



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117460458 A

(43) 申请公布日 2024. 01. 26

(21) 申请号 202280036601.0

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

(22) 申请日 2022.05.12

专利代理师 刘兆君

(30) 优先权数据

21290031.0 2021.05.21 EP

(51) Int. Cl.

A61B 8/08 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.11.21

A61B 8/00 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2022/062971 2022.05.12

(87) PCT国际申请的公布数据

WO2022/243178 EN 2022.11.24

(71) 申请人 皇家飞利浦有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

(72) 发明人 A·奥利维尔

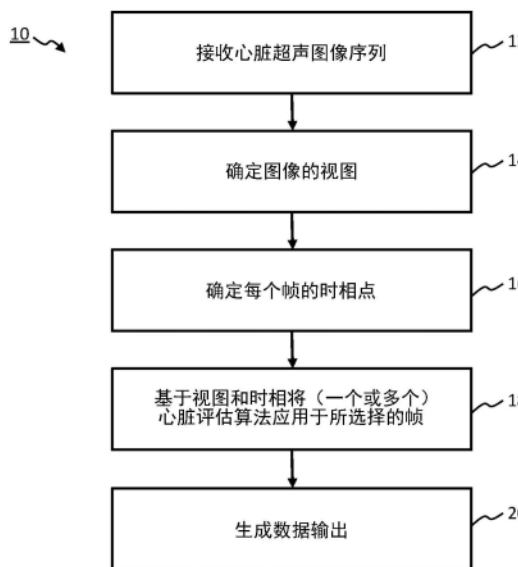
权利要求书2页 说明书10页 附图2页

(54) 发明名称

心脏图像分析

(57) 摘要

一种用于从图像帧的序列中选择图像帧以应用一个或多个解剖/生理评估或量化算法的自动方法。特别地,该方法基于根据已经采集图像帧的序列的成像视图对所接收的图像帧的序列进行分类。该方法还包括针对序列中的每个帧确定图像帧在对象的被成像的心脏的心动周期内的子时相。这些所确定的参数用于识别被用于应用一个或多个预定算法的一个或多个合适的帧,和/或可以用于识别用于应用于帧中的每个帧或帧的子集的一个或多个合适的算法。



1. 一种方法 (10), 包括:

接收 (12) 对象的心脏的超声帧的时间序列, 所述时间序列跨越至少一个心动周期;

确定 (14) 由所述帧的序列表示的视图;

针对每个帧确定 (16) 所述帧在心动周期内的时相点, 所述时相点是心脏收缩时相或心脏舒张时相中的一项的子时相点;

应用 (18) 一个或多个心脏瓣膜分析算法, 每个算法被配置为接收一个或多个输入超声帧, 所述一个或多个输入超声帧表示在预定义的一个或多个视图中并且在所述心动周期的预定义的一个或多个时相点处的心脏, 其中, 被提供给每个算法的一个或多个输入图像帧基于所接收的帧中的每个帧的所确定的视图和时相点而被选择; 并且

生成 (20) 数据输出, 所述数据输出表示所述一个或多个算法中的每个算法的输出。

2. 根据权利要求1所述的方法, 其中, 所述时相点对应于的一组预定时相区间中的一个, 每个时相区间是心脏收缩时相和心脏舒张时相中的一项的子区间。

3. 根据权利要求2所述的方法, 其中, 所述预定时相区间包括: 等容舒张、心室充盈、心房收缩、等容收缩和心室射血。

4. 根据权利要求1-3中的任一项所述的方法, 其中, 所述方法还包括在每个帧内检测一个或多个解剖特征的运动状态, 每个解剖特征在心动周期内具有周期性运动模式, 并且其中, 对每个帧的所述时相点的所述确定基于所述一个或多个解剖特征的检测到的运动状态。

5. 根据权利要求1-4中的任一项所述的方法, 其中, 确定所述视图包括将所述视图分类为一组预定义视图中的一个, 并且其中, 所述预定义视图包括以下中的一个或多个: 胸骨旁短轴 (PSAx) 观、胸骨旁长轴 (PLAx) 观、心尖四腔观、心尖两腔观和心尖长轴观。

6. 根据权利要求1-5中的任一项所述的方法, 其中, 所述一个或多个分析算法的至少子集适于输出所述主动脉瓣或二尖瓣的参数。

7. 根据权利要求1-6中的任一项所述的方法, 其中, 所述一个或多个分析算法适于输出针对以下中的一项或多项的评估指标: 主动脉瓣狭窄 (AS)、主动脉瓣面积 (AVA)、主动脉瓣钙化、二尖瓣面积、以及二尖瓣或主动脉瓣小叶计数。

8. 根据权利要求1-7中的任一项所述的方法, 其中, 所述方法还包括接收针对所述对象的ECG信号, 并且其中, 确定针对每个帧的所述时相点还基于所述ECG信号。

9. 根据权利要求1-8中的任一项所述的方法, 其中, 确定所述时相点和/或确定所述视图基于AI算法的使用。

10. 根据权利要求9所述的方法, 其中,

确定所述时相点和/或确定所述视图基于深度神经网络 (DNN) 的使用; 和/或

确定所述时相点基于递归神经网络 (RNN) 的使用。

11. 根据权利要求1-10中的任一项所述的方法, 还包括生成显示输出, 所述显示输出用于使用户接口同时显示所述图像帧中的一个或多个图像帧和所确定的所述帧的时相点。

12. 一种包括代码单元的计算机程序产品, 所述代码单元被配置为当在处理器上运行时使所述处理器执行根据权利要求1-11中的任一项所述的方法。

13. 一种处理装置 (32), 包括:

输入部/输出部 (34); 以及

一个或多个处理器(36),其适于:

在所述输入部/输出部处接收对象的心脏的超声帧的时间序列,所述时间序列跨越至少一个心动周期;

确定由所述帧的序列表示的视图;

针对每个帧确定所述帧在心动周期内的时相点,所述时相点是心脏收缩时相或心脏舒张时相中的一项的子时相;

应用一个或多个心脏瓣膜分析算法,每个算法被配置为接收一个或多个输入超声帧,所述一个或多个输入超声帧表示在预定义的一个或多个视图中并且在所述心动周期的预定义的一个或多个时相点处的心脏,其中,被提供给每个算法的所述一个或多个输入图像帧基于所接收的帧中的每个帧的所确定的视图和时相点而被选择;并且

生成数据输出,所述数据输出表示所述一个或多个算法中的每个算法的输出。

14. 根据权利要求13所述的装置,其中,所述时相点对应于一组预定时相区间中的一个,每个时相区间是心脏收缩时相和心脏舒张时相中的一项的子区间。

15. 一种系统(40),包括:

根据权利要求13或14所述的装置(32);

超声成像装置(42),其适于将超声图像数据输出到所述装置;以及

用户接口(44),其包括与所述装置操作性耦合的显示器。

心脏图像分析

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于心脏图像分析 (特别是用于评估心脏瓣膜) 的方法。

背景技术

[0002] 心脏瓣膜障碍是心脏病理的主要类别。这些可以使用超声成像来评估。诊断通常需要在临床医生手动评估的情况下长时间检查。

[0003] 主动脉瓣疾病是最广泛的心脏瓣膜疾病之一。例如,发达国家中主动脉狭窄的患病率为3%。

[0004] 可以使用多普勒超声心动图参数 (诸如最大经主动脉喷射速度、平均经主动脉压力梯度或主动脉瓣面积) 来根据US图像评估主动脉瓣狭窄。这些可以从连续性方程推导。

[0005] 当前使用计算机断层摄影来评估主动脉钙化,并且所得的Agatston评分是金标准。

[0006] 二尖瓣疾病也是心脏瓣膜病理的主要类别。二尖瓣疾病可以包括二尖瓣狭窄或二尖瓣反流。可以使用超声成像来评估二尖瓣疾病。例如,来自心尖四腔观的超声成像使得能够评估二尖瓣区域,这允许二尖瓣狭窄的检测。

[0007] 先前已经提出使用超声自动或半自动地执行这样的检查。然而,所有已知的方法都要求用户在应用自动评估之前选择足够好的帧。例如,特定参数的量化可能需要 (一幅或多幅) 超声图像捕获正确的视图,例如胸骨旁短轴 (PSAx) 或胸骨旁长轴 (PLAx)。它还可能需

[0008] US2017/007201 A1公开了一种包括处理电路的超声诊断装置。所述处理电路被配置为基于由图像生成电路生成的3D图像来提取二尖瓣的边缘,跟踪二尖瓣的边缘,确定收缩末期的定时,并且基于现收缩末期相对应的帧的3D图像来计算瓣膜小叶之间的间隙。

[0009] EP 3571999 A1公开了一种包括处理电路的超声诊断装置。所述处理电路系统被配置为基于绘制心脏的移动图像数据来指定作为心脏的部分的区域,并且获得参考波形,所述参考波形使得能够基于移动图像数据中的区域来估计心动时相。

发明内容

[0010] 本发明由权利要求限定。

[0011] 根据依据本发明的方面的示例,提供了一种方法,包括:接收对象的心脏的超声帧的时间序列,所述时间序列所述跨越至少一个心动周期;确定由所述帧的序列表示的视图;针对每个帧确定所述帧在心动周期内的时相点,所述时相点是心脏收缩时相或心脏舒张时相中的一项的子时相点;应用一个或多个心脏瓣膜分析算法,每个算法被配置为接收表示在预定义的一个或多个视图中并且在所述心动周期的预定义的一个或多个时相点处的心脏的一个或多个输入超声帧,其中,被提供给每个算法的所述一个或多个输入图像帧基于所接收的帧中的每个帧的所确定的视图和时相点而被选择;并且生成数据输出,所述数据输出表示所述一个或多个算法中的每个算法的输出。

[0012] 本发明的实施例提供了一种用于基于超声帧的序列来执行自动化心脏瓣膜(例如主动脉瓣)评估的方法。

[0013] 通过检测由图像系列表示的视图并且根据其所在的时相区间对每个帧进行分类,可以自动地将适当的图像帧作为输入提供给适当的评估算法,从而允许心脏瓣膜评估。更具体地,通过针对每个帧检测帧的子时相(其为心脏收缩或心脏舒张中的一项的子部分(subsidiary portion)),这允许对哪些帧被供应给哪些算法的更精确控制。

[0014] 超声图像帧可以从超声成像装置接收,并且其中,该方法与通过成像装置的图像采集实时地执行。在其他示例中,可以从数据存储接收图像序列,使得基于来自更早成像会话的图像数据离线执行该方法。

[0015] 所确定的时相点对应于—组预定时相区间中的一个,每个时相区间是心脏收缩时相和心脏舒张时相中的一项的子区间。

[0016] 在一些实施例中,所述预定时相区间可以至少包括以下的子集:等容舒张、心室充盈、心房收缩、等容收缩和心室射血。

[0017] 在一些示例中,所述算法中的至少一个可以适于接收图像帧的序列。可选地,所述方法可以包括基于帧的时相点来从所接收的图像帧中选择图像帧的时间上相继的子集。例如,可以选择跨越时相区间中的一个时相区间的图像帧的时间上相继的子集。

[0018] 在一些实施例中,所述方法还可以包括在每个帧内检测一个或多个解剖特征的运动状态,所述一个或多个解剖特征中的每个解剖特征在心动周期内具有周期性运动模式。对每个帧的所述时相点的所述确定可以基于所述一个或多个解剖特征的检测到的运动状态。

[0019] 确定所述视图可以包括将所述视图分类为一组预定义视图中的一个,并且其中,所述预定义视图包括以下中的一个或多个:胸骨旁短轴(PSAx)观、胸骨旁长轴(PLAx)观、心尖四腔观、心尖两腔观和心尖长轴观。

[0020] 胸骨旁短轴(PSAx)观和胸骨旁长轴(PLAx)观对于主动脉瓣的检查是特别有价值的。心尖观对于检查二尖瓣是特别有价值的。例如,可以根据心尖四腔观评估二尖瓣面积。

[0021] 在一些实施例中,所述一个或多个分析算法的至少子集中的每个适于输出所述主动脉瓣和/或二尖瓣的参数。

[0022] 在一些实施例中,所述一个或多个分析算法可以适于输出针对以下中的一项或多项的评估指标:主动脉瓣狭窄、主动脉瓣面积、主动脉瓣钙化、二尖瓣面积和二尖瓣或主动脉瓣小叶计数。

[0023] 在一些实施例中,所述方法还可以包括接收针对所述对象的ECG信号。每个帧的时相点的确定还可以基于所述ECG信号。

[0024] 对象的ECG信号的波形与心动周期密切相关。例如,QRS模式刚好在心室收缩之前开始。P波和T波分别与心房极化和心室复极化有关,并且因此与心脏的时相密切相关。因此,如果ECG信号可用,则它可以作为附加输入被提供给时相分类器,从而改善时相点检测的准确性。

[0025] 在每个图像帧中检测或跟踪的一个或多个解剖特征可以包括主动脉瓣、二尖瓣和/或心脏的心室或心房的至少一部分。

[0026] 在一些实施例中,确定所述时相点和/或确定所述视图基于人工智能(AI)算法的

使用。

[0027] 在一些实施例中,确定所述时相点和/或确定所述视图可以基于深度神经网络(DNN)的使用。

[0028] 在一些实施例中,确定所述时相点和/或确定所述视图可以基于递归神经网络(RNN)的使用。

[0029] 与仅分析图像的空间结构的经典DNN相比,RNN和时空网络能够分析序列中的相继帧之间的时间关系。这提高了时相检测的准确性。

[0030] 在一些实施例中,所述方法还可以包括生成显示输出,所述显示输出用于使用户接口同时显示所述图像帧中的一个或多个图像帧和所确定的所述帧的时相点。

[0031] 通过显示所确定的每个帧的时相点,用户可以查看和检查确定的准确性。

[0032] 任选地,所述方法还可以包括从所述用户接口接收用户输入,所述用户输入指示对所述图像帧中的一个或多个图像帧的心脏时相点的用户修改。因此,这里,用户可以手动超控自动时相确定。

[0033] 根据本发明的另一方面的示例提供了一种计算机程序产品,所述计算机程序产品包括代码单元,所述代码单元被配置为当在处理器上执行时使所述处理器执行根据以上概述或以下描述的任何示例或实施例或根据本申请的任何权利要求的方法。

[0034] 根据本发明的另一方面的示例提供了一种处理装置,所述处理装置包括:输入部/输出部;以及一个或多个处理器。所述一个或多个处理器适于:在所述输入部/输出部处接收对象的心脏的超声帧的时间序列,所述时间序列跨越至少一个心动周期;确定由所述帧的序列表示的视图;针对每个帧确定所述帧在心动周期内的时相点,所述时相点是心脏收缩时相或心脏舒张时相中的一项的子时相;应用一个或多个心脏瓣膜分析算法,每个算法被配置为接收一个或多个输入超声帧,所述一个或多个输入超声帧表示在预定义的一个或多个视图中并且在所述心动周期的预定义的一个或多个时相点处的心脏,其中,被提供给每个算法的所述一个或多个输入图像帧基于所接收的帧中的每个帧的所确定的视图和时相点而被选择;并且生成数据输出,所述数据输出表示所述一个或多个算法中的每个算法的输出。

[0035] 如前所述,在一些实施例中,所述时相点可以对应于一组预定时相区间中的一个,每个时相区间是心脏收缩时相和心脏舒张时相中的一项的子区间。

[0036] 如前所述,在一些实施例中,所述处理装置还可以适于在每个帧内检测一个或多个解剖特征的运动状态,所述一个或多个解剖特征中的每个解剖特征在心动周期内具有周期性运动模式。对每个帧的所述时相点的所述确定可以基于所述一个或多个解剖特征的检测到的运动状态。

[0037] 根据本发明的另一方面的示例提供了一种系统,包括:根据以上概述或以下描述的任何示例或实施例或根据本申请的任何权利要求的处理装置;超声成像装置,其适于将超声图像数据输出到所述处理装置;以及用户接口,其包括与所述处理装置操作性耦合的显示器。

[0038] 本发明的这些和其他方面将参考下文描述的(一个或多个)实施例变得显而易见并将参考下文描述的(一个或多个)实施例得以阐述。

附图说明

[0039] 为了更好地理解本发明并且为了更清楚地示出它可以如何被实施,现在将会仅以示例的方式参考附图,并且其中:

[0040] 图1示出了根据一个或多个实施例的示例方法的步骤;

[0041] 图2示出了根据一个或多个实施例的包括处理装置的系统;并且

[0042] 图3图示了示出图像帧和检测到的相位点的样本显示输出。

具体实施方式

[0043] 将参考附图来描述本发明。

[0044] 应当理解,详细描述和具体示例在指示装置、系统和方法的示例性实施例的同时,仅旨在用于图示的目的,而不旨在限制本发明的范围。根据以下描述、所附权利要求和附图将更好地理解本发明的装置、系统和方法的这些和其他特征、方面和优点。应当理解,附图仅仅是示意性的,并未按比例绘制。还应当理解,贯穿附图,使用相同的附图标记来表示相同或相似的部件。

[0045] 本发明提供了一种用于从图像帧的序列中选择图像帧以应用一个或多个解剖/生理评估或量化算法的自动方法。特别地,该方法基于根据已经采集图像帧的序列的成像视图对所接收的图像帧的序列进行分类。该方法还包括针对序列中的每个帧确定图像帧在对象的被成像的心脏的心动周期内的子时相。这些所确定的参数用于识别用于应用一个或多个预定算法的一个或多个合适的帧,和/或可以用于识别用于应用于所述帧中的每个帧或帧的子集的一个或多个合适的算法。

[0046] 本发明的实施例特别适用于心脏瓣膜和心脏瓣膜疾病(例如主动脉瓣或二尖瓣)的评估。

[0047] 本发明的实施例有助于(i)对图像序列中表示的被成像心脏的视图进行自动分类,以及(ii)针对超声图像序列(覆盖一个或若干心动周期)自动识别心动周期的各个时相。这消除了操作者手动执行这些步骤的负担、以及手动选择适合于应用一个或多个评估算法的帧的需要。这导致完全自动化的工作流程,其中,超声序列被传送到系统或处理器,并且取决于由序列表示的视图以及包括在序列中的心动周期的时相,产生对一个或多个解剖特征(例如,主动脉瓣或二尖瓣)的综合评估。该方法的所有步骤可以由独立的处理装置、由包括处理装置的计算机系统和/或由超声成像系统(例如,基于推车的超声成像系统)包括的处理装置来执行。该方法的步骤可以在超声扫描会话期间在线(实时)执行,或者可以例如使用计算机的处理器离线执行。

[0048] 任何本文中描述的方法可以是计算机实施的方法。

[0049] 本发明的某些实施例的优点是在整个图像序列内识别不同的预定义子序列(例如分离对应于心动周期的时相或子时相中的一项的图像帧的子序列)的能力。

[0050] 图1概述了根据本发明的实施例的用于由计算机或处理器实施的示例方法的步骤。

[0051] 方法10包括接收12对象的心脏的超声帧的时间序列,所述时间序列跨越至少一个心动周期。这可以包括2D超声图像的序列。这些可以是例如B模式超声图像。该序列可以跨越多个心动周期。图像序列可以利用超声扫描实时地从超声成像系统接收,或者从数据存

储设备接收。

[0052] 方法10还包括确定14由帧的序列表示的视图。由帧的序列表示的视图取决于用于采集帧的序列的观察位置和方向(即,超声设备的位置和取向),并且可以根据在帧中捕获的解剖结构和帧中的这些解剖结构的构型来定义。

[0053] 由帧的序列表示的视图可以选自一组预定义视图,诸如一组标准心脏视图。标准心脏视图包括胸骨旁短轴(PSAx)观、胸骨旁长轴(PLAx)观、心尖四腔观、心尖两腔观和心尖长轴观。许多解剖/生理评估需要对应于特定解剖视图的图像。例如,主动脉瓣钙化的基于超声的评估需要胸骨旁短轴(PSAx)图像,而根据连续性方程计算主动脉瓣面积需要胸骨旁长轴(PLAx)图像。

[0054] 方法10还包括针对每个帧确定16帧在心动周期内的时相点,时相点是心脏收缩时相或心脏舒张时相中的一项的子时相点。

[0055] 在一些实施例中,方法10包括在序列的每个帧内检测一个或多个解剖特征的运动状态,所述一个或多个解剖特征中的每个解剖特征在心动周期内具有周期性运动模式,并且其中,对所述时相点的检测基于一个或多个解剖特征检测到的运动状态。所述一个或多个解剖特征可以例如包括一个或多个心脏腔室(例如左/右心室)或一个或多个心脏瓣膜。运动状态可以包括解剖特征的扩张/收缩状态,例如心脏腔室(诸如左/右心室)的扩张或收缩状态。在其他在示例中,移动状态可以包括心脏瓣膜(诸如主动脉瓣或二尖瓣)的定位。

[0056] 方法10还包括应用18一个或多个心脏瓣膜分析/评估算法,每个算法被配置为接收表示在预定义的一个或多个视图中并且在心动周期的预定义的一个或多个时相点处的心脏的一个或多个输入超声帧。该方法包括基于所接收的帧中的每个帧的所确定的视图和时相点来选择要提供给所述算法的至少子集的一个或多个输入图像帧。一个或多个分析或评估算法可以被存储在数据存储设备上并且被检索以用于在该方法期间使用。每个算法的输入图像帧的视图和时相点要求可以作为与每个算法相关联的元数据而被存储在数据存储设备中。该方法可以包括读取该元数据以识别每个算法的输入图像帧要求。可以响应于该方法的先前步骤的完成而自动触发一个或多个算法。

[0057] 该方法还包括生成20表示一个或多个算法中的每一个的输出的数据输出。该输出可以被传送到另一系统或设备,例如传送到远程计算机,或传送到本地或远程数据存储设备。可以使用通信模块或输入/输出模块来执行数据输出的通信。

[0058] 在一些实施例中,该方法可以包括生成显示输出,所述显示输出用于控制用户接口的显示设备视觉地呈现超声图像帧的序列以及每个图像帧的检测到的时相。

[0059] 在一些实施例中,用户接口可以允许用户验证和/或校正每个帧的时相,例如允许用户调整各种种子时相之间的时间间隔。这可以在随后应用一个或多个分析或评估算法之前执行。例如,该方法可以暂停用户在用户接口处的待决输入。

[0060] 如图2中示意性地图示的,本发明的另一方面提供了一种处理装置,包括:输入部/输出部(I/O) 34;以及一个或多个处理器36,其被配置为执行以上概述、或根据以上公开或以下描述的任何实施例、或根据本申请的任何权利要求的方法。

[0061] 本发明的另一方面提供了一种系统40,所述系统40包括如上所述的处理装置32,并且还适于将超声图像数据输出到处理装置的超声成像装置42,该数据在输入部/输

出部34处被接收。该系统还可以可选地包括用户接口44,用户接口44包括与处理装置操作性耦合的显示器。

[0062] 如上所述,该方法的步骤中的一个包括针对图像序列内的每个帧确定该帧所属的心动周期的子时相。现在将概述用于实施该步骤的细节。

[0063] 针对每个帧的所确定的时相点优选地对应于一组预定时相区间中的一个,每个时相区间是心脏收缩时相和心脏舒张时相中的一项的子区间。

[0064] 特别地,心动周期可以被理解为包括五个主要时相区间的序列,每个主要时相区间对应于心动周期的子时相,并且可以被总结如下。

[0065] 等容舒张:在该时相区间期间,血液流回到心房。

[0066] 心室充盈:在该时相区间期间,房室瓣打开,并且血液开始从心房流到心室。

[0067] 心房收缩:心房收缩,并且血液继续充盈心室。这是心脏舒张时相的结束。

[0068] 等容收缩:心室收缩,同时主动脉瓣和肺动脉瓣保持闭合。这是心脏收缩时相的开始。血液尚未流过主动脉和肺动脉。

[0069] 心室射血:主动脉瓣和肺动脉瓣打开,并且血液被射出到身体的其余部分。

[0070] 主动脉瓣在时相区间中的前四个期间闭合,并且在第五个期间打开。心动周期的这些子时相以及针对每个子时相的对应主动脉瓣状态被总结在下面的表1中。

[0071]	心脏舒张	等容舒张	主动脉瓣闭合
		心室充盈	主动脉瓣闭合
		心房收缩	主动脉瓣闭合
心脏收缩		等容收缩	主动脉瓣闭合
		心室射血	主动脉瓣打开

[0072] 表1

[0073] 可以使用诸如机器学习算法的AI算法来执行对每个图像帧的时相点的检测。深度神经网络(DNN)非常适合于时相点的检测。然而,可以附加地或替代地使用经典图像处理技术。

[0074] 如上所述,该方法包括针对所接收的图像序列确定由序列表示的心脏的视图。

[0075] 确定视图可以包括将视图分类为一组预定义视图中的一个,并且其中,预定义视图可以包括以下中的一个或多个:胸骨旁短轴(PSAx)观、胸骨旁长轴(PLAx)观、心尖四腔观、心尖两腔观和心尖长轴观。

[0076] 例如,在该方法用于分析或评估主动脉瓣的情况下,确定视图的步骤可以包括将视图分类为以下中的一个:胸骨旁短轴(PSAx)观和胸骨旁长轴(PLAx)观。在该方法用于评估或分析二尖瓣的情况下,确定视图的步骤可以包括将视图分类为以下中的一项:心尖四腔观、心尖两腔观和心尖长轴观。

[0077] 可以使用诸如机器学习算法的AI算法来执行对图像序列的视图的检测。例如,可以应用神经网络,该神经网络适于接收序列中的一个或多个图像作为输入,并且适于生成指示序列中的图像的预测视图的数据输出。在一些示例中,可以使用深度神经网络(DNN)。机器学习算法可以接收整个图像序列,或可以仅接收图像序列中的一个或子集。后一种选项可能是优选的,因为它使得能够利用图像采集来实时应用该方法,其中,整个图像序列在该方法开始时不可用。即使在整个图像序列可用的情况下,也可以训练算法以仅接收图像

中的一幅或图像的子集,例如序列的随机选择的帧。可以基于训练数据集预先训练机器学习算法,所述训练数据集包括在一组预定标准视图中的不同视图中的心脏的先前采集的图像帧,并且每个图像帧根据其表示的视图被手动标记。机器学习算法可以是适于根据图像帧中表示的视图输出输入图像帧的分类的分类器算法。

[0078] 如上所述,可以通过AI算法(例如,机器学习算法)来执行每个图像帧的时相点的确定。在一些实施例中,机器学习算法可以适于接收跨越一个或多个心动周期的整个图像序列作为输入,并且输出序列中的每个帧的指示帧所对应的时相点的标记或标签。该选项可以导致时相识别的更高准确度,因为算法能够考虑由系列中的每个帧之前和之后的图像帧提供的背景信息。在其他示例中,算法可以适于一次仅接收单个图像帧作为输入,并且生成指示图像帧的时相点的输出。在该方法将与图像采集实时应用的情况下,后一种选项可能是优选的,因为整个图像序列通常在该方法开始时不可用。

[0079] 可以基于训练数据集来预先训练机器学习算法,所述训练数据集包括在一组预定时相区间(每个对应于心脏收缩时相或心脏舒张时相中的一项的子时相)中的不同同时相区间中的心脏的先前采集的图像帧,并且每个根据其对应的时相点被手动标记。机器学习算法可以是适于根据图像帧中表示的时相点输出输入图像帧的分类的分类器算法。

[0080] 在一组实施例中,用于确定时相点的机器学习算法可以是时空或递归神经网络(RNN)。在该组实施例中,算法的输入可以是图像帧的整个序列。与仅分析图像的空间结构的经典DNN相比,RNN和时空神经网络能够分析序列中的相继帧之间的时间关系。

[0081] 如上所述,在一些示例中,每个图像帧的子时相点的确定可以包括首先在每个帧内检测一个或多个解剖特征的运动状态,每个解剖特征在心动周期内具有循环运动模式,并且然后基于检测到的运动状态确定时相点。在一些示例中,可存在用于检测运动状态的单独算法,接着是用于基于运动状态检测时相点的算法。在一些示例中,可以是用于检测运动状态,接着是使用查找表来识别与检测到的运动状态相关联的对应时相点的算法。在一些示例中,对运动状态的检测可以由单个机器学习算法隐式地执行,作为确定给定图像帧的时相点的一部分。

[0082] 在一些示例中,针对每个图像帧的时相点的确定可以采用针对对象的ECG信号的使用。因此,方法10还可以包括接收对象的ECG信号,并且其中,确定每个帧的时相点还基于ECG信号。

[0083] ECG信号的形状与心动周期的时相密切相关:例如,标准QRS模式总是紧接心室收缩之前开始。此外,P波和T波分别与心房极化和心室复极化有关,并且因此与心脏的时相密切相关。因此,如果ECG感测可用,则它可以任选地例如基于识别上述ECG曲线模式的被提供作为到时相点确定算法的附加输入,这可以改善时相确定的准确性。例如,可以使用训练数据条目来训练机器学习算法,所述训练数据条目包括输入图像帧和与帧的时间点一致的ECG信号数据的组合,并且其中,每个训练数据条目已经被手动标记以针对图像帧的对应时相点。

[0084] 然而,ECG的使用不是必需的,因为主动脉瓣以及周围心室和心房的运动通常足以例如通过机器学习算法用于检测时相点。

[0085] 一旦已经确定了图像序列中表示的视图并且已经确定了序列中的每个帧的时相点,该方法包括应用一个或多个心脏瓣膜分析或评估算法,每个算法被配置为接收表示在

预定义的一个或多个视图中并且在心动周期的预定义的一个或多个时相点处的心脏的一个或多个输入超声帧。在一些示例中,该方法可以包括在所述图像帧的序列中选择一个或多个图像帧,以被提供为到算法的至少子集的输入。可以向每个评估算法提供至少一个合适的帧或帧的子序列,其中合适的意味着具有与相关算法的输入要求匹配的视图和时相点的帧。在一些示例中,对于每个帧,可以应用合适的一个或多个评估算法。在一些示例中,评估或分析算法中的一个或多个可以适于接收图像帧的序列的子序列作为输入,例如跨越心动周期的特定子时相的相继图像帧的子序列。

[0086] 评估或分析算法均用于确定与心脏瓣膜(例如主动脉瓣或二尖瓣)有关的一个或多个参数。算法中的一个或多个可以适于导出一个或多个参数(诸如心脏瓣膜的面积)的定量度量。一个或多个算法可以适于导出分类,诸如特定病理状态的存在或不存在、或特定病理状态的分级严重性。

[0087] 在一些实施例中,评估算法中的至少一个可适于输出指示主动脉狭窄(AS)的存在或不存在或严重程度的指标。主动脉瓣狭窄意指主动脉瓣的狭窄。

[0088] 在一些实施例中,评估算法中的至少一个可以适于输出指示主动脉瓣面积(AVA)的指标。可以例如基于成像的主动脉瓣的图像分析来直接执行AVA计算以估计瓣膜的尺寸。特别地,在心脏收缩时相结束期间(即,当主动脉瓣打开时),可以使用心脏的PSAx视图来实现直接AVA计算。替代地,可以使用标准AVA连续性方程间接地计算AVA,该标准AVA连续性方程需要包括喷射射流的时间-速度函数(在心脏收缩间)的积分和左心室流出道(LVOT)直径的输入。使用连续性方程的AVA计算可以使用具有PLAx视图的覆盖心脏收缩时相的图像帧的子序列来执行。

[0089] 在一些实施例中,评估算法中的至少一个可以适于输出指示主动脉瓣钙化的存在或不存在或严重性的指示符。主动脉瓣钙化评估可能需要在舒张末期具有PSAx(以及可选地PLAx)观的一个或多个图像帧。

[0090] 在一些实施例中,评估算法中的至少一个可以适于输出指示二尖瓣面积的指示符。

[0091] 在一些实施例中,评估算法中的至少一个可以适于输出指示二尖瓣和/或主动脉瓣的小叶计数的指示符。例如,二叶主动脉瓣是一种形式的心脏病,其中主动脉瓣仅具有两个小叶。

[0092] 如上所述,在一个或多个实施例中,该方法还可以包括生成显示输出,所述显示输出用于用户接口同时显示图像帧中的一个或多个图像帧和所确定的帧的时相点。在一些示例中,可以控制用户接口提供允许在心动周期期间选择期望时相点的用户控制,响应于此,在用户接口的显示器上显示与所选择的时相点相对应的图像帧。例如,用户接口可以显示具有长度的滑动条,并且其中,沿着滑动条的每个可选位置对应于整个心动周期内的时相点。滑动条的相继长度部分可以根据它们对应的心动周期的相应时相区间来标记。例如,在图3中图示了示例用户接口显示输出。

[0093] 可选地,在一些实施例中,该方法还可以包括从所述用户接口接收指示对所述图像帧中的一个或多个图像帧的心脏时相点的用户修改的用户输入。因此,这里,用户可以手动超控自动时相确定。用户接口可以提供用户控制功能,以允许选择给定帧并允许输入帧的经调整的时相点。

[0094] 用户接口可以包括具有触摸屏显示器的控制台。另外地或替代地,用户接口可以包括控制台,该控制台具有显示器和诸如指针和/或键盘的另一用户输入装置。

[0095] 如上所述,本发明的一些实施例采用一个或多个机器学习算法的使用。机器学习算法是处理输入数据以便产生或预测输出数据的任何自训练算法。

[0096] 用于在本发明中采用的合适机器学习算法对于本领域技术人员将是显而易见的。合适机器学习算法的示例包括决策树算法和人工神经网络。诸如逻辑回归、支持向量机或朴素贝叶斯模型的其他机器学习算法是合适的替代方案。

[0097] 人工神经网络(或简称神经网络)的结构受人脑的启发。神经网络由层组成,每个层包括多个神经元。每个神经元包括数学运算。特别地,每个神经元可以包括单一类型的变换的不同加权组合(例如,相同类型的变换、S形等,但是具有不同的权重)。在处理输入数据的过程中,对输入数据执行每个神经元的数学运算以产生数值输出,并且将神经网络中的每个层的输出顺序地馈送到下一层。最后一层提供输出。

[0098] 训练机器学习算法的方法是众所周知的。通常,这样的方法包括获得训练数据集,该训练数据集包括训练输入数据条目和对应的训练输出数据条目。将初始化的机器学习算法应用于每个输入数据条目以生成预测的输出数据条目。预测的输出数据条目与对应的训练输出数据条目之间的误差用于修改机器学习算法。可以重复该过程,直到误差收敛,并且预测的输出数据条目与训练输出数据条目足够相似(例如 $\pm 1\%$)。这通常被称为监督式学习技术。

[0099] 例如,在机器学习算法由神经网络形成的情况下,可以修改每个神经元的数学运算(的权重),直到误差收敛。修改神经网络的已知方法包括梯度下降、反向传播算法等。

[0100] 上面描述的本发明的某些实施例采用处理设备。处理设备通常可以包括单个处理器或多个处理器。它可以位于单个包含设备、结构或单元中,或它可以分布在多个不同的设备、结构或单元之间。因此,对适于或被配置为执行特定步骤或任务的处理设备的提及可以对应于该步骤或任务由多个处理部件中的任何一个或多个单独地或组合地执行。本领域技术人员将理解如何实施这种分布式处理装置。处理装置包括用于接收数据并将数据输出到其他部件的通信模块或输入/输出。

[0101] 处理装置的一个或多个处理器可以利用软件和/或硬件以多种方式实施,以执行所需的各种功能。处理器通常采用一个或多个微处理器,所述一个或多个微处理器可以使用软件(例如,微代码)来编程以执行所需的功能。处理器可以被实施为执行一些功能的专用硬件和执行其他功能的一个或多个编程的微处理器和相关联的电路的组合。

[0102] 可以在本公开的各种实施例中采用的电路的示例包括但不限于常规微处理器、专用集成电路(ASIC)和现场可编程门阵列(FPGA)。

[0103] 在各种实施方式中,处理器可以与一个或多个存储介质相关联,诸如易失性和非易失性计算机存储器,诸如RAM、PROM、EPROM和EEPROM。存储介质可以利用一个或多个程序来编码,所述一个或多个程序当在一个或多个处理器和/或控制器上运行时以所需的功能来执行。各种存储介质可以固定在处理器或控制器内,或者可以是可运输的,使得存储在其上的一个或多个程序可以加载到处理器中。

[0104] 本领域技术人员通过研究附图、公开内容以及权利要求,在实践请求保护的发明时能够理解并实现对所公开的实施例的变型。在权利要求中,“包括”一词不排除其他元件

或步骤,并且词语“一”或“一个”不排除多个。

[0105] 单个处理器或其他单元可以实现在权利要求中记载的若干项的功能。

[0106] 尽管某些措施是在互不相同的从属权利要求中记载的,但是这并不指示不能有利地使用这些措施的组合。

[0107] 计算机程序可以被存储/分布在合适的介质上,例如与其他硬件一起或作为其他硬件的部分供应的光学存储介质或固态介质,但是也可以被以其他形式分布,例如经由互联网或其他有线或无线的电信系统。

[0108] 如果术语“适合于”用于权利要求书或说明书中,应注意术语“适合于”旨在相当于术语“被配置为”。术语“患者”和术语“对象”已经遍及本文件被可互换地使用。

[0109] 权利要求中的任何附图标记都不应被解释为对范围的限制。

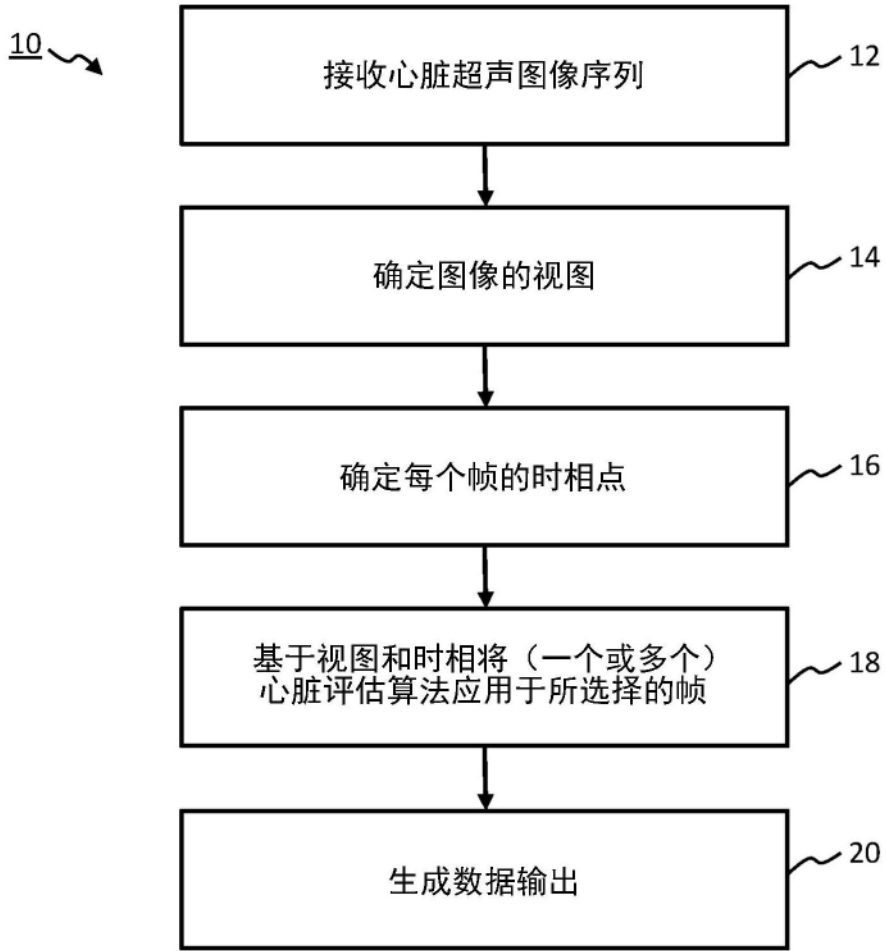


图1

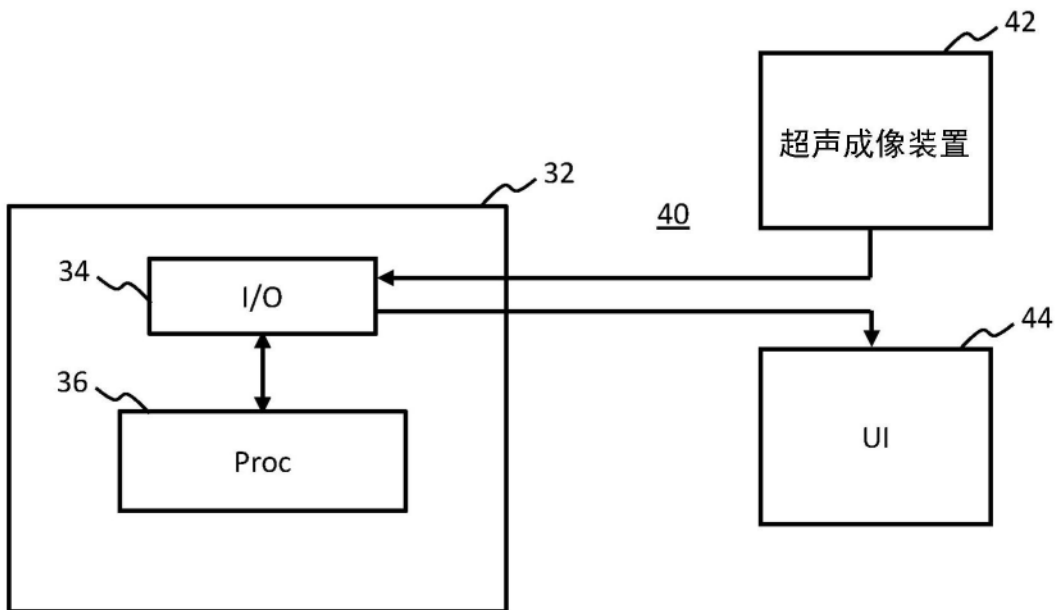


图2

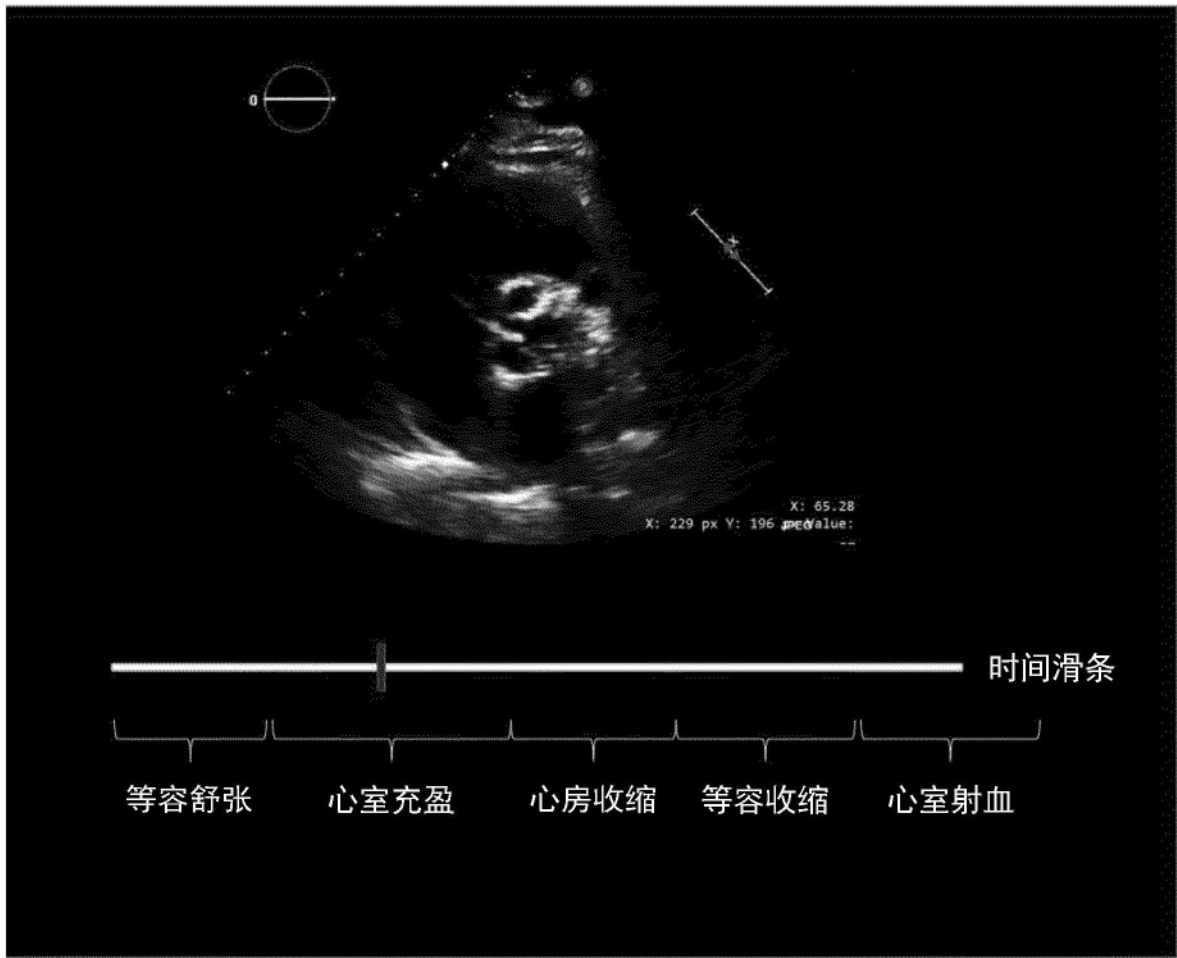


图3