

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 发明专利申请公布说明书

A61B 8/00 (2006.01)
A61B 19/00 (2006.01)
G09B 9/00 (2006.01)
G09B 19/00 (2006.01)

[21] 申请号 200710090595.4

[43] 公开日 2007年9月19日

[11] 公开号 CN 101036585A

[22] 申请日 2007.4.12

[21] 申请号 200710090595.4

[71] 申请人 中国人民解放军第三军医大学第一附属医院

地址 400041 重庆市沙坪坝区高滩岩 30 号

[72] 发明人 郭燕丽 张绍祥

[74] 专利代理机构 北京瑞盟知识产权代理有限公司
代理人 孙民兴 顾小曼

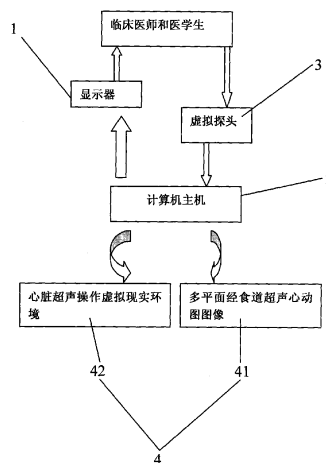
权利要求书 3 页 说明书 9 页 附图 1 页

[54] 发明名称

一种虚拟经食道超声心动图系统及其实现方法

[57] 摘要

本发明公开一种虚拟经食道超声心动图系统及其实现方法，系统包括显示器、与显示器相连的计算机主机及与计算机主机相连的虚拟探头；计算机主机内设有虚拟多平面经食道超声心动图系统模块；所述的虚拟多平面经食道超声心动图系统模块包括多平面经食道超声心动图数据库及心脏超声操作的虚拟现实环境；将本系统应用于临床教学和实际工作中，用于解决大量经食道超声心动图图像无法识别，经食道超声心动图难以普及和掌握的问题，另外，临床医师和医学生可在此系统上掌握不同食道深度和角度经食道超声心动图图像的解剖结构，有利于经食道超声心动图的普及和提高经食道超声心动图诊断心脏疾病的准确性，从而避免增加患者的痛苦，减少并发症的发生率。



1、一种虚拟经食道超声心动图系统，其特征在于：其包括显示器、与显示器相连的计算机主机及与计算机主机相连的虚拟探头；

计算机主机内设有虚拟多平面经食道超声心动图系统模块。

2、如权利要求 1 所述的虚拟经食道超声心动图系统，其特征在于：所述的虚拟探头为鼠标。

3、如权利要求 1 或 2 所述的虚拟经食道超声心动图系统，其特征在于：所述的虚拟多平面经食道超声心动图系统模块包括多平面经食道超声心动图数据库及心脏超声操作的虚拟现实环境。

4、如权利要求 1 所述的虚拟经食道超声心动图系统的实现方法，其包括以下几个步骤：

(1)应用首套中国数字化可视人体数据集的心脏连续薄层断面图像集，在断面解剖数据上进行心脏内部细微结构的分割；

(2)利用计算机三维重建及医学可视化技术，建立中国人体心脏三维可视化数字模型；

(3)采集正常人体心脏的经食道超声心动图二维数据集；

(4)在心脏可视化数字模型的基础上研究其图像特征，并对图像进行细致、完整的识别，建立正常人的多平面经食道超声心动图数据库；

(5)在心脏可视化数字模型的基础上，建立心脏超声操作的虚拟现实环境。

5、如权利要求 4 所述的虚拟经食道超声心动图系统的实现方法，其特征在于：在步骤(3)中，其是采集食道上段、食道中段、食道下段及胃底切面四个部分的 0° - 180° 方位的 180 个切面。

6、如权利要求 5 所述的虚拟经食道超声心动图系统的实现方法，

其特征在于：采集食道上段的标准是 0° 方位左右显示升主动脉、肺动脉主干和分支；食道中段的标准是 45° 方位左右显示三个主动脉瓣；食道下段的标准是 0° 方位左右显示二尖瓣和三尖瓣；胃底切面的标准： 45° 方位左室乳头肌短轴。

7、如权利要求 5 或 6 所述的虚拟经食道超声心动图系统的实现方法，其特征在于：所述的步骤(4)，其是在心脏可视化数字模型的基础上，对上述每个部分食道不同深度的 180 个经食道超声心动图切面进行与心脏可视化数字模型上相应薄层断面的对应研究。

8、如权利要求 4、5 或 6 所述的虚拟经食道超声心动图系统的实现方法，其特征在于：步骤(5)中，在心脏可视化数字模型的基础上，建立心脏超声操作的虚拟现实环境的方法，包括以下步骤：

①将心脏可视化数字模型的多方位剖面与相应的多平面经食道超声心动图数据库中的切面进行对照；

②在心脏三维可视化模型和多平面经食道超声心动图的基础上设计符合经食道超声心动图系统特点的虚拟现实技术，实现计算机辅助下在国人心脏三维可视化数字模型上进行不同深度食道多平面经食道超声心动图任意切面的扫查，并能同时显示相应的薄层断面解剖，自动识别多平面经食道超声心动图切面解剖结构。

9、如权利要求 7 所述的虚拟经食道超声心动图系统的实现方法，其特征在于：步骤(5)中，在心脏可视化数字模型的基础上，建立心脏超声操作的虚拟现实环境的方法，包括以下步骤：

①将心脏可视化数字模型的多方位剖面与相应的多平面经食道超声心动图数据库中的切面进行对照；

②在心脏三维可视化模型和多平面经食道超声心动图的基础上设计符合经食道超声心动图系统特点的虚拟现实技术，实现计算机辅助

下在国人心脏三维可视化数字模型上进行不同深度食道多平面经食道超声心动图任意切面的扫查,并能同时显示相应的薄层断面解剖,自动识别多平面经食道超声心动图切面解剖结构。

一种虚拟经食道超声心动图系统及其实现方法

技术领域

本发明涉及一种医学影像技术—超声医学影像，尤其是指一种虚拟经食道超声心动图系统及其实现方法。

背景技术

心脏疾病的超声诊断一直是超声诊断领域的重点和难点。经食道超声心动图（Transesophageal Echocardiography, TEE）是近年来心血管疾病诊断领域的重大进展，它克服了传统经胸超声心动图的不足，为多种心脏和大血管疾病的诊断提供了新的手段，特别是多平面 TEE 探头的问世，使 TEE 的发展有了质的飞跃。多平面 TEE 能在主动脉夹层动脉瘤、先天性心脏病、冠心病、瓣膜性心脏病等各种心脏疾病的诊断和术中监控、术后随访中发挥重要的临床意义。它的优越性表现在（1）探头在心脏后方直接探查心脏，避免了传统经胸超声心动图探头由于肋骨、肺组织、脂肪组织等遮盖限制探查的缺点；（2）探头频率高，可清晰地显示心脏内部经胸超声心动图所不能显示的细微结构；（3）克服了单平面和双平面 TEE 仅能观察心脏水平切面和纵切面的局限性，可以从 0° - 360° 的范围内连续扫查心脏和大血管，从而为心血管疾病的诊断和外科学手术提供详尽的形态学资料。同时，多平面 TEE 技术在发展过程中存着一些限制其发展的障碍：（1）TEE 属于介入性超声心动图范畴，具有一定的创伤性；（2）探头在食道内的每一深度最多可获得 180 个切面，如果缺乏统一的标准切面和与其相对应的薄层断面解剖学资料加以规

范，常常需要花费较长的时间加以鉴别分析。上述障碍困难增加了患者的痛苦和并发症的发生率，从而在一定程度上阻碍了 TEE 的普及和推广。

1994 年美国完成了世界第一个“可视人体计划(Visible Human Project, VHP)”，VHP 数据集具有富含解剖信息的特点和优点，弥补了影像学二维图像分辨力低的缺点。在它的基础上能够虚拟出具有真实解剖信息的人体器官和组织。不少科研机构或大学利用 VHP 的连续断面解剖数据已经和正在开发一些虚拟现实医学系统，如华盛顿大学开发的数字解剖学家系统、哈佛大学开发的全脑图谱及外科手术规划系统、斯坦福大学开发的虚拟内窥镜系统等等。我国的医学虚拟可视化研究已经起步，本研究所于 2002 年开始先后完成 5 例中国可视化人体 (CVH) 数据集（可参考 2003 年 4 月的第三军医大学学报第 25 卷第 7 期）。每套数据集均具有连续、完整、图像清晰、无节段性数据缺损等优势，其准确性、代表性及完整性在以往研究的基础上向前迈进了一步。在该套数据集的基础上建立和开发具有黄种人特点的各种虚拟现实医学系统将对我国医学的教学、临床诊断和外科手术将具有非常重大的价值。

虚拟可视化心脏系统（包括虚拟心脏外科手术模拟系统、虚拟心脏解剖学系统、虚拟心脏影像学诊断系统等）对于心脏疾病的诊断和治疗具有重要的意义。建立虚拟医学系统的关键在于高清晰度的三维可视化模型和成熟的虚拟现实技术，虚拟可视化心脏系统的前提是高质量心脏可视化模型的建立。Schroeder（作者名，详见 2002 年的 Heart87 卷第 3 期）等在螺旋 CT 的基础上开发了可动态实时观察冠状动脉硬化及狭窄的内窥镜系统，能评估支架的狭窄或闭塞。Wahle（作者名，详见 2004 年 IEEE Trans Med Imaging. 23 卷 11 期）等在血管内超声基础上实现了冠状动脉内虚拟飞行观察，模拟冠状动脉内超声检查。上述虚拟系统的

心脏及冠状动脉三维可视化模型是在影像学（如 CT、MRI 和超声心动图等）的断面图像建立的，受到二维图像分辨力的限制，存在着心脏内部结构不够清晰和完整的缺点。国外有学者应用美国 VHP 数据集建立了心脏的可视化模型，可对心脏进行任意方位的切割和内部结构的实时显示，实现了心脏的虚拟解剖学教学，为心脏介入诊断和介入治疗提供了虚拟现实的应用环境。

建立虚拟心脏可视化系统的另一个关键是建立人机互动式的虚拟环境，目前虚拟医学系统所采用的虚拟技术主要有 2 种：（1）沿一个预定的飞行路径，用视频动画显示腔内（如气管、血管等管腔结构）的三维解剖结构，主要应用于虚拟内窥镜；（2）使用交互式模拟器，如高速高性能实时响应的虚拟现实系统，主要应用于虚拟外科手术。Weidenbach(作者名，详见 2004 年 *Computers in Biology and Medicine* 的 34 卷第 5 期)等在实时三维超声心动图的基础上设计了一种虚拟经胸超声心动图系统 EchoComJ，该系统采用交互式模拟虚拟技术，能实时地同时显示探头在心脏的切割方位和相应方位上的超声二维断面解剖。该系统为超声虚拟诊断医学的建立开辟了道路。但也存在着一些缺点：（1）在二维超声断面基础上建立的三维可视化模型仍存在解剖结构显示不清的缺点；（2）该系统仅显示探头的切割方位及其相对应的超声断面图像，缺乏清晰的薄层断面解剖对照，不利于初学者学习和掌握超声心动图。

虚拟经食道超声心动图系统教经胸超声心动图系统需要更精细的三维解剖对照和操作方便的虚拟现实技术，因此建立一套虚拟经食道超声心动图系统必须具备以下条件：首先，必须要确立与任意方位经食道超声切面对应的薄层断面解剖对照，从而有利于医师对不断变换超声切面解剖结构的识别；其次，由于经食道超声心动图可显示心内的细微

解剖结构，必须经过细致的图像分割技术建立高质量的心脏三维可视化模型；最后，经食道超声心动图的操作较经胸超声心动图复杂，必须设计和研究一种虚拟技术确保虚拟经食道超声心动图系统有操作简便、环境逼真的特点。目前国内外尚未见有关虚拟经食道超声心动图系统研究开发的报道。

基于临床迫切的需求、我国可视化人体数据集的优势和虚拟现实医学的发展，本研究拟在国人心脏可视化研究的基础上开发一套经食道超声心动图虚拟现实系统，该系统的特点在于：在中国可视化人体数据集的基础上所建立高质量的心脏三维可视化模型能清晰完整地显示心脏内部三维解剖结构；具有大量的任意方位多平面经食道超声心动图超声图像数据和与之相对应的富含解剖信息量的经食道薄层断面解剖；虚拟技术的设计能为超声医师提供操作方便、人机互动、适合多平面经食道超声心动图特点的虚拟环境。

发明内容

本发明的目的主要在于提供一种虚拟经食道超声心动图系统及其实现方法，其可克服现有系统的缺陷，不会增加患者痛苦及并发症的发生率，且能清晰完整地显示心脏内部三维解剖结构，有利于医师对不断变换超声切面解剖结构的识别。

为了达到上述目的，本发明所采用的技术方案为：一种虚拟经食道超声心动图系统，其包括显示器、与显示器相连的计算机主机及与计算机主机相连的虚拟探头；

计算机主机内设有虚拟多平面经食道超声心动图系统模块。

所述的虚拟探头为鼠标。

所述的虚拟多平面经食道超声心动图系统模块包括多平面经食道超声心动图数据库及心脏超声操作的虚拟现实环境。

所述的虚拟经食道超声心动图系统的实现方法，其包括以下几个步骤：

(1)应用首套中国数字化可视人体数据集的心脏连续薄层断面图像集，在断面解剖数据上进行心脏内部细微结构的分割；

(2)利用计算机三维重建及医学可视化技术，建立中国人体心脏三维可视化数字模型；

(3)采集正常人体心脏的经食道超声心动图二维数据集；

(4)在心脏可视化数字模型的基础上研究其图像特征，并对图像进行细致、完整的识别，建立正常人的多平面经食道超声心动图数据库；

(5)在心脏可视化数字模型的基础上，建立心脏超声操作的虚拟现实环境。

所述的虚拟经食道超声心动图系统的实现方法，其在步骤(3)中，其是采集食道上段、食道中段、食道下段及胃底切面四个部分的 0° - 180° 方位的 180 个切面。

所述的虚拟经食道超声心动图系统的实现方法，其采集食道上段的标准是 0° 方位左右显示升主动脉、肺动脉主干和分支；食道中段的标准是 45° 方位左右显示三个主动脉瓣；食道下段的标准是 0° 方位左右显示二尖瓣和三尖瓣；胃底切面的标准： 45° 方位左室乳头肌短轴。

所述的虚拟经食道超声心动图系统的实现方法，其所述的步骤(4)，其是在心脏可视化数字模型的基础上，对上述每个部分食道不同深度的 180 个经食道超声心动图切面进行与心脏可视化数字模型上相应薄层断面的对应研究。

所述的虚拟经食道超声心动图系统的实现方法，其步骤(5)中，在心脏可视化数字模型的基础上，建立心脏超声操作的虚拟现实环境的方法，包括以下步骤：

①将心脏可视化数字模型的多方位剖面与相应的多平面经食道超声心动图数据库中的切面进行对照；

②在心脏三维可视化模型和多平面经食道超声心动图的基础上设计符合经食道超声心动图系统特点的虚拟现实技术，实现计算机辅助下在国人心脏三维可视化数字模型上进行不同深度食道多平面经食道超声心动图任意切面的扫查，并能同时显示相应的薄层断面解剖，自动识别多平面经食道超声心动图切面解剖结构。

采用上述技术方案后，将本系统应用于临床教学和实际工作中，用于解决大量经食道超声心动图图像无法识别，经食道超声心动图难以普及和掌握的问题，另外，临床医师和医学生可在此系统上掌握不同食道深度和角度经食道超声心动图图像的解剖结构，有利于经食道超声心动图的普及和提高经食道超声心动图诊断心脏疾病的准确性，从而避免增加患者的痛苦，减少并发症的发生率。

附图说明

图 1 为本发明的结构示意图。

具体实施方式

建立一套虚拟经食道超声心动图系统必须具备以下条件：首先，必须要确立与任意方位经食道超声切面对应的薄层断面解剖对照，从而有利于医师对不断变换超声切面解剖结构的识别；其次，由于经食道超声心动图可显示心内的细微解剖结构，必须经过细致的图像分割技术建立高质量的心脏三维可视化模型；最后，经食道超声心动图的操作较经胸超声心动图复杂，必须设计和研究一种虚拟技术确保虚拟经食道超声

心动图系统有操作简便、环境逼真的特点。目前国内外尚未见有关虚拟经食道超声心动图系统研究开发的报道。

基于临床迫切的需求、我国可视化人体数据集的优势和虚拟现实医学的发展，本研究拟在国人心脏可视化研究的基础上开发一套经食道超声心动图虚拟现实系统，该系统的特点在于：在中国可视化人体数据集的基础上所建立高质量的三维可视化模型能清晰完整地显示心脏内部三维解剖结构；具有大量的任意方位多平面经食道超声心动图超声图像数据和与之相对应的富含解剖信息量的经食道薄层断面解剖；虚拟技术的设计能为超声医师提供操作方便、人机互动、适合多平面经食道超声心动图特点的虚拟环境。

为了使本技术领域的人员更好地理解本发明方案，下面结合附图和实施方式对本发明作进一步的详细说明。

图1为本发明的结构示意图，其公开了一种虚拟经食道超声心动图系统，其包括显示器1、与显示器1相连的计算机主机2及与计算机主机2相连的虚拟探头3；计算机主机2内设有虚拟多平面经食道超声心动图系统模块4。

所述的虚拟探头3为鼠标；

所述的虚拟多平面经食道超声心动图系统模块4包括多平面经食道超声心动图数据库41及心脏超声操作的虚拟现实环境42。

图2为本发明的实现方法的步骤方框图，其公开了一种虚拟经食道超声心动图系统的实现方法，其包括以下几个步骤：

(1)应用首套中国数字化可视人体数据集的心脏连续薄层断面图像集，在断面解剖数据上进行心脏内部细微结构的分割；

所谓数字化可视人体是依靠计算机技术三维显示真实人体器官结构的计算机模型。在此基础上，赋予人体器官结构相应的物理属性和生

理属于等，就可建立数字化虚拟人体，在中国 2002 年 10 月第三军医大学学报第 24 卷第 10 期中可以了解到，该技术在 2002 就已经完成第一例中国数字化可视人体的研究。

(2)利用计算机三维重建及医学可视化技术，建立中国人体心脏三维可视化数字模型；

(3)采集正常人体心脏的经食道超声心动图二维数据集；

采集时，其主要是采集食道上段、食道中段、食道下段及胃底切面四个部分的 0° - 180° 方位的 180 个切面；

采集标准：采集食道上段的标准是 0° 方位左右显示升主动脉、肺动脉主干和分支；食道中段的标准是 45° 方位左右显示三个主动脉瓣；食道下段的标准是 0° 方位左右显示二尖瓣和三尖瓣；胃底切面的标准： 45° 方位左室乳头肌短轴；

(4)在心脏可视化数字模型的基础上研究其图像特征，并对图像进行细致、完整的识别，建立正常人的多平面经食道超声心动图数据库；

建立多平面经食道超声心动图数据库的方法是在心脏可视化数字模型的基础上，对上述每个部分食道不同深度的 180 个经食道超声心动图切面进行与心脏可视化数字模型上相应薄层断面的对应研究；

(5)在心脏可视化数字模型的基础上，建立心脏超声操作的虚拟现实环境。

在心脏可视化数字模型的基础上，建立心脏超声操作的虚拟现实环境的方法，包括以下步骤：

①将心脏可视化数字模型的多方位剖面与相应的多平面经食道超声心动图数据库中的切面进行对照；

②在心脏三维可视化模型和多平面经食道超声心动图的基础上设计符合经食道超声心动图系统特点的虚拟现实技术，实现计算机辅助

下在心脏三维可视化数字模型上进行不同深度食道多平面经食道超声心动图任意切面的扫查,并能同时显示相应的薄层断面解剖,自动识别多平面经食道超声心动图切面解剖结构。

使用时,临床超声医师或医学生,利用鼠标在计算机上,可看到心脏三维可视化模型,并且可看到经食道超声心动图图像及心脏超声操作的虚拟现实环境,本系统应用于临床教学和实际工作中,用于解决大量经食道超声心动图图像无法识别,经食道超声心动图难以普及和掌握的问题,另外,临床医师和医学生可在此系统上掌握不同食道深度和角度经食道超声心动图图像的解剖结构,有利于经食道超声心动图的普及和提高经食道超声心动图诊断以及疾病的准确性的提高,避免了增加患者痛苦及并发症的发生率。

虽然通过实施例描绘了本发明,本领域普通技术人员知道,本发明有许多变形和变化而不脱离本发明的精神,希望所附的权利要求包括这些变形和变化而不脱离本发明的精神。

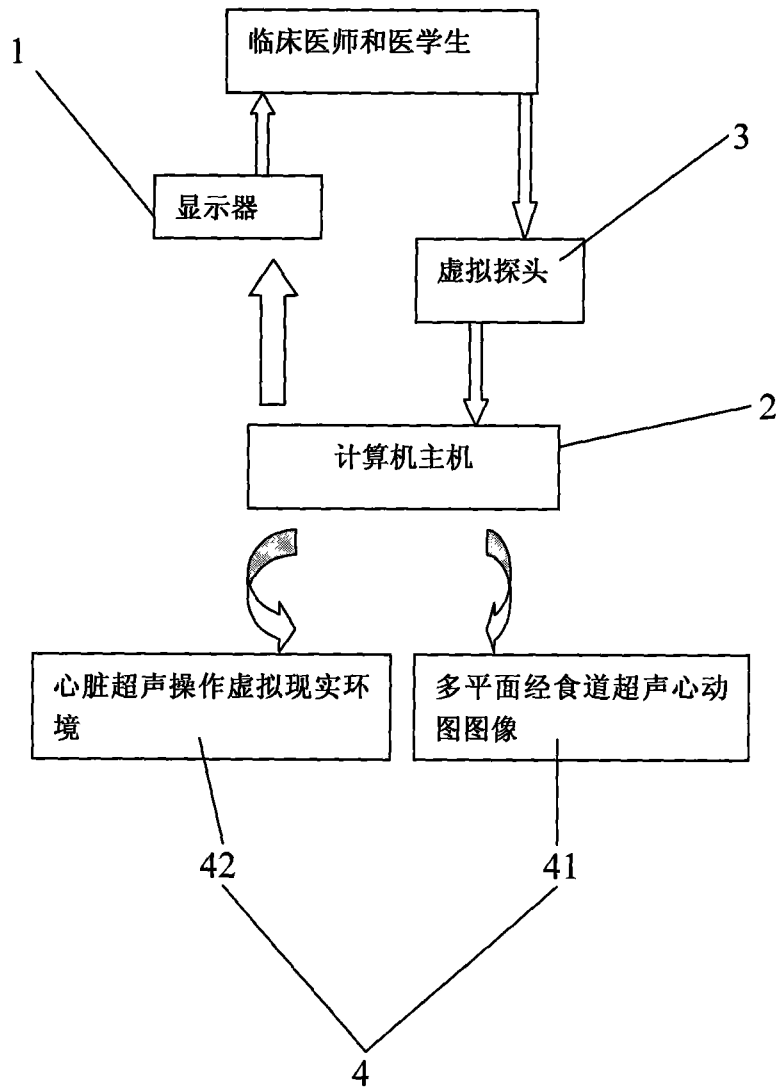


图 1