



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111067622 A

(43)申请公布日 2020. 04. 28

(21)申请号 201911246815.7

(22)申请日 2019.12.09

(71)申请人 天津大学

地址 300072 天津市南开区卫津路92号

(72)发明人 姜杉 韦麟 杨志永

(74)专利代理机构 天津市三利专利商标代理有限公司 12107

代理人 韩新城

(51)Int. Cl.

A61B 34/10(2016.01)

A61B 5/08(2006.01)

A61B 34/30(2016.01)

A61B 17/34(2006.01)

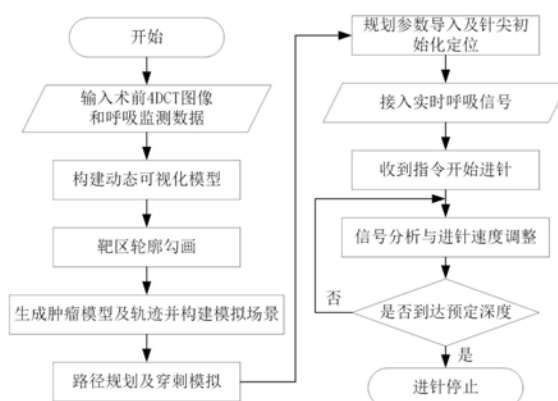
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

一种面向肺部经皮穿刺的呼吸运动补偿方法

(57)摘要

本发明公开一种面向肺部经皮穿刺的呼吸运动补偿方法,是利用术前4DCT影像构建四维可视化模型,提取呼吸运动轨迹,基于四维可视化模型和呼吸运动轨迹,选取目标点和皮肤入针点,生成穿刺路径,确定穿刺针的初始位置、方向以及穿刺深度;术中穿刺进针过程中,呼吸监测设备实时获取患者的呼吸信号并输入穿刺机器人的控制系统中,控制系统通过分析呼吸信号特征参数,引导穿刺机器人迭代地调整进针速度来确保针尖在指定时刻到达目标点,从而补偿呼吸引起的肿瘤位移。本发明的方法允许在自由呼吸状态下执行穿刺,适用范围更广,有助于减轻患者痛苦和提高手术成功率。



1. 一种面向肺部经皮穿刺的呼吸运动补偿方法,其特征在于,包括步骤:

基于体绘制算法对肺部4DCT影像数据渲染,使用呼吸监测信号驱动,实现对肺部解剖结构的四维可视化,形成立体动态的渲染图像,即四维可视化模型;

从术前4DCT图像中提取肿瘤在一个呼吸周期内的呼吸运动轨迹,基于该四维可视化模型呼吸以及运动轨迹,选取目标点和皮肤入针点,生成穿刺路径,确定穿刺针的初始位置、方向以及穿刺深度;

术中穿刺进针过程中,呼吸监测设备实时获取患者的呼吸信号并输入穿刺机器人的控制系统中,控制系统通过分析呼吸信号特征参数,引导穿刺机器人迭代地调整进针速度来确保针尖在指定时刻到达目标点,从而补偿呼吸引起的肿瘤位移。

2. 根据权利要求1所述面向肺部经皮穿刺的呼吸运动补偿方法,其特征在于,所述从术前4DCT图像中提取肿瘤的呼吸运动轨迹的步骤是,通过手动勾画将术前4DCT图像中肿瘤靶区提取出来,重建为对应于各个呼吸相位的三维肿瘤模型,提取质心,从而构建出肿瘤在一个呼吸周期内的运动轨迹。

3. 根据权利要求1所述面向肺部经皮穿刺的呼吸运动补偿方法,其特征在于,所述的形成立体动态的渲染图像的步骤如下:

从术前4DCT扫描过程中截取一段时间内不同时刻的切片图像数据,并按呼吸相位分类排序,形成多组分别对应等间距相位的三维体数据;

对三维体数据预处理,去除冗余数据,然后将预处理后的图像预加载至计算机图形处理器的纹理内存中初始化渲染,同时采用希尔伯特变换对输入呼吸信号进行解析求出当前相位所对应的体数据,并使用基于GPU加速的体绘制算法高速渲染,循环执行最终形成与实际呼吸同步的立体动态渲染图像,完成肺部四维可视化模型的构建。

一种面向肺部经皮穿刺的呼吸运动补偿方法

技术领域

[0001] 本发明涉及医疗辅助技术领域,特别是涉及一种面向肺部经皮穿刺的呼吸运动补偿方法。

背景技术

[0002] 肺癌作为最常见的恶性肿瘤之一,拥有极高的发病率和死亡率,正不断威胁着人类的生命健康。目前,经皮穿刺手术因其创伤小、成本低和疗效好等优点,已经成为肺癌诊断和治疗的一种重要手段。穿刺手术的主要作用是将穿刺针刺入患者体腔,以抽取组织、分泌物做化验,或向体腔内注入药物等。其在肺癌诊疗上的应用,包括**穿刺活检和近距离粒子治疗**等。穿刺活检通过穿刺的方法从体腔内取出病变组织,进行病理学检查,根据细胞内在本质的不同得出准确、可靠的诊断结果,能够帮助医生充分了解病变性质和发展趋势,通常被作为临床的最后诊断。近距离粒子治疗是通过向体腔内放置放射性粒子,使其靠近肿瘤部位来杀伤肿瘤细胞,能够对肿瘤组织造成持续性的伤害,同时减少对周围正常组织的放射性损伤,而且植入粒子的数目可根据患者、病情、靶区形状、位置具体情况变动,具有很大的灵活性,治理效果十分良好。

[0003] 无论对于肺部的穿刺活检还是近距离粒子治疗,穿刺的准确性都是决定病人损伤程度和手术成功与否的关键性因素。较大的穿刺偏差不但会阻碍后续诊疗计划的实施,还会增加对周围组织和脏器的损伤,严重时可能引发气胸、肺出血和肿瘤转移等并发症。然而由于呼吸作用的影响,肺部肿瘤一直处于较大范围的运动中,位置难以确定。而且肿瘤的运动与其大小和所处部位有关,没有适用于所有个体的规律可循。这种不确定性给穿刺手术的精准规划和实施增加了许多难度。因而对于肺部的穿刺手术,需要额外的手段来控制或补偿呼吸运动的影响,从而保证穿刺针准确地刺入肿瘤。**目前临床中常用的为屏气法**,它要求患者在与术前计划一致的**呼吸相位**进行屏气,进而在此期间执行穿刺程序。这一方法由于屏气时间有限,会延长手术时间,降低手术效率,而且对患者的耐受性要求较高,不适用于大约15%的患者。

[0004] 随着机器人和计算机技术的发展,多种形式的图像引导机器人辅助手术系统已经被开发出来并成功应用于各体部肿瘤的经皮穿刺手术中。此类系统通过医学成像数据的可视化和机器人的自动化控制,为整个手术过程提供高质量的解剖结构图像和精确的手术器械定位,能够极大程度地保证手术效果。因此,结合图像引导机器人辅助的优势,为肺部的经皮穿刺手术开发一种效率更高,适用性更广的呼吸补偿方法具有重要意义。

发明内容

[0005] 本发明的目的是解决在穿刺手术过程中,因呼吸运动肺部肿瘤位置难以确定的问题,而提供一种面向肺部经皮穿刺的呼吸运动补偿方法,通过四维可视化技术重建肺部解剖结构的呼吸运动行为,为医生创造科学、高效的手术规划环境,并且实现对肿瘤运动的跟踪,控制穿刺手术机器人自动适应患者呼吸运动,完成自由呼吸状态下的精准肺部经皮穿

刺。

[0006] 为实现本发明的目的所采用的技术方案是：

[0007] 一种面向肺部经皮穿刺的呼吸运动补偿方法，包括步骤：

[0008] 基于体绘制算法对肺部4DCT影像数据渲染，使用呼吸监测信号驱动，实现对肺部解剖结构的四维可视化，形成立体动态的渲染图像，即四维可视化模型；

[0009] 从术前4DCT图像中提取肿瘤在一个呼吸周期内的呼吸运动轨迹，基于该四维可视化模型呼吸以及呼吸运动轨迹，选取目标点和皮肤入针点，生成穿刺路径，确定穿刺针的初始位置、方向以及穿刺深度；

[0010] 术中穿刺进针过程中，呼吸监测设备实时获取患者的呼吸信号并输入穿刺机器人的控制系统中，控制系统通过分析呼吸信号特征参数，引导穿刺机器人迭代地调整进针速度来确保针尖在指定时刻到达目标点，从而补偿呼吸引起的肿瘤位移。

[0011] 本发明中，所述从术前4DCT图像中提取肿瘤的呼吸运动轨迹的步骤是，通过手动勾画将术前4DCT图像中肿瘤靶区提取出来，重建为对应于各个呼吸相位的三维肿瘤模型，提取质心，从而构建出肿瘤在一个呼吸周期内的运动轨迹。

[0012] 本发明中，所述的形成立体动态的渲染图像的步骤如下：

[0013] 从术前4DCT扫描过程中截取一段时间内不同时刻的切片图像数据，并按呼吸相位分类排序，形成多组分别对应等间距相位的三维体数据；

[0014] 对三维体数据预处理，去除冗余数据，然后将预处理后的图像预加载至计算机图形处理器的纹理内存中初始化渲染，同时采用希尔伯特变换对输入呼吸信号进行解析求出当前相位所对应的体数据，并使用基于GPU加速的体绘制算法高速渲染，循环执行最终形成与实际呼吸同步的立体动态渲染图像，完成肺部四维可视化模型的构建。

[0015] 本发明提出的呼吸运动补偿方法，通过四维可视化重建患者肺部解剖结构的呼吸运动，通过结合路径规划参数和实时呼吸监测信号，控制机器人在穿刺进针过程中自动调节进针速度，能够有效地补偿呼吸运动，提高穿刺精度，克服了传统三维可视化无法解释生理运动的缺点。

[0016] 而且，所构建的动态可视化模型细节丰富，保真度高，实时性好，有利于医生结合空间和时变信息对肿瘤和危及器官进行全面的分析，更高效地为患者制定个性化的手术方案。

[0017] 本发明的方法允许在自由呼吸状态下执行穿刺，适用范围更广，有助于减轻患者痛苦和提高手术成功率。

附图说明

[0018] 图1是本发明的面向肺部经皮穿刺的呼吸运动补偿方法流程图；

[0019] 图2是肺部经皮穿刺手术规划以及模拟软件的功能原理图；

[0020] 图3是形成的肺部四维可视化示意图；

[0021] 图4是穿刺模拟示意图；

[0022] 图中：1全局视图，1-1肿瘤模型，1-2肺部可视化模型，1-3皮肤入针点，1-4穿刺针，2局部视图，2-1肿瘤运动轨迹，2-2肿瘤质心。

具体实施方式

[0023] 以下结合附图和具体实施例对本发明作进一步详细说明。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。

[0024] 本发明涉及**穿刺手术的术前路径规划**和**术中穿刺进针**两个阶段,通过4DCT医学影像数据和体外呼吸监测信号获取呼吸运动信息,辅助和引导相关手术过程的执行,进而实现对穿刺手术的呼吸运动补偿。

[0025] 如图1所示,本发明面向肺部经皮穿刺的呼吸运动补偿方法,包括:

[0026] 基于体绘制算法对肺部4DCT影像数据渲染,使用呼吸监测信号驱动,实现对肺部解剖结构的四维可视化,形成立体动态的渲染图像;

[0027] 从术前4DCT图像中提取肿瘤在**一个呼吸周期内的呼吸运动轨迹**,基于该呼吸运动轨迹,选取目标点和皮肤入针点,生成穿刺路径,确定穿刺针的初始位置、方向以及穿刺深度;

[0028] 术中穿刺进针过程中,呼吸监测设备实时获取患者的呼吸信号并输入穿刺机器人的控制系统中,控制系统通过分析呼吸信号特征参数,引导穿刺机器人迭代地调整进针速度来确保针尖在指定时刻到达目标点,从而补偿呼吸引起的肿瘤位移。

[0029] 一方面,为了在术前规划时纳入对呼吸运动的考量,本发明基于体绘制算法对肺部4DCT影像数据进行渲染,并使用呼吸监测信号进行驱动,实现对肺部解剖结构的四维可视化。

[0030] 具体的,在4DCT在扫描过程中截取患者某段时间内不同时刻的切片图像数据,并按**呼吸相位进行分类排序**,形成多组分别对应等间距相位的**三维体数据**。4DCT影像包含了扫描区域在空间和时间四个维度上的信息,代表一个完整的呼吸周期,也因此其数据量是传统3DCT影像的数倍。为保证大量数据渲染的实时性,首先对构成4DCT图像的所有三维体数据进行预处理,去除冗余数据,减小后续渲染过程的计算量。然后将预处理后的图像预加载至计算机图形处理器(GPU)的纹理内存中初始化渲染。同时采用**希尔伯特变换**对输入呼吸信号进行解析求出当前相位所对应的体数据,并使用基于GPU加速的体绘制算法对其进行高速渲染。循环执行上一步操作,形成与实际呼吸同步的立体动态渲染图像,完成肺部四维可视化模型的构建。

[0031] 另一方面,针对穿刺过程中肿瘤运动难以确定的问题,**本发明基于运动轨迹和实时呼吸监测信号对肿瘤运动进行跟踪**,进而提出适用于穿刺手术机器人的自动进针策略,**保证针尖在准确的时刻刺入运动中的肿瘤**。

[0032] 首先,从术前4DCT图像中提取肿瘤的呼吸运动轨迹。通过手动勾画将4DCT图像中肿瘤靶区提取出来,重建为对应于各个呼吸相位的三维肿瘤模型,提取其质心并构建出肿瘤在一个呼吸周期内的运动轨迹。然后结合四维可视化模型和肿瘤轨迹选取目标点和皮肤入针点,生成穿刺路径,确定穿刺针的初始位置、方向以及穿刺深度等参数。在术中穿刺进针过程中,呼吸监测设备实时获取患者的呼吸信号并输入穿刺机器人的控制系统中。通过分析信号的特征参数,引导机器人在此期间迭代地调整进针速度来确保针尖在准确的时刻到达目标点,从而补偿呼吸引起的肿瘤位移,提高穿刺精度。

[0033] 另一方面,为方便本发明方法使用,本发明使用了用于肺部穿刺手术路径规划和穿刺模拟的软件,软件结构如图2所示,医学图像数据渲染模块实现了呼吸信号驱动的四维

可视化算法以及相应的图像交互功能,提供了呼吸监测信号的接口,可接入离线的或实时获取的呼吸信号,用于驱动四维医学图像的可视化和后续的穿刺仿真。基于不同组织器官具有不同的CT值区间的特性,对可视化模型设置不透明度传递函数、颜色传递函数,可突出显示重要的组织、器官,呈现丰富多样的视觉效果。通过对图像设置模板,可实现动态环境下对可视化模型的实时切割,从而达到帮助医生提取感兴趣区域的目的。

[0034] 需要说明的是,本发明的穿刺手术路径规划及穿刺模拟软件,基于可视化模型、肿瘤曲面模型及其运动轨迹等,构建了一个虚拟的穿刺场景,提供了皮肤入针点拾取、目标点选取等基本的路径规划功能,可根据相关参数的设置,自动调节虚拟穿刺针的位置和方向,并生成穿刺路径预览。其能基于规划参数和自动进针策略对穿刺过程进行动画仿真。该仿真提供了全局和局部视图,分别显示整体的运动情况和肿瘤沿其轨迹运动的细节。其中的人体的呼吸运动由四维可视化实现。在规划方案确定后,可将规划参数存储到计算机硬盘中或直接传输至穿刺机器人控制器。

[0035] 本发明的呼吸运动补偿方法的实施的详细流程,如图1所示,首先,输入术前采集的患者4DCT图像和呼吸监测数据,构建与真实呼吸同步的肺部动态可视化模型,如图3所示,医生可使用系统提供的交互功能对该模型的颜色和不透明度等参数进行调节,并通过切割提取感兴趣区域,进而对患者病情进行观察和分析。在确定肿瘤的位置和形状后,于4DCT图像上勾画出各个相位的靶区轮廓。系统自动将勾画结果重建为三维曲面模型并生成肿瘤运动轨迹,并构建虚拟的穿刺场景,如图4所示。医生可直接在该虚拟场景中选取皮肤入针点和目标点,确定穿刺针的初始位置,完成初步的路径规划。然后,可对自动穿刺过程进行动画仿真,观察穿刺精度以及是否损伤危及器官。通过反复的穿刺仿真和参数调整,制定出最优的穿刺路径。在穿刺进针阶段,首先向机器人控制系统输入路径规划参数,使其将针尖定位至初始位置并对准患者体内的目标点。然后接入实时的呼吸监测信号,医生可选择在患者呼吸相对稳定的阶段发出进针指令。机器人随即根据当前呼吸信号参数计算进针速度,将穿刺针沿计划路径推进。在此过程中,控制系统迭代地对呼吸信号进行分析并更新进针速度,直到针尖到达计划的穿刺深度后停止进针,完成穿刺。

[0036] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出的是,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

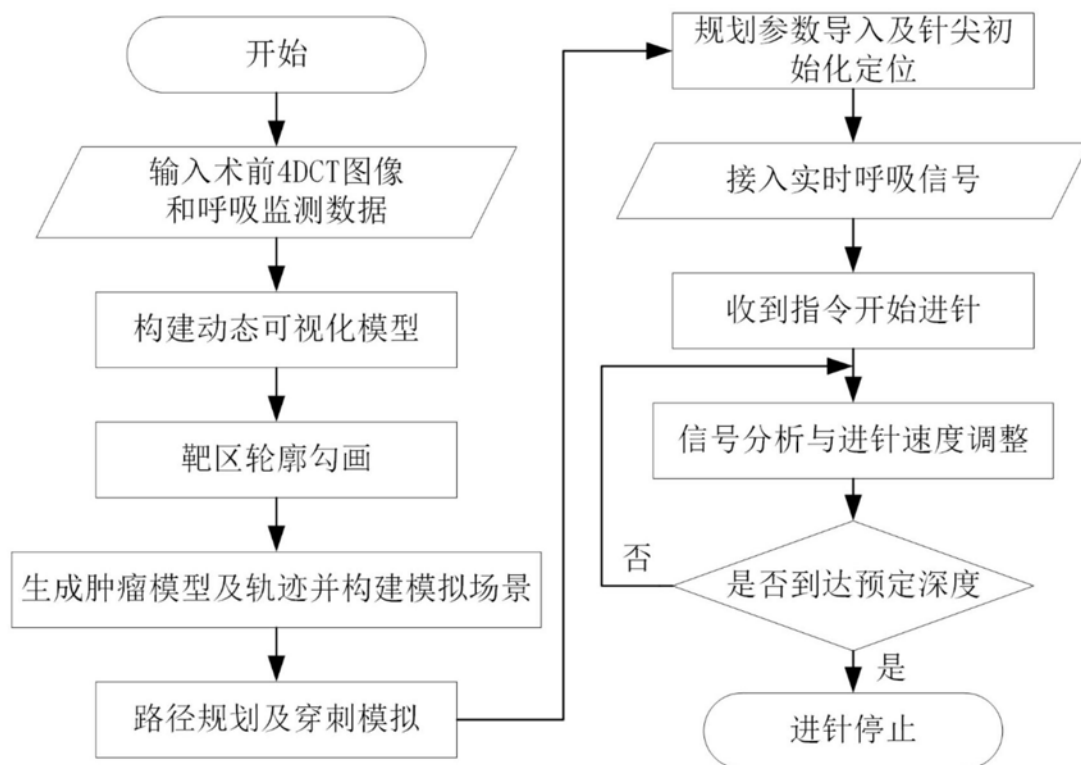


图1



图2



图3

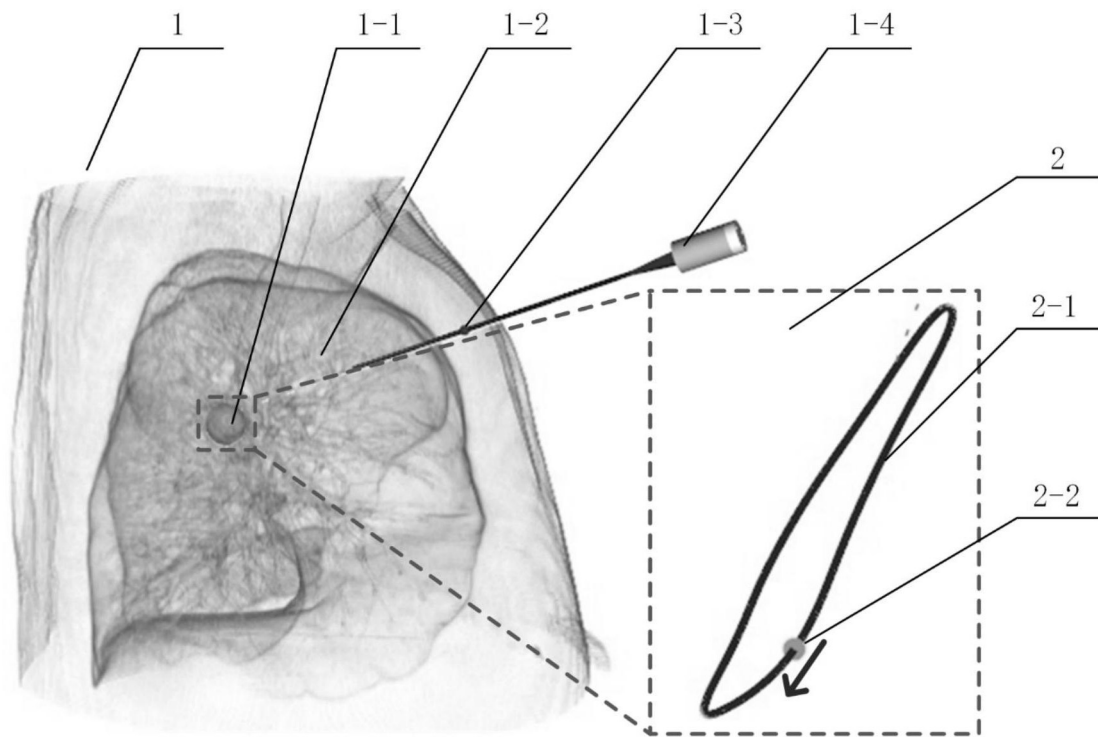


图4