



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108013904 A

(43)申请公布日 2018.05.11

(21)申请号 201711360733.6

(22)申请日 2017.12.15

(71)申请人 无锡祥生医疗科技股份有限公司

地址 214028 江苏省无锡市新吴区硕放工业园五期51、53号地块长江东路228号

(72)发明人 甘从贵 赵明昌 陆坚

(74)专利代理机构 苏州国诚专利代理有限公司  
32293

代理人 韩凤

(51)Int.Cl.

A61B 8/08(2006.01)

A61B 8/00(2006.01)

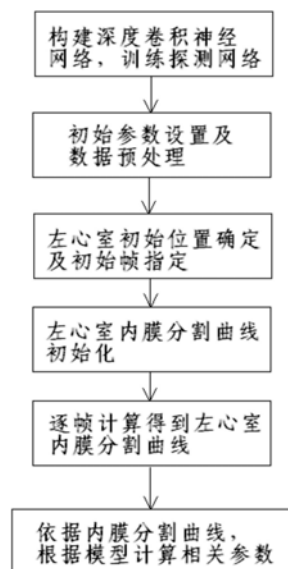
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

### (54)发明名称

心脏超声成像方法

### (57)摘要

本发明公开了一种心脏超声成像方法,用于解决在心脏测量过程,自动分割左心室轮廓的问题,防止测量过程中手动指定左心室分割点可能导致的体积计算不准确的情况。本发明相对传统左心室分割算法来说,使用了大量由医生手动标注左心室位置的图像来训练深度卷积神经网络,所得探测网络可以准确地识别左心室位置,并在探测位置区域内,执行水平集算法得到左心室内膜分割曲线,所得结果相对传统算法来说,更鲁棒,运行效率更高。同时,本发明针对超声成图质量不佳的情况,采用手动增强的方式,增强了边缘区域,提升了分割效果。



1. 心脏超声成像方法,其特征是,包括以下步骤:

步骤1、构建深度卷积神经网络,使用被标注左心室位置的超声图像训练一个探测网络;

步骤2、进行初始参数设置,然后对超声图像数据进行包括滤波、去噪在内的预处理;

步骤3、左心室初始位置确定及初始帧指定:

使用深度卷积神经网络搭建的探测网络,对输入图像逐帧用前向传播网络进行左心室探测概率计算,对于每一帧返回一个概率值,当计算返回的概率值大于初始设定探测概率阈值,且该帧图像位于视频序列的位置与视频末帧之间的时间间隔大于设定测量时间周期,则视为探测到左心室初始位置,将当前帧指定为初始帧;对于左心室成像不清晰或使用深度卷积神经网络搭建的探测网络在输入视频序列中没有探测到大于设定概率阈值的左心室的情况,需手动指定左心室位置;

步骤4、左心室内膜分割曲线初始化:

对步骤2指定初始帧和左心室位置的图像,确定初始帧左心室内膜分割曲线;对于由输入者手动指定左心室位置的情况,根据输入者输入的点构建一个三角弧形,以该三角弧形作为分割的初始轮廓;对于自动识别到左心室位置及初始帧的情况,则使用左心室位置作为初始轮廓,输出初始轮廓;

步骤5、逐帧计算得到左心室内膜分割曲线:

逐帧生成左心室内膜分割曲线,判别当前轮廓是否计算成功,若失败,则进入步骤3由用户手动指定左心室位置,再由步骤4生成初始轮廓后再生成左心室内膜分割曲线;

步骤6、依据步骤5得到的左心室内膜分割曲线,计算包括左心室体积、射血分数在内的相关参数。

2. 如权利要求1所述的超声成像方法,其特征是,步骤3所述左心室初始位置由矩形表示。

3. 如权利要求2所述的超声成像方法,其特征是,步骤3手动指定左心室位置的方法为:手动点选包括心尖点、两个二尖瓣点在内的三个点,生成以三个点作为顶点的三角形的外接矩形,作为左心室初始位置。

4. 如权利要求1所述的超声成像方法,其特征是,步骤4中,对于左心室边界不清晰的图像,需要用手动选取增强图像边缘的方式补齐心脏左心室边界亮度不足之处,增强左心室边界,并推广到图像序列中的每一帧图像。

5. 如权利要求4所述的超声成像方法,其特征是,所述选取增强图像边缘的方式为:在图像上,左心室边界亮度不足之处点选两点或多点,以直线或曲线线条将这些点连接起来,线条横向方向上,以中点向两边设定宽度位置上,亮度分布以高斯分布为准则。

6. 如权利要求2所述的超声成像方法,其特征是,步骤4中,根据输入者输入的点构建三角弧形的方法为,以步骤3手动输入的三个点为顶点构建一个三角弧形:

a) 判断输入的三个顶点坐标的纵坐标 $y$ ,在GDI坐标系下, $y$ 值最小的点即为上部顶点,另两点中横坐标 $x$ 值小的点为左下点,另一点为右下点;

b) 以直线连接左下点与右下点;

c) 左下点与上部顶点、右下点与上部顶点之间分别以弧线相连。

7. 如权利要求1所述的超声成像方法,其特征是,步骤5生成左心室内膜分割曲线

的方法为:对该帧超声图像执行深度卷积神经网络进行前向传播计算,得到左心室位置区域,并以该区域内图像作为水平集算法的分割区域,演化得到左心室内膜分割曲线;该步骤中,如果当前帧使用由步骤4生成的初始轮廓作为输入,则使用该初始轮廓作为水平集的初始水平集函数,如果当前帧没有输入初始轮廓,则采用上一帧分割出的轮廓作为水平集算法的初始水平集函数,执行演化,生成左心室内膜分割曲线。

8.如权利要求1所述的超声成像方法,其特征是,步骤5中,判别当前轮廓是否计算失败主要计算当前轮廓是否满足以下任一条件:

(a) 面积判别条件:先根据当前帧生成的轮廓计算面积 $Area_{now}$ ,除第一帧之外,每一帧分割出的轮廓得到的面积 $Area_{now}$ 相对于前一帧轮廓计算出的面积 $Area_{prev}$ ,每一帧分割出的轮廓得到的面积 $Area_{now}$ 相对于第一帧轮廓得到的面积 $Area_{pri}$ 进行如下比较

$$\frac{Area_{now}-Area_{prev}}{Area_{prev}} > Threshold_1 \text{ 或 } < Threshold_2, \text{ 则判别为失败;}$$

$$\frac{Area_{now}-Area_{pri}}{Area_{pri}} > Threshold_3 \text{ 或 } < Threshold_4, \text{ 则判别为失败;}$$

(b) 质心判别条件:(当前帧轮廓质心-前一帧轮廓质心)  $> Threshold_5$  或  $< Threshold_6$ , 则判别为失败;

其中 $Threshold_1, Threshold_2, Threshold_3, Threshold_4, Threshold_5, Threshold_6$ 分别表示设定的6个阈值。

9.如权利要求1所述的超声成像方法,其特征是,步骤6中计算左心室射血分数EF的方法为:

$$EF = \frac{SV}{ESV} \times 100\% ,$$

其中SV为每搏排出血液量,即左心室舒张末期体积减去左心室收缩末期体积,ESV为左心室舒张末期容积。

10.如权利要求1所述的超声成像方法,其特征是,步骤6中计算左心室体积的方法为:

$$V = \sum_1^n r \pi d_i^2 ,$$

其中,在垂直于心脏方向矢量上以设定步长r曲割左心室轮廓曲线,n为左心室轮廓线被切割成的份数, $r > 0$ ,每条曲割线分别与轮廓左边、右边交点之间的距离为 $2d_i, i = 1, 2, \dots, n$ 。

## 心脏超声成像方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及超声图像处理领域,具体是一种心脏超声成像方法。

### 背景技术

[0002] 二维实时超声心动图是一种在临床心血管疾病诊疗中广泛应用的无创的诊断和监护技术,虽然精确勾画舒张期和收缩期左心室的内膜边界可以为临床提供重要的心功能参数,但是由于超声图像的质量问题,全自动、甚至半自动勾画超声边界一直是非常困难的。

[0003] 目前有一些左心室分割算法采用了水平集方法来得到左心室内膜的分割曲线,但该方法对心脏条件不好或成图质量不高的情况,分割效果不理想,分割效果依赖于由传统算法生成的初始水平集,准确率不高。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的是克服现有技术中存在的不足,提供一种心脏超声成像方法,该方法解决了在心脏测量过程,自动分割左心室轮廓的问题,防止了测量过程中手动指定左心室分割点可能导致的体积计算不准确的情况。

[0005] 按照本发明提供的技术方案,所述心脏超声成像方法包括以下步骤:

[0006] 步骤1、构建深度卷积神经网络,使用被标注左心室位置的超声图像训练一个探测网络;

[0007] 步骤2、进行初始参数设置,然后对超声图像数据进行包括滤波、去噪在内的预处理;

[0008] 步骤3、左心室初始位置确定及初始帧指定:

[0009] 使用深度卷积神经网络搭建的探测网络,对输入图像逐帧用前向传播网络进行左心室探测概率计算,对于每一帧返回一个概率值,当计算返回的概率值大于初始设定探测概率阈值,且该帧图像位于视频序列的位置与视频末帧之间的时间间隔大于设定测量时间周期,则视为探测到左心室初始位置,将当前帧指定为初始帧;对于左心室成像不清晰或使用深度卷积神经网络搭建的探测网络在输入视频序列中没有探测到大于设定概率阈值的左心室的情况,需手动指定左心室位置;

[0010] 步骤4、左心室内膜分割曲线初始化:

[0011] 对步骤2指定初始帧和左心室位置的图像,确定初始帧左心室内膜分割曲线;对于由输入者手动指定左心室位置的情况,根据输入者输入的点构建一个三角弧形,以该三角弧形作为分割的初始轮廓;对于自动识别到左心室位置及初始帧的情况,则使用左心室位置作为初始轮廓,输出初始轮廓;

[0012] 步骤5、逐帧计算得到左心室内膜分割曲线:

[0013] 逐帧生成左心室内膜分割曲线,判别当前轮廓是否计算成功,若失败,则进入步骤3由用户手动指定左心室位置,再由步骤4生成初始轮廓后再生成左心室内膜分割曲线;

[0014] 步骤6、依据步骤5得到的左心室内膜分割曲线,计算包括左心室体积、射血分数在内的相关参数。

[0015] 进一步的,步骤3所述左心室初始位置由矩形表示。

[0016] 进一步的,步骤3手动指定左心室位置的方法为:手动点选包括心尖点、两个二尖瓣点在外的三个点,生成以三个点作为顶点的三角形的外接矩形,作为左心室初始位置。

[0017] 进一步的,步骤4中,对于左心室边界不清晰的图像,需要手动选取增强图像边缘的方式补齐心脏左心室边界亮度不足之处,增强左心室边界,并推广到图像序列中的每一帧图像。

[0018] 进一步的,所述选取增强图像边缘的方式为:在图像上,左心室边界亮度不足之处点选两点或多点,以直线或曲线线条将这些点连接起来,线条横向方向上,以中点向两边设定宽度位置上,亮度分布以高斯分布为准则。

[0019] 进一步的,步骤4中,根据输入者输入的点构建三角弧形的方法为,以步骤3手动输入的三个点为顶点构建一个三角弧形:

[0020] a) 判断输入的三个顶点坐标的纵坐标y,在GDI坐标系下,y值最小的点即为上部顶点,另两点中横坐标x值小的点为左下点,另一点为右下点;

[0021] b) 以直线连接左下点与右下点;

[0022] c) 左下点与上部顶点、右下点与上部顶点之间分别以弧线相连。

[0023] 进一步的,步骤5生成左心室内膜分割曲线的方法为:对该帧超声图像执行深度卷积神经网络进行前向传播计算,得到左心室位置区域,并以该区域内图像作为水平集算法的分割区域,演化得到左心室内膜分割曲线;该步骤中,如果当前帧使用由步骤4生成的初始轮廓作为输入,则使用该初始轮廓作为水平集的初始水平集函数,如果当前帧没有输入初始轮廓,则采用上一帧分割出的轮廓作为水平集算法的初始水平集函数,执行演化,生成左心室内膜分割曲线。

[0024] 进一步的,步骤5中,判别当前轮廓是否计算失败主要计算当前轮廓是否满足以下任一条件:

[0025] (a) 面积判别条件:先根据当前帧生成的轮廓计算面积 $Area_{now}$ ,除第一帧之外,每一帧分割出的轮廓得到的面积 $Area_{now}$ 相对于前一帧轮廓计算出的面积 $Area_{prev}$ ,每一帧分割出的轮廓得到的面积 $Area_{now}$ 相对于第一帧轮廓得到的面积 $Area_{pri}$ 进行如下比较

[0026]  $\frac{Area_{now}-Area_{prev}}{Area_{prev}} > Threshold_1$ 或 $< Threshold_2$ ,则判别为失败;

[0027]  $\frac{Area_{now}-Area_{pri}}{Area_{pri}} > Threshold_3$ 或 $< Threshold_4$ ,则判别为失败;

[0028] (b) 质心判别条件:(当前帧轮廓质心-前一帧轮廓质心) $> Threshold_5$ 或 $< Threshold_6$ ,则判别为失败;

[0029] 其中 $Threshold_1, Threshold_2, Threshold_3, Threshold_4, Threshold_5, Threshold_6$ 分别表示设定的6个阈值。

[0030] 进一步的,步骤6中计算左心室射血分数EF的方法为:

[0031]  $EF = \frac{SV}{ESV} \times 100\%$  ,

[0032] 其中SV为每搏排出血流量,即左心室舒张末期体积减去左心室收缩末期体积,ESV

为左心室舒张末期容积。

[0033] 步骤6中计算左心室体积的方法为：

$$[0034] \quad V = \sum_1^n r \pi d_i^2,$$

[0035] 其中,在垂直于心脏方向矢量上以设定步长 $r$ 曲割左心室轮廓曲线, $n$ 为左心室轮廓线被切割成的份数, $r > 0$ ,每条曲割线分别与轮廓左边、右边交点之间的距离为 $2d_i$ , $i = 1, 2, \dots, n$ 。

[0036] 本发明的优点是:本发明相对传统左心室分割算法来说,使用了大量由医生手动标注左心室位置的图像来训练深度卷积神经网络,所得探测网络可以准确地识别左心室位置,并在探测位置区域内,执行水平集算法得到左心室内膜分割曲线,所得结果相对传统算法来说,更鲁棒,运行效率更高。

[0037] 本发明针对超声成图质量不佳的情况,采用手动增强的方式,增强了边缘区域,提升了分割效果。

## 附图说明

[0038] 图1是本发明的总体流程图。

## 具体实施方式

[0039] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步说明。

[0040] 如图1所示,本发明公开了一种心脏超声成像方法,包括以下步骤:1) 构建深度卷积神经网络,训练探测网络;2) 初始参数设置及数据预处理;3) 左心室初始位置确定及初始帧指定;4) 左心室内膜分割曲线初始化;5) 逐帧计算得到左心室内膜分割曲线;6) 依据内膜分割曲线,根据模型计算左心室体积、射血分数等相关参数。

[0041] 该方法为了解决在心脏测量过程,自动分割左心室轮廓,防止测量过程中手动指定左心室分割点可能导致的体积计算不准确的情况,处理流程包括以下几个步骤。

[0042] 步骤1、构建深度卷积神经网络,使用由医生标注的左心室位置的超声图像训练一个探测网络。

[0043] 步骤2、初始参数设置及数据预处理:

[0044] 初始参数可以由医生指定,也可以是机器给一组参数设置,数据预处理对输入视频图像数据逐帧采用a算法进行预处理(滤波、去噪等),经过此步骤去除了数据中的噪点,使后续的分割操作更具有鲁棒性。

[0045] a算法可以采用高斯滤波、双边滤波、非局部均值滤波等滤波算法中的一种或几种。

[0046] 步骤3、左心室初始位置确定及初始帧指定。

[0047] 该步骤主包括两部分:

[0048] 1) 初始帧指定;

[0049] 初始帧指定可由b算法自动识别并指定初始帧位置或由医生查阅图像视频后,手动指定初始帧位置。

[0050] 2) 左心室初始位置确定;

[0051] (1) 对于左心室成像比较好的情况(整个左心室包括内膜、二尖瓣和心尖都清晰显

现),使用b算法自动发现当前帧中左心室的初始位置;

[0052] (2)对于左心室成像不好情况(二尖瓣、内膜、或心尖不清晰显示或b算法在输入视频序列中没有探测到大于指定阈值概率的左心室),需手动指定左心室位置,可执行c算法手动指定左心室位置。

[0053] 所述b算法为深度卷积神经网络搭建的探测网络,对于输入图像逐帧用前向传播网络进行左心室探测概率计算,对于每一帧返回一个概率值,当计算返回的概率值大于初始设定探测概率阈值,且该帧图像位于视频序列的位置与视频末帧之间的时间间隔大于测量时间周期(如一分钟,由初始参数指定),则视为探测到左心室初始位置(初始位置可由矩形表示),并将当前帧指定为初始帧。

[0054] 所述c算法由医生手动点选左心室位置,在一个实例中,医生手动点选包括心尖点、两个二尖瓣点在内的三个点,生成以这三个点作为顶点的三角形的外接矩形,作为左心室初始位置。

[0055] 步骤4、左心室内膜分割曲线初始化。

[0056] 对于成功执行了步骤二的图像序列,确定了初始帧图像位置和左心室初始位置参数,算法对指定初始帧位置的图像执行算法d,确定初始帧左心室内膜分割曲线;该步骤中,对于左心室边界不清晰的图像,需要医生手动点选增强。

[0057] 手动点选增强:由于心肌体积在心脏收缩——舒张的一个周期内变化很小(小于5%),可以用手动增强图像边缘的方式补齐心脏左心室边界亮度不足之处,并推广到图像序列中的每一帧图像。

[0058] 手动增强心脏左心室亮度方法:在(舒张期)图像上,左心室边界(亮度不足之处)点选两点或者多点,以直线或B样线条曲线等线条将这些点连接起来,线条横向方向上,以中点向两边指定的宽度位置上,亮度分布以高斯分布为准则。可以手动作多条亮度条增强左心室边界,以利于分割。

[0059] 所述算法d对于由输入者手动指定左心室位置的情况,执行e算法生成初始轮廓,并输出初始轮廓。

[0060] 算法e由步骤三中手动输入的三个点为顶点构建一个三角弧形,以该三角弧形作为分割的初始水平集。构建三角弧形的方法:

[0061] a)判断三个顶点坐标的y,在GDI坐标系下,y值最小的点即为上部顶点,另两点中x值小的点为左下点,另一点为右下点。

[0062] b)以直线连接左下点与右下点。

[0063] c)左下点与上部顶点、右下点与上部顶点之间分别以弧线相连,弧线可以是抛物线、B样条曲线等。

[0064] 步骤5、逐帧计算得到左心室内膜分割曲线。

[0065] 对视频序列中图像逐帧执行探测网络的前向传播计算得到左心室位置,再在给位置区域内执行水平集算法,演化生成左心室内膜分割曲线。并根据以下规则进行曲线是否生成成功的判别,如果满足其中一条,则视为曲线生成失败,进入步骤三由用户手动指定左心室位置,再由步骤四生成初始轮廓,再进入本步骤执行水平集算法,演化生成左心室内膜分割曲线。

[0066] 所述水平集算法实施中,针对不同的输入使用不同的初始水平集函数,对于由步

骤四生成的初始轮廓作为输入的情况,则以该输入作为初始水平集;如果没有输入,则用上一帧分割输出作为初始水平集。

[0067] 曲线生成失败的判别条件如下,如果满足其中之一,则视为生成失败:

[0068] (1) 面积判别条件:先根据当前帧生成的轮廓计算面积 $Area_{now}$ ,除第一帧之外,每一帧分割出的轮廓得到的面积 $Area_{now}$ 相对于前一帧轮廓计算出的面积 $Area_{prev}$ ,每一帧分割出的轮廓得到的面积 $Area_{now}$ 相对于第一帧轮廓得到的面积 $Area_{pri}$ 进行如下比较;

[0069]  $\frac{Area_{now}-Area_{prev}}{Area_{prev}} > Threshold_1$ 或 $< Threshold_2$ ,则判别为失败;

[0070]  $\frac{Area_{now}-Area_{pri}}{Area_{pri}} > Threshold_3$ 或 $< Threshold_4$ ,则判别为失败;

[0071] (2) 质心判别条件:(当前帧轮廓质心-前一帧轮廓质心) $> Threshold_5$ 或 $< Threshold_6$ ,则判别为失败。

[0072] 本发明所指的质心,为每帧图像的轮廓的质心。

[0073] 其中 $Threshold_1, Threshold_2, Threshold_3, Threshold_4, Threshold_5, Threshold_6$ 分别表示设定的6个阈值。

[0074] 步骤6、依据内膜分割曲线,根据h算法计算左心室体积、射血分数等相关参数。

[0075] h算法计算体积的方法如下:

[0076] 在垂直于心脏方向矢量上以步长 $r$ (初始设定参数)曲割左心室轮廓曲线,每条曲割线分别与轮廓左边和右边交点之间的距离为 $2d_i$ ,则对切割后得每一段轮廓包含的体积为: $v_i = r\pi d_i^2, i=1, 2, \dots, n$ ,将切割所得的所有体积相加则得到当前帧的左心室体积,即 $V = \sum_1^n r\pi d_i^2$ , $n$ 为左心室轮廓线被切割成的份数。 $r$ 为预先设定的步长, $r>0$ ,例如图像轮廓的高度为 $L$ 时,步长为 $r$ 则轮廓被曲割成 $\frac{L}{r}$ 的取整份。

[0077] 左心室射血分数如下

[0078]  $EF = \frac{SV}{ESV} \times 100\%$

[0079]  $SV$ 为每搏排出血液量,即左心室舒张末期体积减去左心室收缩末期体积, $ESV$ 为左心室舒张末期容积。

[0080] 最后所应说明的是,以上具体实施方式仅用以说明本发明的技术方案而非限制,尽管参照实例对本发明进行了详细说明,本领域的普通技术人员应当理解,可以对本发明的技术方案进行修改或者等同替换,而不脱离本发明技术方案的精神和范围,其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。



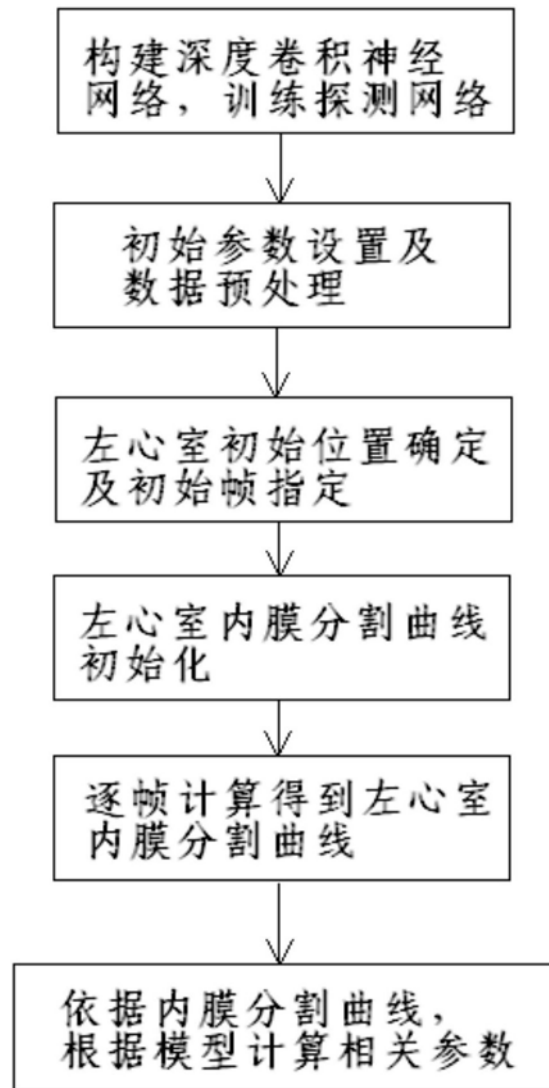


图1

专利名称(译)	心脏超声成像方法		
公开(公告)号	<a href="#">CN108013904A</a>	公开(公告)日	2018-05-11
申请号	CN2017111360733.6	申请日	2017-12-15
[标]发明人	甘从贵 赵明昌 陆坚		
发明人	甘从贵 赵明昌 陆坚		
IPC分类号	A61B8/08 A61B8/00		
CPC分类号	A61B8/0883 A61B8/5207 A61B8/5223		
代理人(译)	韩凤		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

#### 摘要(译)

本发明公开了一种心脏超声成像方法，用于解决在心脏测量过程，自动分割左心室轮廓的问题，防止测量过程中手动指定左心室分割点可能导致的体积计算不准确的情况。本发明相对传统左心室分割算法来说，使用了大量由医生手动标注左心室位置的图像来训练深度卷积神经网络，所得探测网络可以准确地识别左心室位置，并在探测位置区域内，执行水平集算法得到左心室内膜分割曲线，所得结果相对传统算法来说，更鲁棒，运行效率更高。同时，本发明针对超声成图质量不佳的情况，采用手动增强的方式，增强了边缘区域，提升了分割效果。

