



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104055541 A

(43) 申请公布日 2014. 09. 24

(21) 申请号 201410289734. 6

(22) 申请日 2014. 06. 26

(71) 申请人 中国科学院苏州生物医学工程技术
研究所

地址 215000 江苏省苏州市高新区科灵路
88 号

(72) 发明人 崔峻峤 焦阳 顾天明 简小华
向永嘉

(74) 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限
公司 32200

代理人 曹毅

(51) Int. Cl.

A61B 8/12(2006. 01)

A61B 8/08(2006. 01)

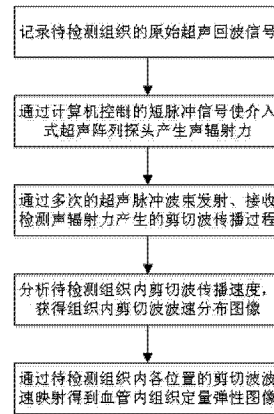
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种用于血管内超声多断层剪切波弹性成像
方法

(57) 摘要

本发明公开了一种用于血管内超声多断层剪切波弹性成像方法,包括以下步骤:首先记录待测组织的原始超声回波信号;然后通过计算机控制的短脉冲信号使介入式超声阵列探头产生声辐射力;接着通过多次的超声脉冲波束发射,接受检测声辐射力产生的剪切波传播过程;再分析待测组织内剪切波传播速度,获得组织内剪切波波速分布图像;最后通过待测组织内各位置的剪切波波速映射得到血管内组织定量弹性图像。本发明具有实时、定量、快速、高分辨率等优点;采用多阵元的血管内换能器阵列来激励和追踪剪切波为目的进行血管壁组织弹性信息定量分析;有利地促进血管内弹性成像的进一步推广和应用,加强人们对心血管病的早期诊断能力。



1. 一种用于血管内超声多断层剪切波弹性成像方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1)首先在待检测区域内的组织通过超声脉冲检测波束反射回来的回波信息,记录用于参考的原始组织回波信号;

步骤2)通过介入式阵列式超声换能器的波束合成技术对血管壁及其周围组织进行脉冲激励产生声辐射力,压力在声波传播方向上推动组织,组织产生复原力,该复原力会产生剪切波;

步骤3)短暂激励后在待检测区域内的组织通过超声脉冲检测波束反射回来的实时回波信号,其中该区域的组织内存在激励产生的剪切波;

步骤4)执行多次超声脉冲检测波束发射、接收并记录实时超声回波信号直到剪切波传播至待检测组织之外;

步骤5)通过比较组织内各位置的原始回波信号与实时获得的回波信号,分析不同时刻下待检测组织各位置上的由剪切波引起的组织位移情况,追踪剪切波在组织中的传播过程;

步骤6)据捕捉、记录沿待检测组织各方向传播的剪切波在不同位置上的瞬时波速,我们可以对组织的剪切波波速映射成像,进一步反推得到待测组织内各位置上的杨氏弹性模量绝对值,并在组织剪切波波速图像的基础上对待检测组织进行弹性成像。

2. 根据权利要求1所述的用于血管内超声多断层剪切波弹性成像方法,其特征在于,所述步骤(5)具体为:依据待检测组织内沿剪切波传播方向上的任意两位置的距离和实时回波信号分别在两位置上相对于原始回波信号产生变化的时间差,可以计算该距离间剪切波传播的平均速度;若这两个位置间的距离足够小,则可以近似地认为该平均速度为剪切波的瞬时传播速度。

一种用于血管内超声多断层剪切波弹性成像方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种属于介入式血管内超声弹性成像方法,具体涉及一种利用剪切波弹性成像技术进行血管内快速探测血管弹性信息的弹性成像方法。

背景技术

[0002] 《中国心血管病报告 2012》指出,心脑血管疾病近年已成为国人健康第一杀手,估计全国心血管病患者 2.3 亿,全国每年 350 万人死于心血管病,约占全因死亡的 41%,居各死因首位。报告还预测,2010~2030 年仅考虑人口老龄化和人口增加的因素,中国 35~84 岁人群心血管病(心绞痛、心肌梗死、冠心病猝死和脑卒中)事件数增加将 > 50%。2010 年到 2030 年心血管病事件数增加约 2,130 万,死亡增加约 770 万。以往认为,粥样硬化斑块逐步形成和发展,致使血管硬化、管腔狭窄、血流阻塞,这是引起心血管急性事件和脑中风(猝死)的主要原因。1988 年 Ambrose JA 等科学家提出了易损斑块(Vulnerable Plaque)说,这是最近 20 年来心脑血管领域的一个重大突破。一般认为,具有薄纤维帽,大脂质核心及大量激活巨噬细胞的斑块不稳定,易于破裂。现已证明动脉硬化斑块破裂脱落而形成血栓是引起心血管急性事件、急性心肌梗塞、急性冠状动脉综合症(ACS)、中风(Stroke)和猝死的主要原因,因此判断斑块的易损性(vulnerability),从而早期预测、诊断、有效干预和处理易损斑块是防治心脑血管疾病一项紧迫任务。

[0003] 为了能对血管内易损斑块进行成像诊断,血管内超声成像技术(Intravascular Ultrasound, IVUS)于 20 世纪 80 年代末期迅速发展起来,它是利用安装在心导管前端的微型超声探头,从血管内部成像来检测管腔大小和管壁结构的介入性超声诊断技术。它能够实时显示血管横断面解剖结构,观察附着于管壁表面的粥样硬化斑块形态及发展过程,测定冠状动脉狭窄程度,从而指导经皮冠脉介入治疗以及评价治疗效果。近年来,血管内超声已成为冠心病等心血管疾病诊断和治疗的重要影像学手段,有文献称其为“冠状动脉狭窄的诊断与介入疗效评估的金标准”。但是,常规 IVUS 成像只可以获得血管单断层图像,进而提取该断层上的血管解剖形态特征,却无法获得可用于判断斑块细节性质的弹性信息。为了对斑块进行机械力学和组成成分上的检查以作为组织形态学检查的有效补充,血管内弹性成像(intravascular elastography)、血管内超声三维内膜硬度图(intravascular palpography)、血管内超声虚拟组织学成像(Virtual Histology IVUS, VH-IVUS)等方法先后被国内外学者提出。目前现有的这些血管内超声弹性成像方法都是基于静态施压方式,得到位移后估计出应变。应变的大小与施加的应力大小直接相关,因此它只能反映组织的相对弹性,真实弹性参量(杨氏模量)还需要根据力学模型和边界条件进行重构。因此,我们提出采用基于多阵元 IVUS 换能器的血管内超声辐射力弹性成像方法(即血管内超声多断层快速弹性成像方法)以直接获得管壁组织及斑块的杨氏模量,更加有效地量化斑块生物力学参数与其易损性的关系。

[0004] 所谓血管内超声多断层快速弹性成像方法是融合了血管内超声成像技术(Intravascular Ultrasound, IVUS)和剪切波快速弹性成像技术(shear wave

elastography, SWE) 的特点。一方面,血管内超声成像技术是目前唯一商业化用于临床检测的可以实时提供患者冠状动脉血管横截面图像的检查手段,目前 IVUS 成像技术已可以对冠状动脉甚至更细小血管进行血管内成像,在不影响临床经皮冠状动脉成形术(percutaneous transluminal coronary angioplasty, PTCA)手术过程与疗效的前提下,可定性地提供动脉壁结构灰度图像,对于冠状动脉粥样硬化与狭窄等心血管疾病的诊断与治疗具有和重要意义;另一方面,剪切波弹性成像技术是利用超声波束产生的声辐射力对下层组织进行施压,压力在声波传播方向上推动组织,组织产生复原力,该复原力会产生机械波,尤其是沿组织横向传播的剪切波。一般来说,机械波的传播性质与材料的力学特征紧密相关,剪切波作为组织复原力产生的一种机械横波,其传播性质必然包含着组织内的诸多力学信息,一般来说,剪切波速度越快,说明组织杨氏模量值越大,即组织的硬度越大。人们正是利用这一性质,通过组织内传播的剪切波速度反推获得组织的杨氏模量绝对值。剪切波在生物体内传播速度一般为 $1\sim 10$ m/s,故可利用的超快速成像方法进行捕捉剪切波传播过程。

[0005] 综上所述,血管内超声多断层快速弹性成像方法的基本工作原理是:首先利用介入式探头在血管内激励血管壁组织产生剪切波,并通过快速成像捕捉该剪切波在组织内的传播速度,最后以剪切波传播速度反推得到血管壁组织的弹性图像。而实现这一技术的主要瓶颈在于设计可以兼顾血管内介入技术和快速捕捉剪切波波速的超声成像探头及相应的快速成像方法。目前,国际上采用血管内超声成像技术进行实验的设备主要有美国 Volcano 公司生产研制的 Eagle Eye® Platinum Catheter,但并没有专门用于激励血管壁组织产生剪切波和捕捉剪切波传播过程的血管内超声阵列探头。2013 年美国杜克大学生物工程系的 Vivek Patel, Jeremy J. Dahl 等利用 Eagle Eye® Platinum Catheter 对尝试将声辐射力弹性成像技术(Acoustic Radiation Force Impulse imaging)与介入式超声探头相结合以用于血管内易损斑块的探测,结果显示利用血管内超声探头激励产生声辐射力并用于弹性成像的技术是可行的。为了弥补现有商业化设备的不足,本专利提出了一种专门用于激励和追踪血管壁组织内剪切波的介入式多阵元超声成像方法。其与现有方法的不同在于,本方法采用多阵元的血管内换能器阵列,以激励和追踪剪切波为目的进行血管壁组织弹性信息定量分析,通过比较血管壁正常组织与病变组织或易损斑块的不同的弹性信息来实现心血管病的早期诊断。该技术方法可有利地促进血管内弹性成像的进一步推广和应用,加强人们对心血管病的早期诊断能力。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于克服现有技术存在的问题,提供一种用于血管内超声多断层剪切波弹性成像方法。

[0007] 为实现上述技术目的,达到上述技术效果,本发明通过以下技术方案实现:

一种用于血管内超声多断层剪切波弹性成像方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤 1)首先在待检测区域内的组织通过超声脉冲检测波束反射回来的回波信息,记录用于参考的原始组织回波信号;

步骤 2)通过介入式阵列式超声换能器的波束合成技术对血管壁及其周围组织进行脉冲激励产生声辐射力,压力在声波传播方向上推动组织,组织产生复原力,该复原力会产生

剪切波；

步骤 3) 短暂激励后在待检测区域内的组织通过超声脉冲检测波束反射回来的实时回波信号,其中该区域的组织内存在激励产生的剪切波；

步骤 4) 执行多次超声脉冲检测波束发射、接收并记录实时超声回波信号直到剪切波传播至待检测组织之外；

步骤 5) 通过比较组织内各位置的原始回波信号与实时获得的回波信号,分析不同时刻下待检测组织各位置上的由剪切波引起的组织位移情况,追踪剪切波在组织中的传播过程；

步骤 6) 据捕捉、记录沿待检测组织各方向传播的剪切波在不同位置上的瞬时波速,我们可以对组织的剪切波波速映射成像,进一步反推得到待测组织内各位置上的杨氏弹性模量绝对值,并在组织剪切波波速图像的基础上对待检测组织进行弹性成像。

[0008] 进一步的,所述步骤(5)具体为:依据待检测组织内沿剪切波传播方向上的任意两位置的距离和实时回波信号分别在两位置上相对于原始回波信号产生变化的时间差,可以计算该距离间剪切波传播的平均速度;若这两个位置间的距离足够小,则可以近似地认为该平均速度为剪切波的瞬时传播速度。

[0009] 本发明的有益效果:

采用本发明技术方案,能对血管壁及其周围组织弹性信息进行测量,具有实时、定量、快速、高分辨率等优点;其与现有血管内超声弹性成像技术相比最大的不同在于本方法采用多阵元的血管内换能器阵列,以激励和追踪剪切波为目的进行血管壁组织弹性信息定量分析,通过比较血管壁正常组织与病变组织或易损斑块的不同的弹性信息来实现心血管病的早期诊断;该技术方法可有利地促进血管内弹性成像的进一步推广和应用,加强人们对心血管病的早期诊断能力。

附图说明

[0010] 图 1 是本发明的工作流程示意图；

图 2 是本发明的血管内超声剪切波弹性成像换能器探头结构示意图；

图 3 是血管内剪切波弹性成像工作原理示意图。

具体实施方式

[0011] 下面将参考附图并结合实施例,来详细说明本发明。

[0012] 参照图 1 所示,一种用于血管内超声多断层剪切波弹性成像方法,包括以下步骤:

步骤 1) 首先在待检测区域内的组织通过超声脉冲检测波束反射回来的回波信息,记录用于参考的原始组织回波信号；

步骤 2) 通过介入式阵列式超声换能器的波束合成技术对血管壁及其周围组织进行脉冲激励产生声辐射力,压力在声波传播方向上推动组织,组织产生复原力,该复原力会产生剪切波；

步骤 3) 短暂激励后在待检测区域内的组织通过超声脉冲检测波束反射回来的实时回波信号,其中该区域的组织内存在激励产生的剪切波；

步骤 4) 执行多次超声脉冲检测波束发射、接收并记录实时超声回波信号直到剪切波传

播至待检测组织之外；

步骤 5) 通过比较组织内各位置的原始回波信号与实时获得的回波信号, 分析不同时刻下待检测组织各位置上的由剪切波引起的组织位移情况, 追踪剪切波在组织中的传播过程；

步骤 6) 据捕捉、记录沿待检测组织各方向传播的剪切波在不同位置上的瞬时波速, 我们可以对组织的剪切波波速映射成像, 进一步反推得到待测组织内各位置上的杨氏弹性模量绝对值, 并在组织剪切波波速图像的基础上对待检测组织进行弹性成像。

[0013] 进一步的, 所述步骤(5) 具体为: 依据待检测组织内沿剪切波传播方向上的任意两位置的距离和实时回波信号分别在两位置上相对于原始回波信号产生变化的时间差, 可以计算该距离间剪切波传播的平均速度; 若这两个位置间的距离足够小, 则可以近似地认为该平均速度为剪切波的瞬时传播速度。

[0014] 实施例:

本发明所述的血管内超声剪切波弹性成像方法可用于回波成像和剪切波弹性成像, 适用于心脏等器官、组织的血管内超声剪切波弹性成像。这种成像方法需将成像换能器介入至血管内, 该成像换能器由多个换能器单元沿基座轴向和周向布置组成。且各换能器单元由多通道的电子线路控制发射超声脉冲波束和接收相应的回波信息。各个换能器单元尺寸、及之间距离可根据待检测组织内剪切波传播速度设定。为清晰起见, 在图 2 中, 只显示了以横截面为正六边形的柱体为基底, 6 个侧面共布置 4×6 共 24 个换能器单元的配置方案。值得注意的是, 除非其他技术人员对相关方案的变化和改型偏离了本发明的范围, 否则都应包括在本发明的保护范围内。

[0015] 在将上述的血管内超声剪切波弹性成像探头介入至待检测的血管后, 成像系统采用计算机控制信号发射器输出一个采控制信号至现场可编程门阵列(匹配电路) 并分频得到两个时钟触发信号: 一路时钟信号触发信号发生器产生一个短暂的正弦波电压信号, 换能器受到电压激励, 产生超声信号; 在超声信号发射后, 换能器阵列转为接收模式, 对回波信号进行滤波、放大、时间增益补偿后, 通过多路模数转换器以高于信号带宽四倍的采样频率进行同步采样, 从而获得无混叠失真的高信噪比 RF 数据。

[0016] 具体实施上, 在上述基础上, 在系统发射端, 通过功率放大器将放大电压加至大功率聚焦超声换能器以产生脉冲聚焦声辐射力; 与此同时, 另外一路时钟信号触发信号发射/接收器控制成像超声探头发射/接收超声射频信号, 脉冲重复频率 (PRF) 4KHz, 并将接收到的超声射频回波信号 (RF-echo) 反馈至数字采集卡, 最后利用计算机存储设备保存用于重构弹性特征的 RF 信号。第一路触发信号控制信号发生器产生一个时延电压, 是为了预留时间让成像超声换能器采集施加声辐射力之前的射频回波信号, 以便与施加声辐射力之后的射频信号进行比较并通过算法重构出仿体(或生物组织) 的弹性特征。

[0017] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已, 并不用于限制本发明, 对于本领域的技术人员来说, 本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内, 所作的任何修改、等同替换、改进等, 均应包含在本发明的保护范围之内。

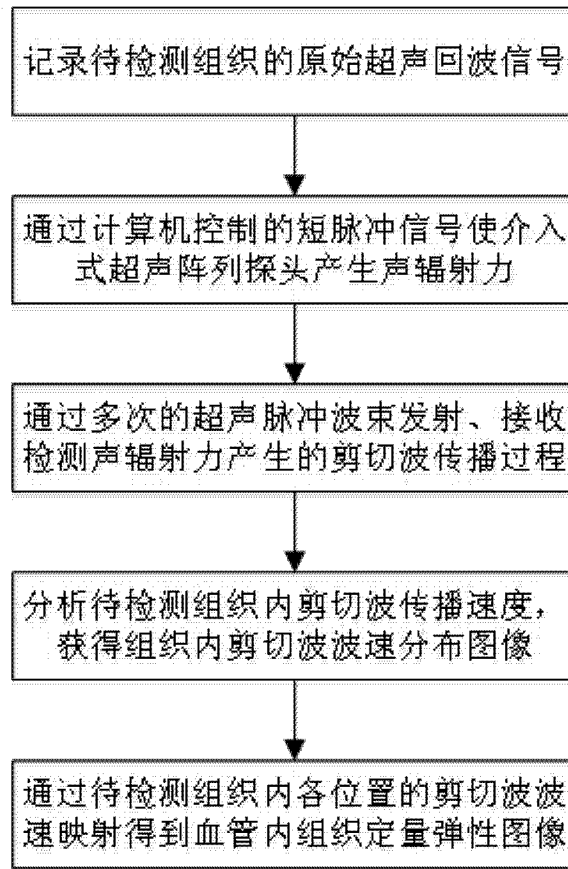


图 1

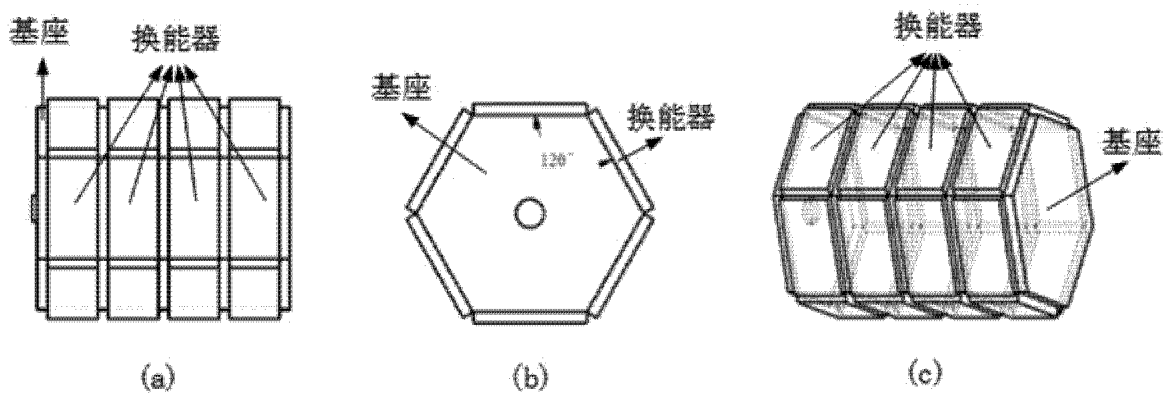


图 2

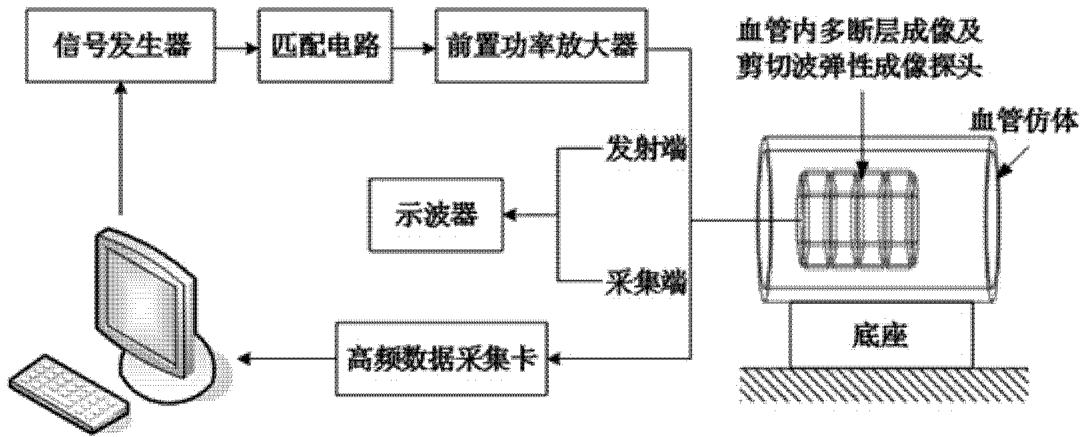


图 3

专利名称(译)	一种用于血管内超声多断层剪切波弹性成像方法		
公开(公告)号	CN104055541A	公开(公告)日	2014-09-24
申请号	CN201410289734.6	申请日	2014-06-26
[标]申请(专利权)人(译)	中国科学院苏州生物医学工程技术研究所		
申请(专利权)人(译)	中国科学院苏州生物医学工程技术研究所		
当前申请(专利权)人(译)	中国科学院苏州生物医学工程技术研究所		
[标]发明人	崔嵘峒 焦阳 顾天明 简小华 向永嘉		
发明人	崔嵘峒 焦阳 顾天明 简小华 向永嘉		
IPC分类号	A61B8/12 A61B8/08		
CPC分类号	A61B8/485		
代理人(译)	曹毅		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了一种用于血管内超声多断层剪切波弹性成像方法，包括以下步骤：首先记录待测组织的原始超声回波信号；然后通过计算机控制的短脉冲信号使介入式超声阵列探头产生声辐射力；接着通过多次的超声脉冲波束发射，接受检测声辐射力产生的剪切波传播过程；再分析待测组织内剪切波传播速度，获得组织内剪切波波速分布图像；最后通过待测组织内各位置的剪切波波速映射得到血管内组织定量弹性图像。本发明具有实时、定量、快速、高分辨率等优点；采用多阵元的血管内换能器阵列来激励和追踪剪切波为目的进行血管壁组织弹性信息定量分析；有利地促进血管内弹性成像的进一步推广和应用，加强人们对心血管病的早期诊断能力。

