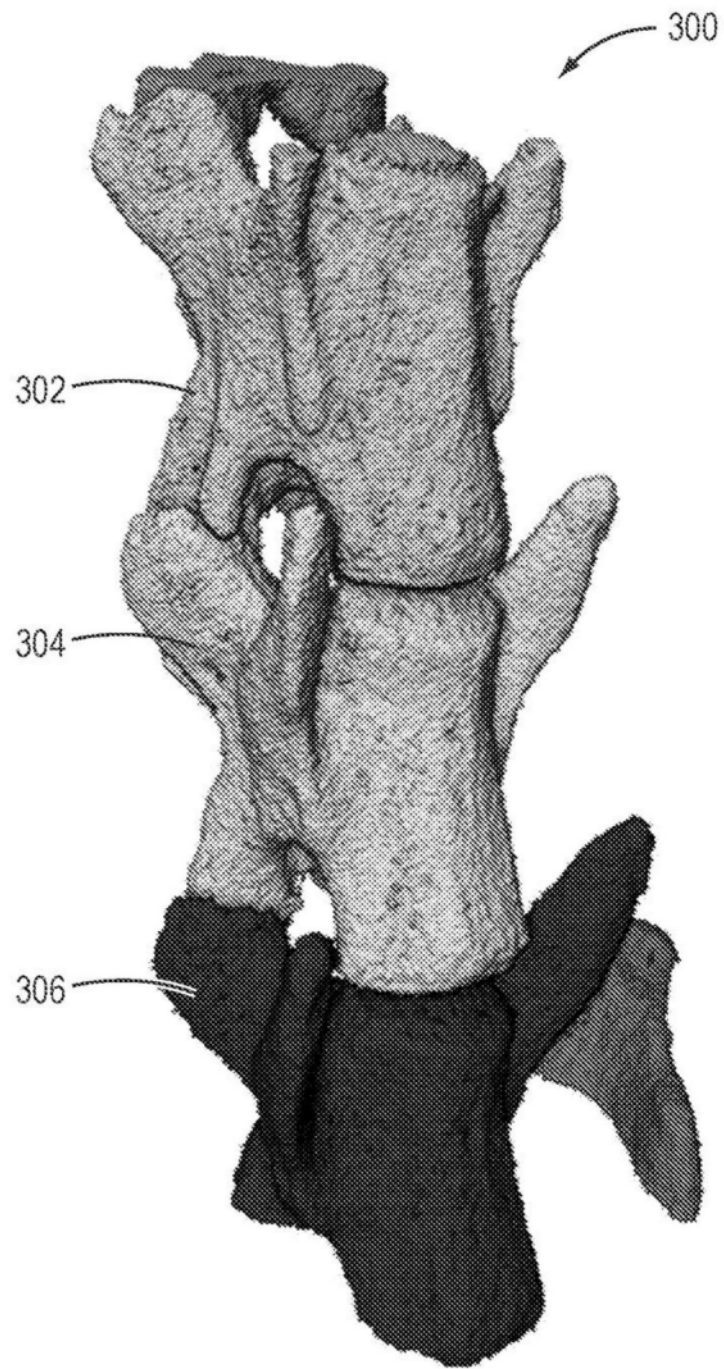


图3

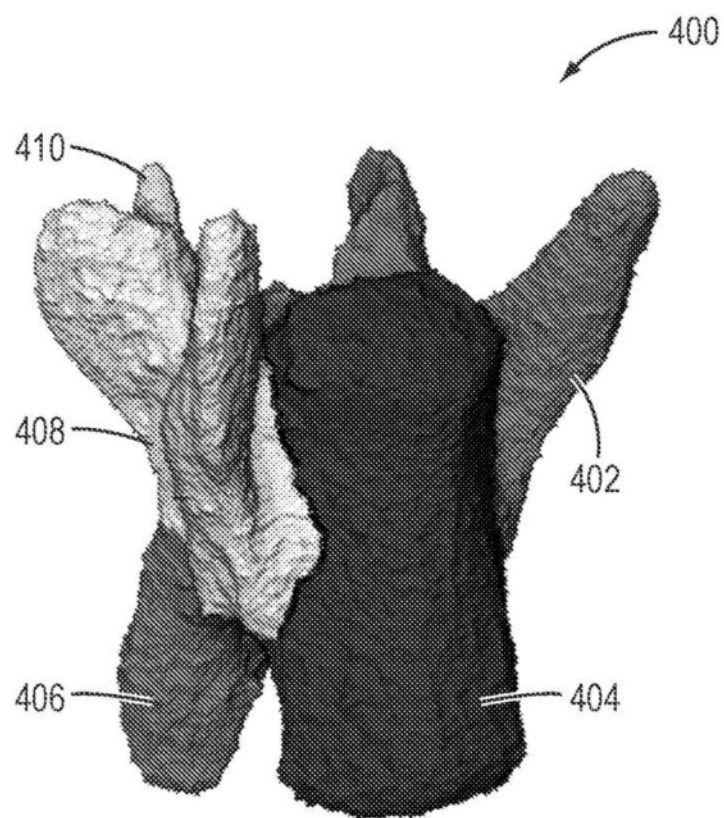


图4

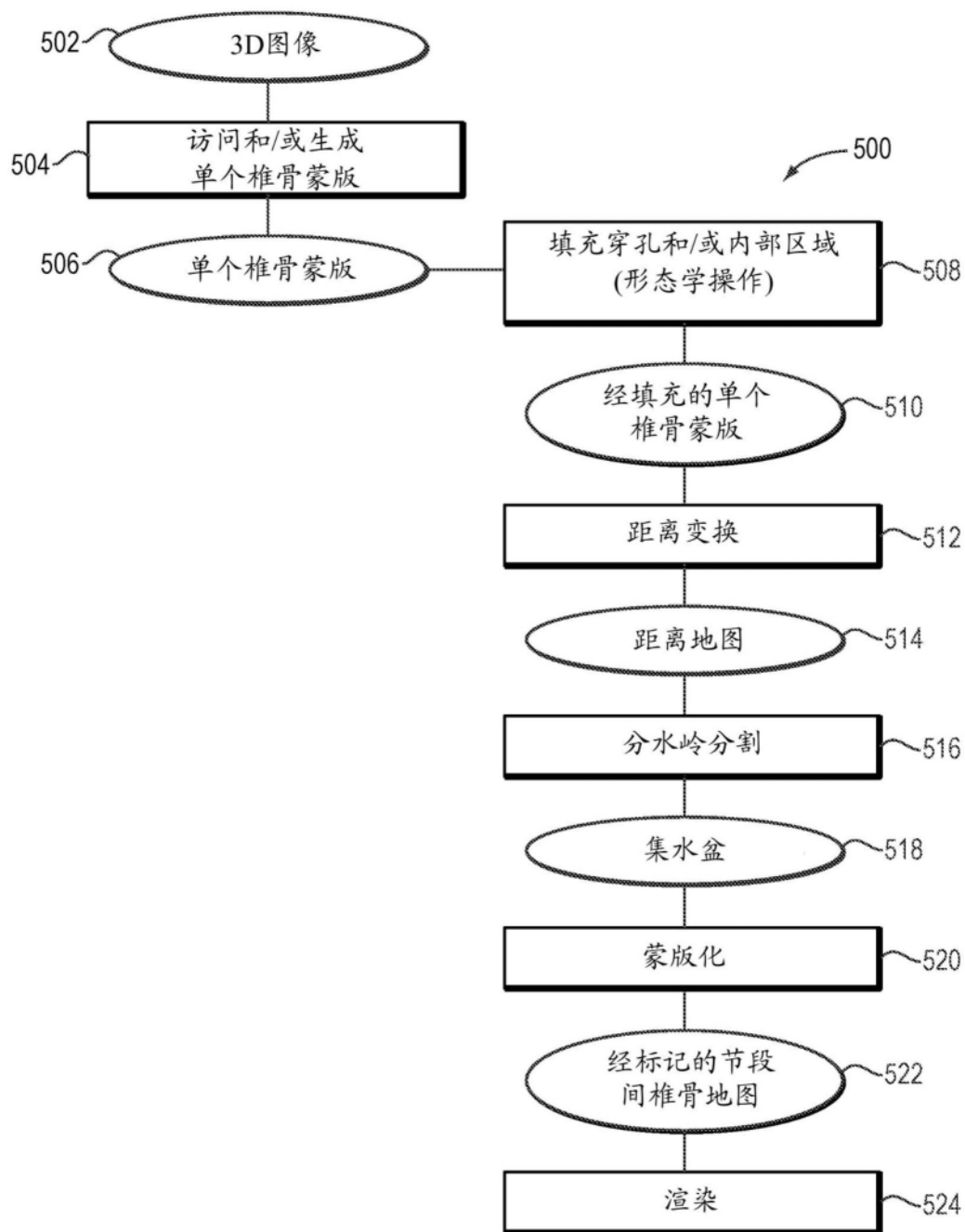


图5

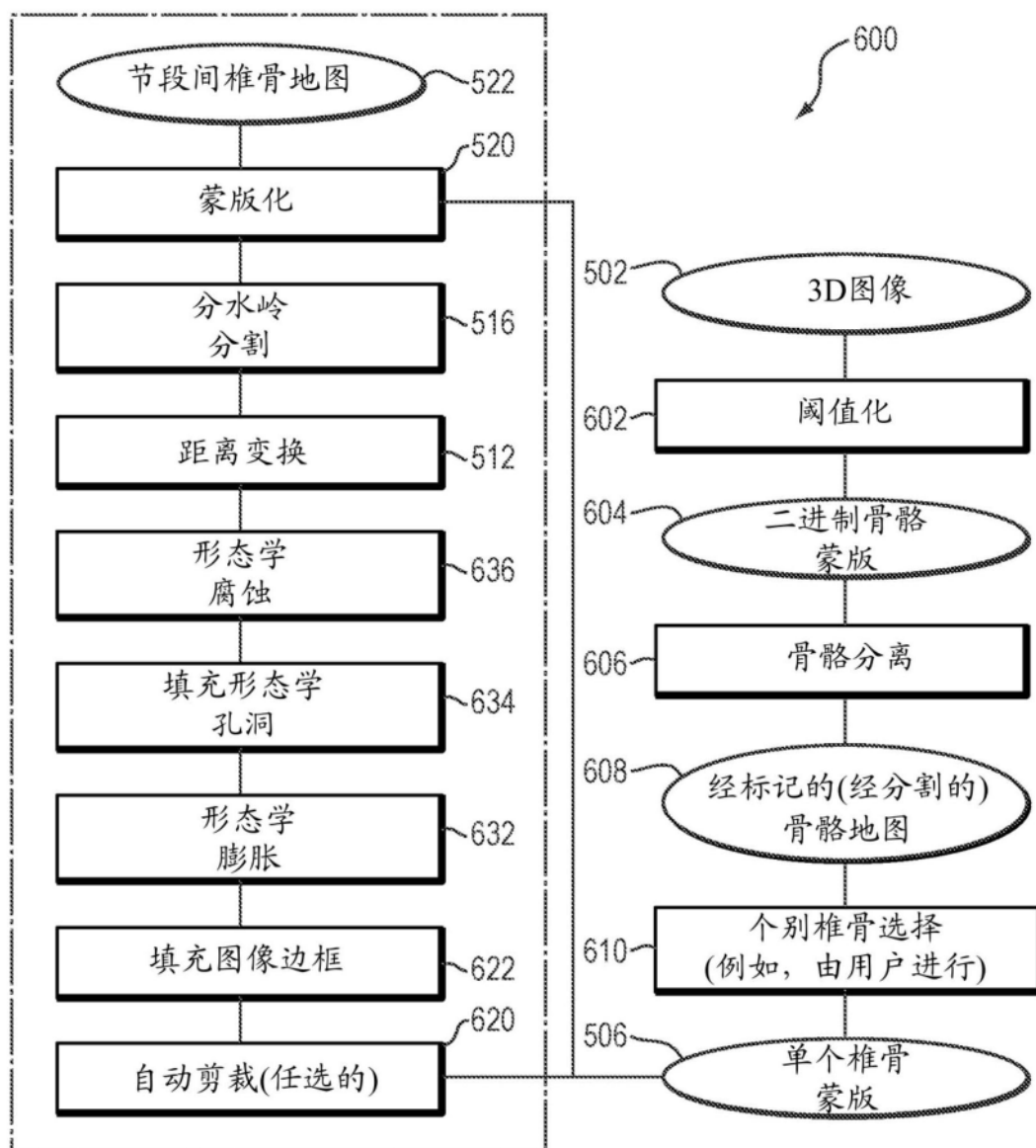


图6

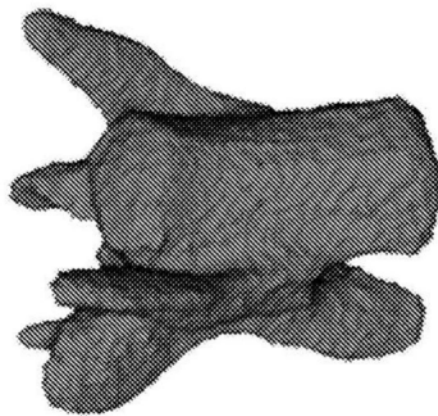


图7A

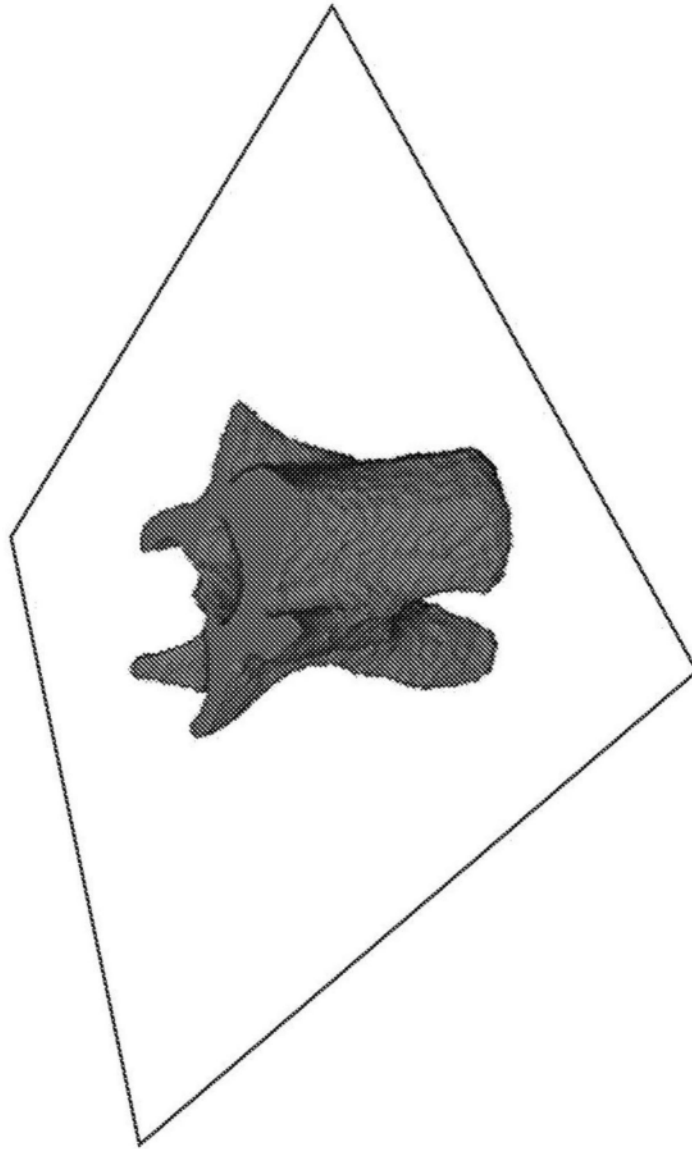


图7B

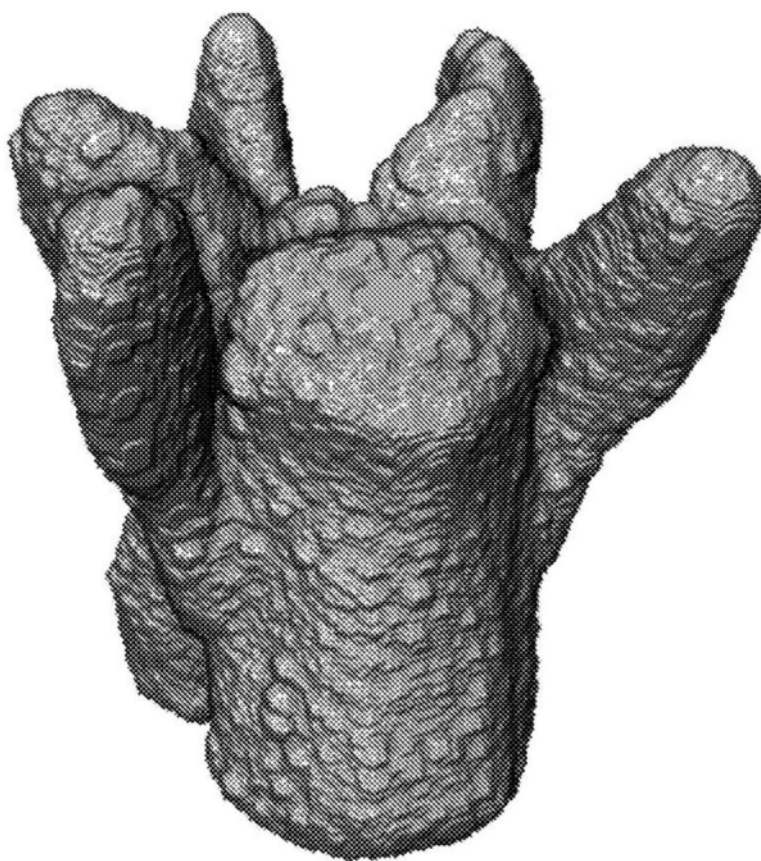


图8A

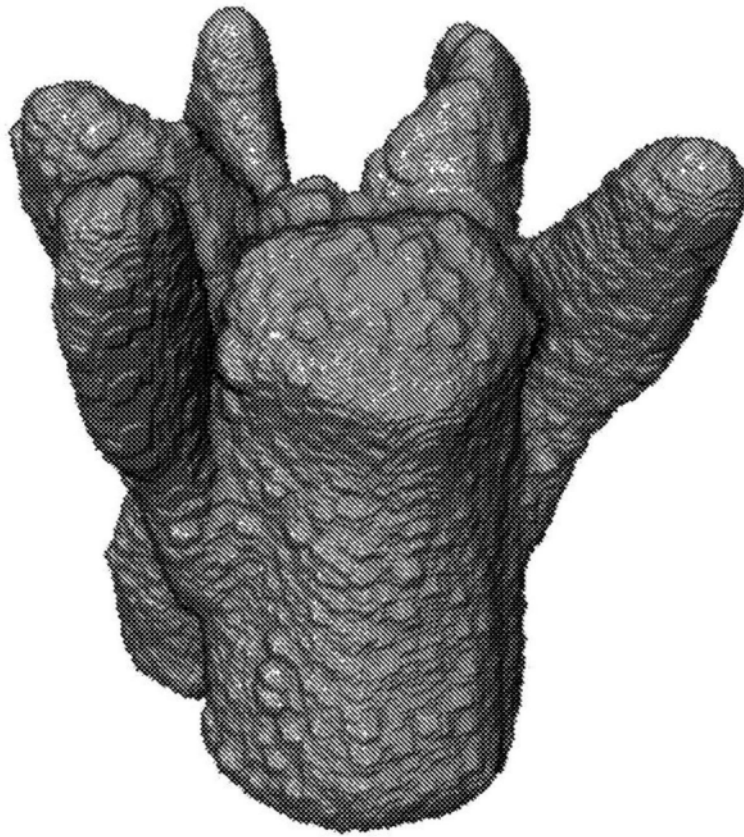


图8B

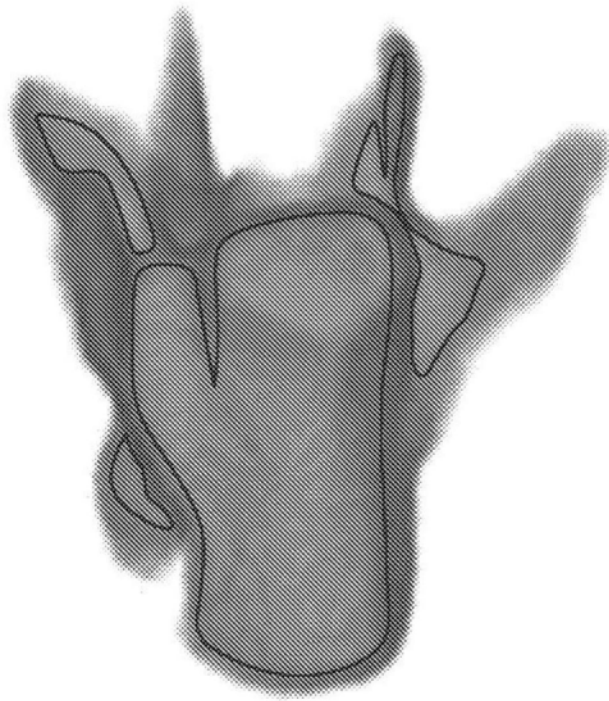


图9

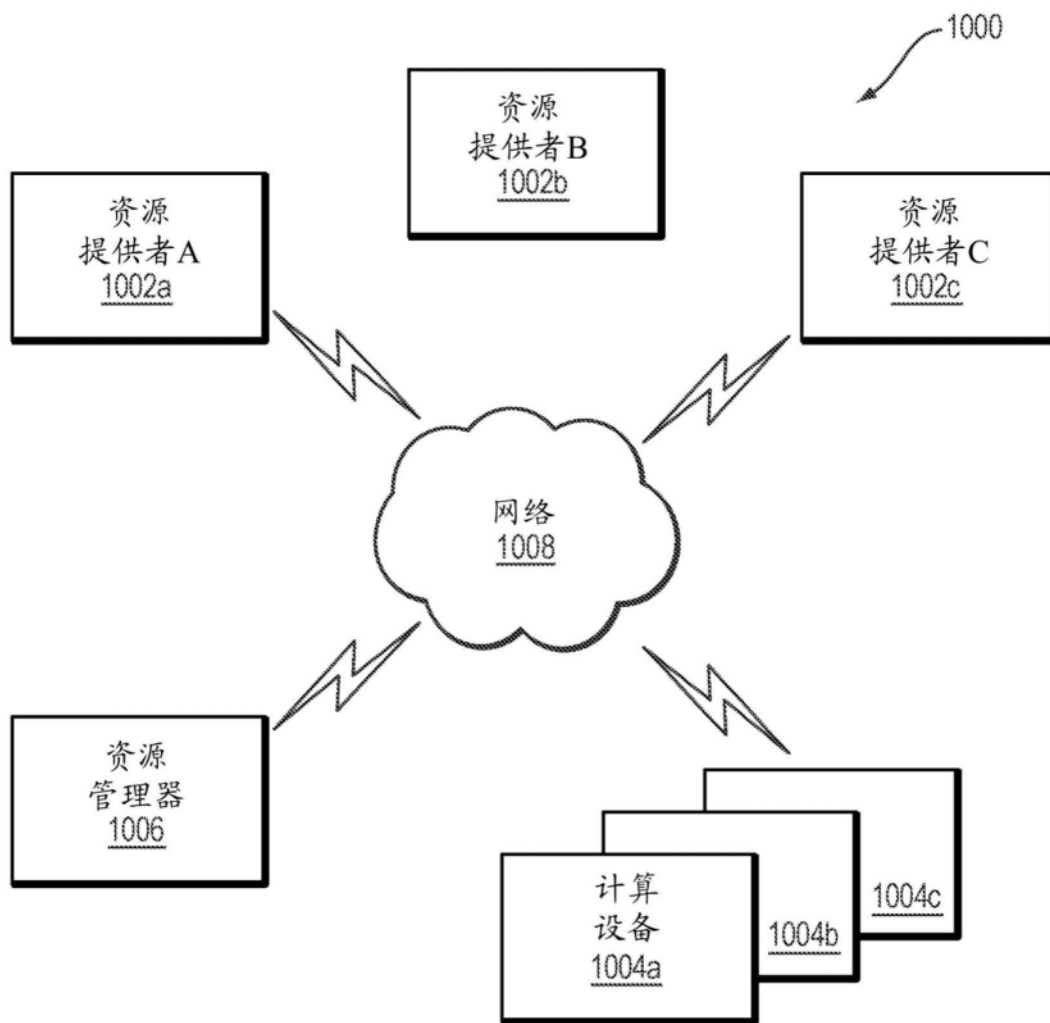


图10

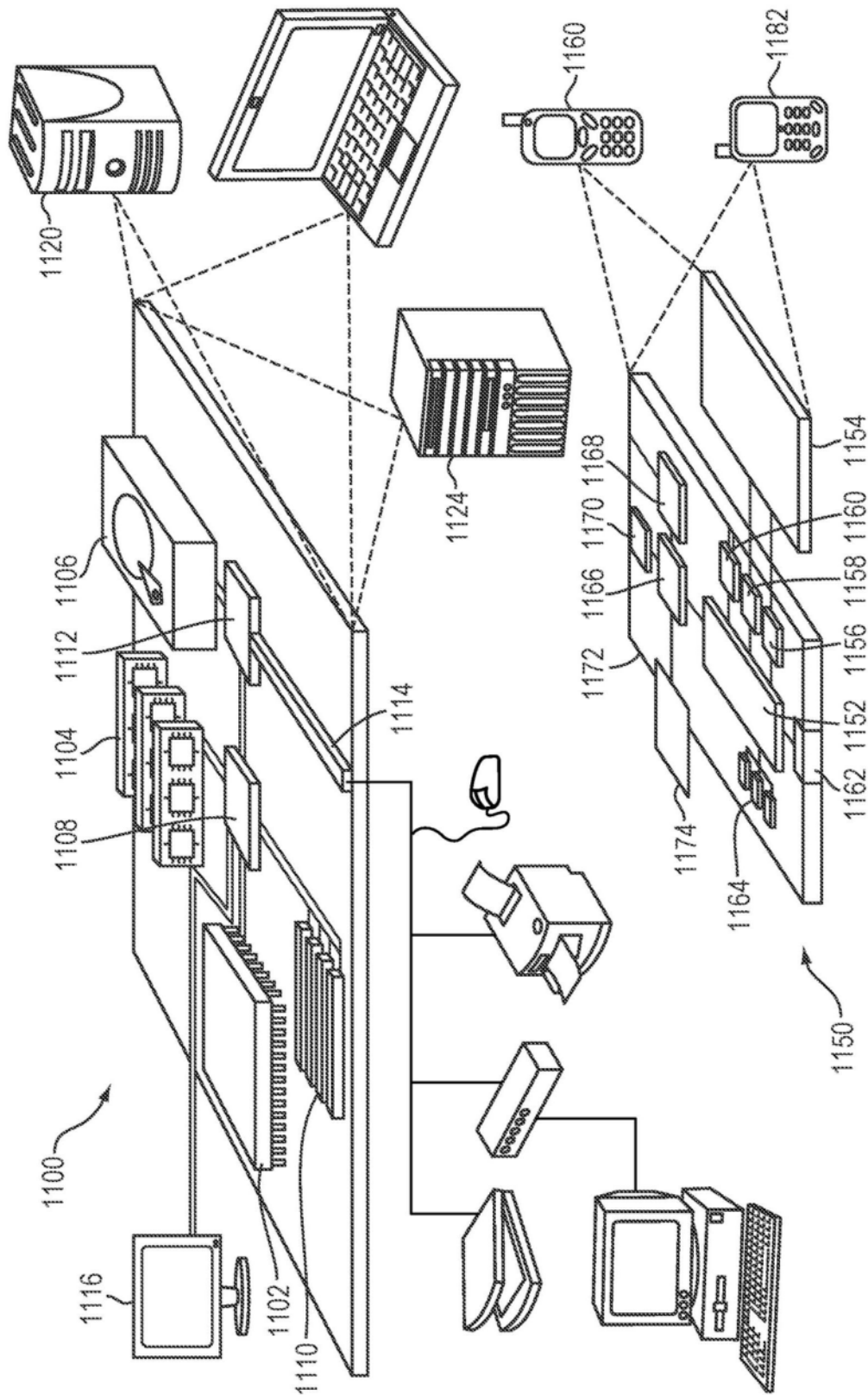


图11