



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109820594 A

(43)申请公布日 2019. 05. 31

(21)申请号 201811564030.X

(22)申请日 2018.12.20

(71)申请人 天津市胸科医院

地址 300000 天津市和平区西安道93号

(72)发明人 朱延波 张秀红 王联群 刘建实  
关欣

(74)专利代理机构 天津合正知识产权代理有限公司 12229

代理人 郭乐

(51)Int.Cl.

A61B 34/10(2016.01)

G06T 17/00(2006.01)

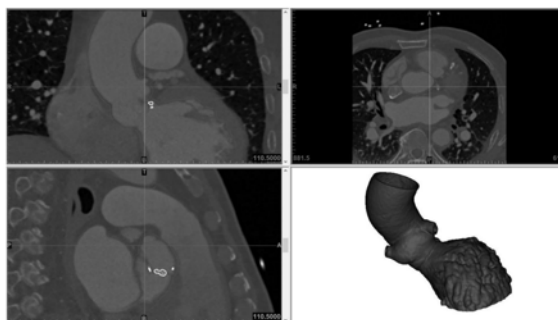
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

### (54)发明名称

一种利用超声波原始数据引导制作心脏局部3D打印模型的方法

### (57)摘要

本发明公开了一种无患者选择性的、实时动态的心脏局部3D打印模型及其制作方法,基于三维超声心动图,包括实时三维彩色多普勒经胸超声心动图与实时三维彩色多普勒经食管超声心动图,无辐射,重复性好,无患者选择性,通用性强;利用超声波非断层数据,制作心脏局部3D打印模型,为心脏手术前制定方案、演示手术过程提供参考依据。在数据重建方面,本发明的超声波原始数据为非断层数据,数据处理上明显区别于CT和MRI扫描后数据处理,最终图像的时间分辨率高于CT和MRI扫描,同时通用于所有患者。



1. 一种利用超声波原始数据引导制作心脏局部3D打印模型的制作方法,其步骤为:

步骤1、超声波扫描:超声波诊断仪与同步心电图相连接,通过超声波诊断仪的相控阵探头,采集患者心脏部位的三维图像;获取未经压缩的心脏部位三维图像,导出为DICOM文件;

步骤2、格式转换:将导出的DICOM文件导入Philips QLAB工作站进行处理,经过转换导出为3DDCM格式文件;

步骤3、确定方位:将3DDCM格式文件导入Mimics Research软件,选取需诊断的心脏局部病变部位时相,在Mimics Research软件中根据二维图像来确定心脏病变部位顶、底、前、后、左、右六个方向(Change Orientation),准备建模;

步骤4、模型建立:在Mimics Research软件下确定建模的合适阈值(Thresholding);

步骤5、切割:通过在Mimics Research软件下,利用区域增长(Region Growing)和动态区域增长(Dynamic Region Growing)运算,对需诊断心脏局部病变部位图像数据进行初步切割,暴露出关键区域;

步骤6、重建:通过在Mimics Research软件下,使用编辑蒙版(Edit Masks)进行单层编辑,再次切除不需要的结构,保留关键部位;使用多个切片编辑(Multiple Slice Edit)模块来实现多层编辑,切除多层不需要的结构,保留需要的关键部位;交替使用这两个功能来进行图像的切割与重建,得到一个初步清晰的心脏局部关键部位结构模型;

步骤7、优化模型:将Mimics Research软件处理的DCM文件导入3-matic Research软件中对需诊断的心脏局部病变部位图像进行平滑和中空处理,并最终导出为STL格式文件;

步骤8、实际打印:将STL格式文件输入3D打印机,打印出心脏局部3D结构模型。

2. 根据权利要求1所述的一种利用超声波原始数据引导制作心脏局部3D打印模型的方法,其特征在于:所述步骤6中,通过Mimics Research软件中插件,对关键部位进行信息补充的方法。

3. 根据权利要求1所述的一种利用超声波原始数据引导制作心脏局部3D打印模型的方法,其特征在于:所述相控阵探头采用X5-1经胸三维超声相控阵探头或者X7-2T经食管三维超声相控阵探头。

4. 一种根据权利要求1-3的方法制备的心脏3D打印模型。

5. 一种超声波原始数据在制作心脏3D打印模型中的用途。

## 一种利用超声波原始数据引导制作心脏局部3D打印模型的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及心脏模型成型技术领域,尤其是涉及一种利用超声波原始数据引导制作心脏3D打印模型及其制作方法,具有无患者选择性、实时动态结构、成本低廉、患者易受等特点。

### 背景技术

[0002] 结构性心脏病包括先天性心血管结构异常、瓣膜性心脏病及心肌病等,其共同特点是均存在心脏解剖结构和血流动力学的异常,尤其以解剖结构异常为主。同时,心脏作为人体器官,其结构相对于人体其他器官组织更为精细复杂,并且心脏状态、血流也总是处于动态变化中。

[0003] 长期以来,对心脏结构异常的检查需要医师在头脑中经过“想象”形成三维图像,要求具备比较丰富的临床经验和空间想象能力,这大大增加了临床医师手术、医学院教学等工作的难度和压力;对心脏实时动态变化情况的掌握就难度更大。

[0004] 近年来,逐渐兴起的三维(3D)打印技术可以进行实物打印,打印出来的心脏模型可以立体地显示心脏疾病的异常状态,可为结构性心脏病的评估提供更为直观准确的信息。三维打印技术,又称为叠加制造技术或快速成型技术,在医学领域目前应用范围主要限于牙科、骨科,以及生物工程、再生医学等基础研究方面,在心脏疾病临床应用方面的研究较少。主要原因是:一方面,由于早期软硬件设备的不成熟,三维打印机使用的原始数据无法获取成功,而且医学影像检查设备的时间分辨率和空间分辨率达不到三维打印精度的需求;另一方面,心脏结构相对于人体其他器官组织更为精细复杂,不仅仅在于解剖形态结构的变化,还有血流动力学方面的要求,这就导致三维打印模型原始数据精度的要求非常高,而早期医学影像检查仪器的图像质量无法达到这样的精度要求,所以国内外对于心脏疾病的三维打印模型的研究较少。

[0005] 目前已经有国外学者将三维打印技术应用于结构性心脏病辅助诊断和治疗方面的研究,如瓣膜置换与成形、心脏移植、心脏肿瘤、复杂性先天性心脏病,以及大血管病变等方面;三维打印最重要的步骤是三维打印模型的建立,在之前的研究中,三维模型的原始数据主要来源于CT和MRI。CT和MRI结合3D打印技术的发展,为医师提供了直观的心脏3D静态模型,推动了医学的进步。

[0006] 但是,源于CT数据的3D打印仍然存在如下缺点:(1)断层数据;(2)检查具有电离辐射,可能存在二次伤害;(2)需要注射对比剂进行增强检查,例如,肾功能不全或者对比剂过敏的患者无法进行CT检查;(3)平均候检时间和检查时间较长;(4)单次检查成本高;(5)患者需要特别体位配合;等。

[0007] 源于MRI数据的3D打印具有如下缺点:(1)断层数据;(2)检查时患者处于强磁场的不良环境;(3)MRI成像对于患者的严格选择性,例如,如体内有金属假体的患者无法进行MRI检查;(4)候诊和检查时间较长;(5)单次检查成本高;等。

[0008] 更重要的是,CT和MRI扫描的都为断层数据,只能提供某一时间点的静态数据,无法实时采集心脏的动态变化情况。更为糟糕的是,部分病患并不适合做CT、MRI检查,这大大折损了心脏3D打印技术的应用价值。

[0009] 如果能够寻找到一种可以适合绝大多数患者、并且可以快速获取心脏动态数据并通过3D打印建立心脏动态模型的方法,将有助于医师对心脏情况做出快速、准确判断。

[0010] 近年来得益于计算机技术及成像设备的进步,使得超声心动图实时三维灰阶及三维彩色多普勒血流成像成为可能,三维成像尤其是实时三维成像的空间分辨率和时间分辨率大幅提高,不仅大大缩短了成像时间,而且计算机后处理软件和技术进步,后处理功能越来越强大,可以进行在机和脱机任意平面切割、重建、分析,尤其是对于结构性心脏病的三维空间结构和血流动力学状态提供了更加准确的信息,对于心血管外科术前评估具有重要的价值。当立体数据库建成后,确定图像的显示模式,调整图像的参考切面,然后对选择的感兴趣区进行提取。

[0011] 作为一种无创性的检查方法,超声心动图尤其是实时三维彩色多普勒超声心动图擅长显示解剖结构与血流的异常,对于结构性心脏病的评估具有先天的优势,而实时三维彩色多普勒经食管超声心动图从食管后方显示心脏结构,分辨率更为清晰,更高,而且几乎没有声窗限制。

[0012] 将超声成像与三维打印技术结合起来则可能为结构性心脏病的评估提供更为直观准确的信息。

## 发明内容

[0013] 为了克服上述所存在的技术缺陷,本发明的目的在于:

[0014] 提供了超声波原始数据在心脏3D模型的用途;提供了一种基于三维超声心动图(包括实时三维彩色多普勒经胸超声心动图与实时三维彩色多普勒经食管超声心动图)利用超声波非断层数据,制作心脏局部3D打印模型,为心脏手术前制定方案、演示手术过程提供参考依据的超声波原始数据引导制作心脏局部3D打印模型的方法;本发明还提供了通过该方法制作的3D打印模型。本发明具有如下特点:

[0015] 本发明的超声波原始数据为连续帧、非断层数据(CT和MRI扫描的都为断层数据),数据处理上明显区别于CT和MRI扫描后数据处理,最终图像的时间分辨率高于CT和MRI扫描,空间分辨率则基本相同。

[0016] (1) 无患者选择性,同时通用于所有患者。克服由于CT检查具有电离辐射,并且需要注射对比剂进行增强检查(比如肾功能不全或者对比剂过敏的患者无法进行CT检查),MRI成像对于患者的严格选择性(比如体内有金属假体的患者无法进行MRI检查)。同时,克服了CT和MRI检查时间较长,成本较高,患者体位配合要求比较严格等,难以广泛应用于三维模型获取原始数据的缺点。

[0017] (2) 动态显示功能:特别是在心血管领域内,易于明确心血管病变在动态情况下的立体形态、病变范围和邻近结构的相互关系,对疾病的诊断与治疗有极大的应用价值。几乎没有声窗限制:实时三维彩色多普勒经食管超声心动图从食管后方显示心脏结构,分辨率更为清晰,更高,而且几乎没有声窗限制;

[0018] (3) 直观准确:三维超声心动图能够直接显示心腔的立体形态,不需要对心室腔做

任何几何学假设。也不受病变时心腔不规则的几何形态的影响。模型可从不同角度模拟外科手术视野的三维重建,再现病变组织的三维空间,无论是对临床医生心血管外科术前的理解,还是对术中应急措施的制定均有所帮助,在医疗教学实践中更直观易懂,便于理解。

[0019] (4) 数据重复性好,成本低廉;

[0020] (5) 无辐射,安全性高。为了达到上述目的,本发明通过以下技术方案实现:本技术方案为一种利用超声波原始数据来引导制作心脏局部3D打印模型的方法,其步骤为:

[0021] 步骤1、超声波扫描:超声波诊断仪与同步心电图相连接,通过超声波诊断仪的相控阵探头,采集患者心脏部位的三维图像;获取未经压缩的心脏部位三维图像,导出为DICOM文件;

[0022] 步骤2、格式转换:将导出的DICOM文件导入Philips QLAB工作站进行处理,经过转换导出为3DDCM格式文件;

[0023] 步骤3、确定方位:将3DDCM格式文件导入Mimics Research软件,选取需诊断的心脏局部病变部位时相,在Mimics Research软件中根据二维图像来确定心脏病变部位顶、底、前、后、左、右六个方向(Change Orientation),准备建模;

[0024] 步骤4、模型建立:在Mimics Research软件下确定建模的合适阈值(Thresholding);

[0025] 步骤5、切割:通过在Mimics Research软件下,利用区域增长(Region Growing)和动态区域增长(Dynamic Region Growing)运算,对需诊断的心脏局部病变部位图像数据进行初步切割,暴露出关键区域;

[0026] 步骤6、重建:通过在Mimics Research软件下,使用编辑蒙版(EditMasks)进行单层编辑,再次切除不需要的结构,保留关键部位;使用多个切片编辑(Multiple Slice Edit)模块来实现多层编辑,切除多层不需要的结构,保留需要的关键部位;交替使用这两个功能来进行图像的切割与重建,得到一个初步清晰的心脏局部病变部位3D结构模型;

[0027] 步骤7、优化模型:将Mimics Research软件处理的DCM文件导入3-matic Research软件中对需诊断的心脏局部病变部位图像进行平滑和中空处理,并最终导出为STL格式文件;

[0028] 步骤8、实际打印:将STL格式文件输入3D打印机,打印出心脏局部3D结构模型。

[0029] 作为优化,所述步骤6中,可通过Mimics Research软件中插件,对关键部位进行信息补充。

[0030] 作为优化,所述相控阵探头采用X5-1经胸三维超声相控阵探头或者X7-2T 经食管三维超声相控阵探头。

[0031] 本发明记载了通过上述方法制备的心脏3D打印模型;本发明还记载了超声波原始数据在心脏3D模型打印中的用途。

## 附图说明

[0032] 附图1:为本发明中CT数据处理完的模型;

[0033] 附图2:为本发明中MRI数据处理完的模型。

## 具体实施方式

[0034] 下面结合附图,对本发明作详细的说明。

[0035] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0036] 实施例1超声原始数据的3D建模方法及模型制作。具体步骤如下:

[0037] (1) 用QLAB软件导入超声波原始数据;

[0038] (2) 选取合适的时相和周期;

[0039] (3) 文件格式转换:得到3DDCM格式文件;

[0040] (4) 用Mimics Research软件导入3DDCM格式文件;

[0041] (5) 选取合适的时相和周期、像素;选取6个立体方向、阈值;

[0042] (6) 分别使用使用Region Growing插件、Dynamic Region Growing插件、Edit Masks插件、Multiple Slice Edit插件处理,得到数据;

[0043] (7) 使用3-matic Research软件处理上一步得到的数据,导出为STL数据;

[0044] (8) 数据导入3D打印机,打印出最终3D心脏模型。

[0045] 实施例2一种利用超声波原始数据来引导制作心脏局部3D打印模型的方法。其步骤为:

[0046] 步骤1、超声波扫描:超声波诊断仪与同步心电图相连接,通过超声波诊断仪的相控阵探头,采集患者心脏部位的三维图像所述相控阵探头采用X5-1 经胸三维超声相控阵探头(实际工作频率1-5MHz)或者X7-2T经食管三维超声相控阵探头(实际工作频率2-7MHz);获取未经压缩的心脏部位三维图像,导出为DICOM文件;

[0047] 步骤2、格式转换:将导出的DICOM文件导入Philips QLAB工作站进行处理,利用软件自带的3DQ插件,经过格式转换,直接导出为3DDCM格式文件;

[0048] 步骤3、确定方位:将3DDCM格式文件导入Mimics Research软件,Import method选取Non-strict DICOM 3.0,一个文件是由许多帧不同时相的图像组成的,选取需诊断的心脏局部病变部位时相;Compression选取Lossless,pixel size 默认值即可,根据二维图像来确定心脏病变部位顶、底、前、后、左、右六个方向(Change Orientation),准备建模;

[0049] 步骤4、模型建立:在Mimics Research软件下确定建模的合适阈值(Thresholding);

[0050] 步骤5、切割:通过在Mimics Research软件下,利用区域增长(Region Growing)和动态区域增长(Dynamic Region Growing)运算,对需诊断的心脏局部病变部位图像数据进行初步切割,暴露出关键区域;

[0051] 步骤6、重建:通过在Mimics Research软件下,使用编辑蒙版(Edit Masks) 进行单层编辑,再次切除不需要的结构,保留关键部位;使用多个切片编辑(Multiple Slice Edit)模块来实现多层编辑,切除多层不需要的结构,保留需要的关键部位;交替对两个功能进行重复使用,来进行图像的切割与重建,保证得到一个初步清晰的心脏局部关键部位的结构模型;

[0052] 步骤7、优化模型:将Mimics Research软件处理的DCM文件导入3-matic Research软件进行图像的合成和再优化,对需诊断的心脏局部病变部位图像进行平滑和中空处理,

并最终导出为STL格式文件;如心内膜一般来说比较平滑,由于原始图像空间分辨率的关系,重建完的模型显得很粗糙,这时就需要进行平滑处理,使得最后打印出来的结构更接近于真实情况;中空处理,也可以叫做镂空处理,如心腔内部实际上是血液,在观察结构性病变的时候不需要看到血液信息,就需要把这些信息去除掉,即进行中空处理;

[0053] 步骤8、实际打印:将STL格式文件输入3D打印机,打印出心脏局部3D 结构模型。

[0054] 本发明中,在获取三维超声心动图的DICOM医学影像原始数据后,其医学影像原始数据包括实时三维彩色多普勒经胸超声心动图、实时三维彩色多普勒经食管超声心动图的原始数据均为DICOM数据,后将其导入三维建模软件(如Materialise Mimics、SolidWorks等三维建模专业处理软件),进行相应的处理及转换,得到3D打印电脑模型,可以将结构性心脏病病变部位的解剖结构清晰立体地呈现出来,经分析后用于对结构性心脏病的病变评估以及手术方案的制定,并且可以导出为.STL文件(3D打印机可以识别的数据文件),然后输入3D打印机,利用原材料进行实体打印。在得到心脏的实体3D模型后,可以观察实体模型的缺陷结构,加深对于结构性心脏病的空间理解,也可以进行模拟手术,选择合适大小的补片、封堵器、人工瓣膜、人工血管等等,为手术打下良好的基础,缩短体外循环时间及手术时间,甚至对预后做出一定的判断。

[0055] 本发明将超声波原始DICOM数据转换成计算机可以识别的电脑模型,并结合3D打印技术形成心脏局部关键部位的3D实物模型,可以更直观的观察结构性心脏病的病变部位,为心血管内、外科手术提供术前评估依据,为患者及家属在术前演示手术过程,以及低年资外科医师的手术模拟练习,可以大大提高手术成功率,减少手术并发症以及意外情况的发生;利用实物直接观察病变区域,避免头脑想象的不足之处。

[0056] 三维彩色多普勒超声心动图则仅需通过几个不同位置数据库的成像,通过计算机后处理来切割、加工,以暴露解剖结构和血流动力学的异常,减少了对于检查者临床经验和空间想象能力的依赖性,其特殊的“外科视角”更是能让外科医师直接读懂图像,更进一步简化了超声医师与外科医师的交流方式与过程。在结构性心脏病的评估中,将三维打印与这三种影像检查技术结合起来对结构性心脏病进行术前、术中和术后的评估,可以为临床提供更多、更准确的信息。

[0057] 本发明基于三维超声心动图,实时三维彩色多普勒经胸超声心动图与实时三维彩色多普勒经食管超声心动图,无辐射,重复性好,无患者选择性,通用性强;利用超声波非断层数据,制作心脏局部3D打印模型,为心脏手术前制定方案、演示手术过程提供参考依据。在数据重建方面,本发明的超声波原始数据为非断层数据,数据处理上明显区别于CT和MRI扫描后数据处理,最终图像的时间分辨率高于CT和MRI扫描,空间分辨率则基本相同,同时通用于所有患者。克服由于CT检查具有电离辐射,并且需要注射对比剂进行增强检查(比如肾功能不全或者对比剂过敏的患者无法进行CT检查),MRI成像对于患者的严格选择性(比如体内有金属假体的患者无法进行MRI检查),同时 CT和MRI扫描的都为断层数据,加之其检查时间较长,成本较高,患者体位配合要求比较严格等,难以广泛应用于三维模型获取原始数据的缺点,同时更区别于CT和MRI扫描都为断层数据的特点。

[0058] 实施例3实施例1中所述步骤6中,通过Mimics Research软件中插件,对关键部位进行信息补充。可能由于一些切割的原因,感兴趣区域的极个别结构信息会被误切除或者采集图像时未能完全包含在内,如为了观察二尖瓣而导致更远的心尖部的心肌在某些情况

下不能完全包含在内或者部分缺失,这时候通过Mimics Research里面的插件进行信息补全,这些信息可以帮助了解整个心脏结构的完整性,同时又不影响诊断准确性。如布尔运算,可以进行相减、相加或相交运算,使得一些容易忽略的关键信息得到保留,又去除了一些不必要的信息。还有智能扩展模块,在原始阈值较小的时候,可以进行特定扩展。实施例4(对比实施例1):CT数据处理后的模型

[0059] 说明书附图1为CT数据处理完的心脏模型。图片显示,CT方法得到的模型,无法充分体现动态和血流情况。

[0060] 实施例5(对比实施例2):MRI数据处理后的模型

[0061] 说明书附图2为MRI数据处理完的心脏模型。图片显示,CT方法得到的模型,因空间分辨率和时间分辨率过低,无法清晰成形,呈现碎片化的情况。

[0062] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。



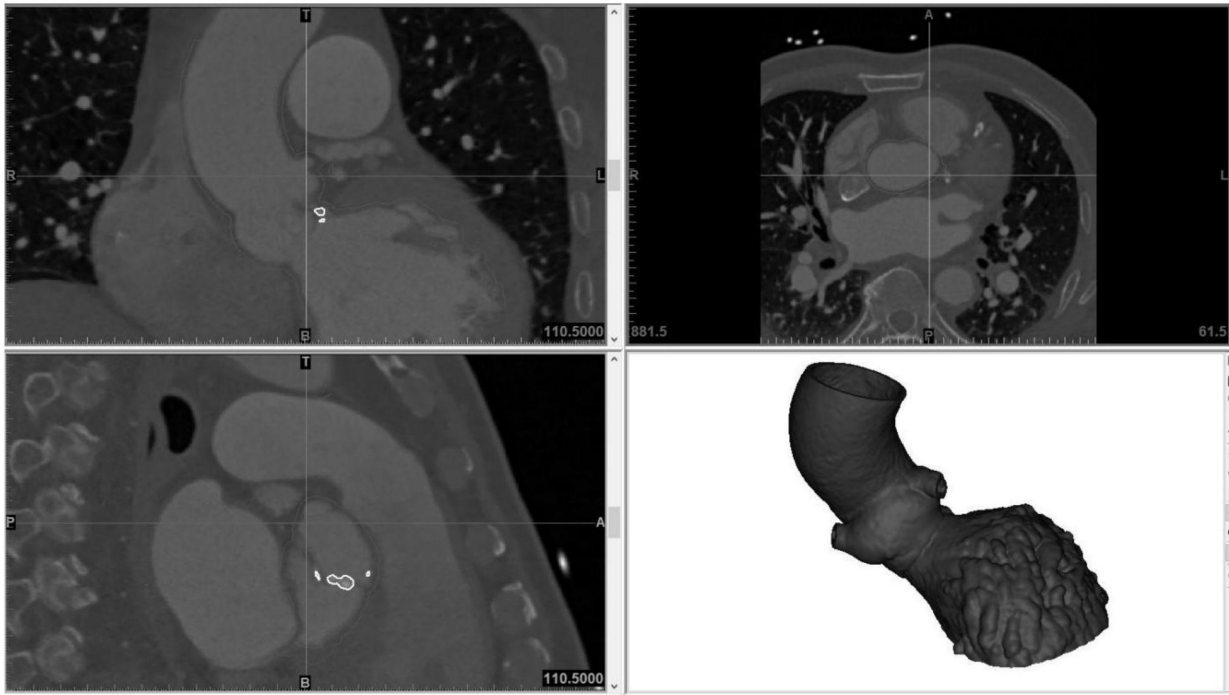


图1

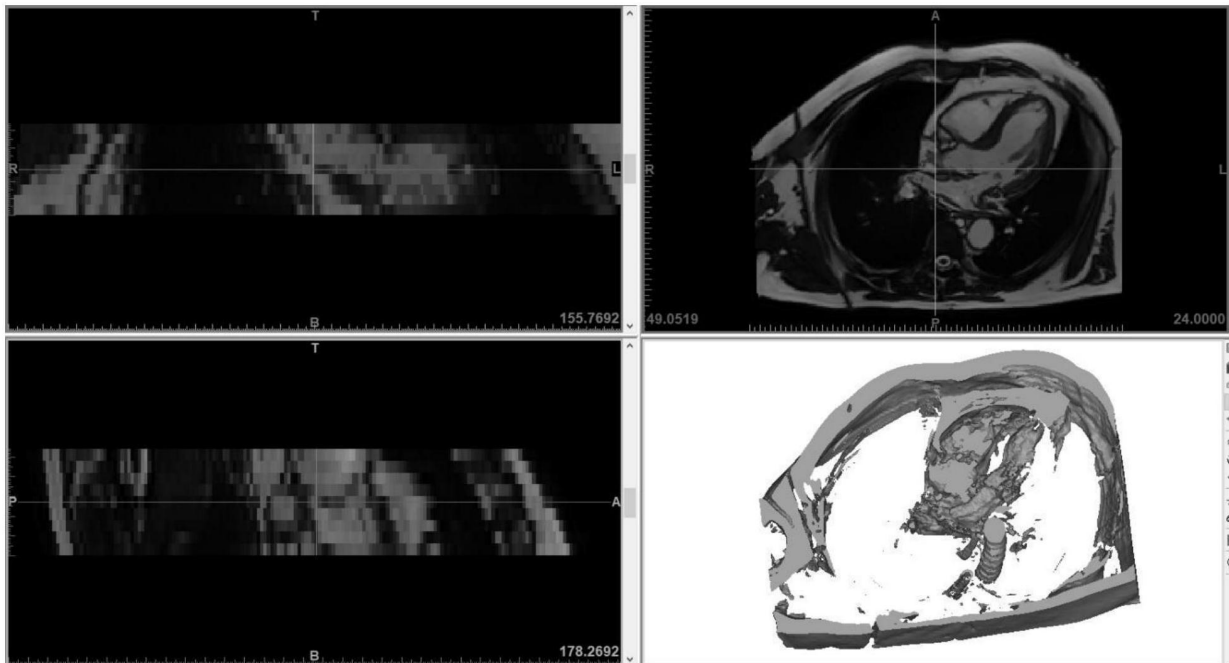


图2

专利名称(译)	一种利用超声波原始数据引导制作心脏局部3D打印模型的方法		
公开(公告)号	<a href="#">CN109820594A</a>	公开(公告)日	2019-05-31
申请号	CN201811564030.X	申请日	2018-12-20
[标]申请(专利权)人(译)	天津市胸科医院		
申请(专利权)人(译)	天津市胸科医院		
当前申请(专利权)人(译)	天津市胸科医院		
[标]发明人	朱延波 张秀红 王联群 刘建实 关欣		
发明人	朱延波 张秀红 王联群 刘建实 关欣		
IPC分类号	A61B34/10 G06T17/00		
代理人(译)	郭乐		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

#### 摘要(译)

本发明公开了一种无患者选择性的、实时动态的心脏局部3D打印模型及其制作方法，基于三维超声心动图，包括实时三维彩色多普勒经胸超声心动图与实时三维彩色多普勒经食管超声心动图，无辐射，重复性好，无患者选择性，通用性强；利用超声波非断层数据，制作心脏局部3D打印模型，为心脏手术前制定方案、演示手术过程提供参考依据。在数据重建方面，本发明的超声波原始数据为非断层数据，数据处理上明显区别于CT和MRI扫描后数据处理，最终图像的时间分辨率高于CT和MRI扫描，同时适用于所有患者。

