



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109965910 A

(43)申请公布日 2019.07.05

(21)申请号 201910294059.9

(22)申请日 2019.04.12

(71)申请人 东南大学

地址 210096 江苏省南京市玄武区四牌楼2号

(72)发明人 周光泉 黎东升 周平

(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 朱桢荣

(51) Int. Cl.

A61B 8/08(2006.01)

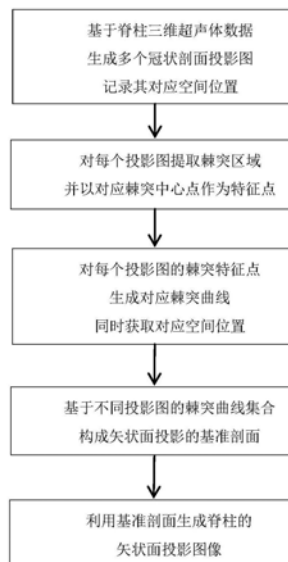
权利要求书2页 说明书6页 附图11页

(54)发明名称

一种基于三维超声脊柱体数据的矢状面投影成像方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于三维超声脊柱体数据的矢状面投影成像方法,包括:S1基于脊柱的三维超声体数据生成多个冠状剖面投影图并记录其对应空间位置;S2在每个冠状剖面投影图上分别分割出脊柱的棘突区域,并提取棘突特征点;S3对每个投影图,基于棘突特征点生成对应棘突曲线,同时获取曲线对应空间位置;S4基于不同投影图上的棘突曲线集合构成矢状面投影的基准剖面;S5利用基准剖面生成脊柱的矢状面投影图像。本发明方法使得三维超声成像可以针对脊柱弯曲生成不同的投影图像,从而提供全新的脊柱的三维畸变信息,进而提高了脊柱弯曲的测量精度。



1. 一种基于三维超声脊柱体数据的矢状面投影成像方法,其特征在于,包括以下步骤:
步骤S1、基于脊柱的三维超声体数据生成多个不同深度的冠状剖面投影图,同时记录每个冠状剖面投影图的对应空间位置;
步骤S2、在每个冠状剖面投影图上分别分割出脊柱的棘突区域,并提取棘突特征点;
步骤S3、在每个冠状剖面投影图上,基于棘突特征点生成相应的棘突曲线,同时获取曲线对应的空间位置,形成棘突曲线集;
步骤S4、结合棘突曲线集及其对应空间位置构成新的矢状面投影的基准剖面;
步骤S5、利用基准剖面生成脊柱的矢状面投影图像。
2. 根据权利要求1所述的一种基于三维超声脊柱体数据的矢状面投影成像方法,其特征在于,所述步骤S1中生成多个不同深度的冠状剖面投影图,包括:
根据皮肤表面,选择不同的深度的冠状参考平面;
根据选择的冠状参考平面和三维超声体数据,使用平均合成函数生成该冠状剖面投影图。
3. 根据权利要求1所述的一种基于三维超声脊柱体数据的矢状面投影成像方法,其特征在于,所述步骤S1中,所述记录每个冠状剖面投影图的对应空间位置,包括:
基于三维超声的空间位置信息,确定皮肤表面的空间位置;
根据皮肤表面的空间位置,确定不同深度冠状剖面投影图的对应空间位置。
4. 根据权利要求1所述的一种基于三维超声脊柱体数据的矢状面投影成像方法,其特征在于,所述步骤S2具体包括:
对每幅冠状剖面投影图,采用直方图均衡化增强图像中的骨质区域;
对增强后的冠状剖面投影图像进行分割,利用水平方向的相位信息识别棘突的骨性特征,获取图像中脊柱的棘突区域;
根据脊柱的棘突区域,找出对应棘突的中心点作为棘突特征点。
5. 根据权利要求4所述的一种基于三维超声脊柱体数据的矢状面投影成像方法,其特征在于,对增强后的投影图像,获取图像中脊柱的棘突区域,包括:
根据棘突结构和形状特性及在脊柱体中位置信息,使用水平方向对称相位一致性,分割脊柱的棘突区域。
6. 根据权利要求4所述的一种基于三维超声脊柱体数据的矢状面投影成像方法,其特征在于,对所述脊柱的棘突区域,找出对应棘突的中心点作为棘突特征点,包括:
根据脊柱的棘突区域,按照从图像顶端到底端的方向逐线检测,以各行脊柱棘突区域的相位对称性最大点作为棘突特征点。
7. 根据权利要求1所述的一种基于三维超声脊柱体数据的矢状面投影成像方法,其特征在于,步骤S3中,在每个冠状剖面投影图上,基于棘突特征点生成相应的棘突曲线,同时获取曲线对应的空间位置,包括:
在冠状剖面投影图上,使用5阶或以上的多项式曲线去拟合检测到的棘突特征点;
对棘突曲线,根据冠状参考平面的空间位置,确定棘突曲线上每个点的空间位置。
8. 根据权利要求1所述的一种基于三维超声脊柱体数据的矢状面投影成像方法,其特征在于,步骤S5中,根据矢状面投影的基准剖面和三维超声体数据,使用最小合成函数生成该矢状面投影图像。

9. 根据权利要求1所述的一种基于三维超声脊柱体数据的矢状面投影成像方法,其特征在于,三维超声体数据为三维超声成像系统所得。

10. 根据权利要求6所述的一种基于三维超声脊柱体数据的矢状面投影成像方法,其特征在于,图像顶端是对应胸部区域,图像底端是对应腰部区域。

一种基于三维超声脊柱体数据的矢状面投影成像方法

技术领域

[0001] 本发明涉及成像技术领域,特别是一种基于三维超声脊柱体数据的矢状面投影成像方法。

背景技术

[0002] 脊柱的正常生理弯曲为脊柱提供了良好的弹性与减震性。脊柱侧凸是由脊柱的三维畸变而造成的异常的肌骨骼状态,其表现在脊柱在三维空间中出现非正常的弯曲或旋转,使得椎间盘上所承受的重量异常,脊柱不能够进行正常的活动。青春期为脊柱侧凸的高发时期,对正处于生长发育期的青少年而言,长久保持不当的姿态极易使其脊柱变形,若不及早发现及时治疗,脊柱便产生不可逆的畸变。其中,驼背就是一种常见的与脊柱侧凸相关的可见脊柱畸形,驼背时,上背部区域的脊柱弯曲角度为四十五度或更大,而正常的脊柱在上背部区域仅有约二十到四十五度的弯曲。

[0003] 目前,检测脊柱侧凸均是在冠状面上的X射线图像或超声投影图像中进行,首先确定弯曲曲率最大的两块椎骨,在选择完这些椎骨后,分别沿位于上部的椎骨上终板以及位于下部的椎骨下终板画两条直线,直线间的夹角即为脊柱弯曲角度。但在实际操作中,冠状面的图像仅考虑了脊柱在单个投影面上的弯曲情况,对于诸如驼背等矢状面或轴向上的畸形未予考虑,从而忽视了脊柱的三维结构特征。传统意义的冠状剖面投影图像上存在难以获得完整脊柱三维弯曲特征的困难。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是克服现有技术的不足而提供一种基于三维超声脊柱体数据的矢状面投影成像方法,本发明的方法可实现从三维超声体数据中获取完整的脊柱矢状位剖面,从而可以充分利用重建的脊柱三维结构信息,以更加全面地评估脊柱的三维畸形程度。

[0005] 本发明为解决上述技术问题采用以下技术方案:

[0006] 根据本发明提出的一种基于三维超声脊柱体数据的矢状面投影成像方法,包括以下步骤:

[0007] 步骤S1、基于脊柱的三维超声体数据生成多个不同深度的冠状剖面投影图,同时记录每个冠状剖面投影图的对应空间位置;

[0008] 步骤S2、在每个冠状剖面投影图上分别分割出脊柱的棘突区域,并提取棘突特征点;

[0009] 步骤S3、在每个冠状剖面投影图上,基于棘突特征点生成相应的棘突曲线,同时获取曲线对应的空间位置,形成棘突曲线集;

[0010] 步骤S4、结合棘突曲线集及其对应空间位置构成新的矢状面投影的基准剖面;

[0011] 步骤S5、利用基准剖面生成脊柱的矢状面投影图像。

[0012] 作为本发明所述的一种基于三维超声脊柱体数据的矢状面投影成像方法进一步

优化方案,所述步骤S1中生成多个不同深度的冠状剖面投影图,包括:

[0013] 根据皮肤表面,选择不同的深度的冠状参考平面;

[0014] 根据选择的冠状参考平面和三维超声体数据,使用平均合成函数生成该冠状剖面投影图。

[0015] 作为本发明所述的一种基于三维超声脊柱体数据的矢状面投影成像方法进一步优化方案,所述步骤S1中,所述记录每个冠状剖面投影图的对应空间位置,包括:

[0016] 基于三维超声的空间位置信息,确定皮肤表面的空间位置;

[0017] 根据皮肤表面的空间位置,确定不同深度冠状剖面投影图的对应空间位置。

[0018] 作为本发明所述的一种基于三维超声脊柱体数据的矢状面投影成像方法进一步优化方案,所述步骤S2具体包括:

[0019] 对每幅冠状剖面投影图,采用直方图均衡化增强图像中的骨质区域;

[0020] 对增强后的冠状剖面投影图像进行分割,利用水平方向的相位信息识别棘突的骨性特征,获取图像中脊柱的棘突区域;

[0021] 根据脊柱的棘突区域,找出对应棘突的中心点作为棘突特征点。

[0022] 作为本发明所述的一种基于三维超声脊柱体数据的矢状面投影成像方法进一步优化方案,对增强后的投影图像,获取图像中脊柱的棘突区域,包括:

[0023] 根据棘突结构和形状特性及在脊柱体中位置信息,使用水平方向对称相位一致性,分割脊柱的棘突区域。

[0024] 作为本发明所述的一种基于三维超声脊柱体数据的矢状面投影成像方法进一步优化方案,对所述脊柱的棘突区域,找出对应棘突的中心点作为棘突特征点,包括:

[0025] 根据脊柱的棘突区域,按照从图像顶端到底端的方向逐线检测,以各行脊柱棘突区域的相位对称性最大点作为棘突特征点。

[0026] 作为本发明所述的一种基于三维超声脊柱体数据的矢状面投影成像方法进一步优化方案,步骤S3中,在每个冠状剖面投影图上,基于棘突特征点生成相应的棘突曲线,同时获取曲线对应的空间位置,包括:

[0027] 在冠状剖面投影图上,使用5阶或以上的多项式曲线去拟合检测到的棘突特征点;

[0028] 对棘突曲线,根据冠状参考平面的空间位置,确定棘突曲线上每个点的空间位置。

[0029] 作为本发明所述的一种基于三维超声脊柱体数据的矢状面投影成像方法进一步优化方案,步骤S5中,根据矢状面投影的基准剖面 and 三维超声体数据,使用最小合成函数生成该矢状面投影图像。

[0030] 作为本发明所述的一种基于三维超声脊柱体数据的矢状面投影成像方法进一步优化方案,三维超声体数据为三维超声成像系统所得。

[0031] 作为本发明所述的一种基于三维超声脊柱体数据的矢状面投影成像方法进一步优化方案,图像顶端是对应胸部区域,图像底端是对应腰部区域。

[0032] 本发明采用以上技术方案与现有技术相比,具有以下技术效果:

[0033] (1) 本发明的方法可实现从三维超声体数据中获取完整的脊柱矢状位剖面,从而可以充分利用重建的脊柱三维结构信息,以更加全面地评估脊柱的三维畸形程度;

[0034] (2) 本发明方法使得三维超声成像可以针对脊柱弯曲生成不同的投影图像,从而提供全新的脊柱的三维畸变信息,进而提高了脊柱弯曲的测量精度。

附图说明

- [0035] 图1a是本发明的矢状面投影成像的方法的流程框图。
- [0036] 图1b是本发明的矢状面投影成像的方法的流程结果示意图。
- [0037] 图2是本发明的第一实施例冠状投影平面结果图。
- [0038] 图3a是本发明第一实施例初始带宽尺度下的相位一致性检测结果图。
- [0039] 图3b是本发明第一实施例增加带宽尺度后相位一致性检测结果图。
- [0040] 图3c是本发明的第一实施例棘突区域分割结果图。
- [0041] 图4a是本发明的第一实施例在距体表0.6cm深处脊柱曲线检测结果图。
- [0042] 图4b是本发明的第一实施例在距体表1.0cm深处脊柱曲线检测结果图。
- [0043] 图5a是本发明第一实施例脊柱曲线组成矢状位剖面视角A的示意图。
- [0044] 图5b是本发明第一实施例脊柱曲线组成矢状位剖面视角B的示意图。
- [0045] 图5c是本发明第一实施例脊柱曲线组成矢状位剖面视角C的示意图。
- [0046] 图6a是本发明的第一实施例矢状投影平面结果图。
- [0047] 图6b是本发明的第一实施例矢状投影平面棘突曲线手工测量结果图。

具体实施方式

[0048] 为了使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图及具体实施例对本发明进行详细描述。

[0049] 本发明的矢状面投影成像方法,通过对三维超声成像得到的脊柱体数据进行相关处理,充分利用脊柱的三维结构信息,使得利用三维超声成像能够更准确和全面地进行脊柱侧凸的检测,满足不同使用三维成像系统的用户的需求。

[0050] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处描述的具体实施例仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0051] 如图1a所示,是本发明进行适用于脊柱的矢状面投影成像方法的流程图,该方法包括以下步骤:

[0052] S1基于脊柱的三维超声体数据生成多个不同深度的冠状剖面投影图,同时记录每个冠状剖面投影图的对应空间位置;

[0053] S2. 在每个冠状剖面投影图上分别分割出脊柱的棘突区域,并提取棘突特征点;

[0054] S3在每个冠状剖面投影图上,基于棘突特征点生成对应棘突曲线,同时获取曲线对应空间位置,形成棘突曲线集;

[0055] S4结合棘突曲线集及其对应空间位置构成新的矢状面投影的基准剖面;

[0056] S5利用基准剖面生成脊柱的矢状面投影图像。

[0057] 如图1b所示,是采用上述实施例在给个步骤的一种结果示意图。上述实施例的矢状面的投影成像方法,是通过对三维超声体数据进行相关处理,获取以棘突为参考的矢状投影平面空间位置。这样,得到适用于脊柱的矢状面投影成像。

[0058] 优选的,在步骤S1中,所述确定不同深度的冠状剖面投影图,包括:

[0059] S101根据皮肤表面,选择不同的深度的冠状参考平面;

[0060] S102根据选择的参考平面和三维超声体数据,使用平均合成函数生成该冠状剖面

投影图。

[0061] 如图2所示,是采用上述实施例的在某一深度的冠状剖面投影的一种结果图。

[0062] 优选的,在步骤S1中,所述记录每个冠状剖面投影图的对应空间位置,包括:

[0063] S103基于三维超声的空间位置信息,确定皮肤表面的空间位置;

[0064] S104根据皮肤表面的空间位置,确定不同深度冠状剖面投影图的对应空间位置。

[0065] 如图2所示,是采用上述实施例的在某一深度的冠状剖面投影图在对应空间位置显示的一种结果图。

[0066] 优选的,步骤S2具体包括:

[0067] S201对每幅冠状剖面投影图,采用直方图均衡化增强图像中的骨质区域;

[0068] S202根据所述增强后的冠状剖面投影图水平方向的相位信息进行分割,结合棘突在脊柱体的位置信息,获取图像中脊柱的棘突区域;

[0069] S203根据所述脊柱棘突区域,找出各横行中相位对称性最大的点作为棘突特征点。

[0070] 在步骤S201中,通过像素统计的方法获取当前冠状剖面投影图像的直方图信息,采用直方图均衡化以提高骨质区域与软组织区域的对比度,从而增强图像中的骨质特征。

[0071] 在步骤S202中,对所述增强后的当前图像进行分割提取脊柱棘突区域,包括:

[0072] 通过使用log Gabor小波获取所述增强后的当前冠状剖面投影图像中水平方向上的相位信息,并使用如下式的相位一致性测量,提取图像中类似棘突骨性特征结构的区域;

$$[0073] \quad PS(x, y) = \frac{\sum_{r=\text{水平}} \sum_s W(x, y) |A_{rs}(x, y) [|e_{rs}(x, y)| - |o_{rs}(x, y)|] - T_r|}{\sum_{r=\text{水平}} \sum_s A_{rs}(x, y) + \varepsilon}$$

[0074] 其中,PS(x,y)是在点(x,y)处的相位一致性测量;(x,y)表示图像中任意像素的坐标位置;W(x,y)是在点(x,y)处基于频率扩展的加权因子; $A_{rs}(x, y)$ 是在点(x,y)处给定尺度和方向的log Gabor小波的响应幅度; $e_{rs}(x, y)$ 是方向为r和尺度为s的log Gabor小波的是偶对称部分; $o_{rs}(x, y)$ 是方向为r和尺度为s的log Gabor小波的是奇对称部分; T_r 是噪声阈值; ε 是用于避免算式被零除的小实数;

[0075] 按照棘突结构在超声图像中的形状特性,逐渐增加log Gabor小波的带宽尺度,提取对应对称相位信息,从而进行脊柱区域的识别;

[0076] log Gabor小波的带宽尺度由 (σ_f/f_0) , f_0 是小波的中心频率。我们因此可以通过调节 σ_f 来调整log Gabor小波的带宽尺度。

[0077] 根据棘突结构在脊柱脊椎中的大小形状及位置信息,筛出不符合特定条件的疑似棘突特征区域,当识别到的脊柱区域达到一定程度时,即分割出对应的脊柱棘突区域。

[0078] 如图3a和3b所示,是采用上述实施例的在不同log Gabor小波的带宽尺度下的对称相位信息图。

[0079] 其中的最终脊柱棘突区域基于某一尺度下的对称相位信息图检测得到。如图3c所示为最终获取的图像中脊柱的棘突区域。

[0080] 在步骤S203中,对所述分割后的对所述脊柱的棘突区域,找出对应棘突的中心点作为棘突特征点。包括:

[0081] 根据所述脊柱棘突区域,从图像顶端(头部,对应胸部区域)到底端(底部,对应腰部区域)的方向逐线使用水平方向的对称相位一致性,

[0082] 根据对称相位一致性的检测结果,照纵坐标的方向逐线选取相位一致性最大的点作为棘突特征点。

[0083] 优选的,步骤S3具体包括:

[0084] S301在所述冠状剖面投影图上,使用5阶或以上的多项式曲线去拟合检测到的棘突特征点;

[0085] S302对所述棘突曲线,根据冠状参考平面的空间位置,确定棘突曲线上每个点的空间位置。

[0086] 如图4a和4b所示,是本发明的实施例在不同深度的冠状剖面投影图像中采用6阶多项式曲线拟合检测的脊柱脊椎曲线的结果图。其中白色曲线是由多项式曲线拟合生成,文字A#表明脊柱脊椎曲线拐点位置,文字A#-#表明对应冠状面上的弯曲角度。

[0087] 如图5a所示,是本发明的实施例集合不同深度的冠状剖面投影图像中棘突曲线所得到的棘突曲线集。其中白色为棘突曲线集,阴影部分为某一深度的冠状参考平面。

[0088] 优选的,步骤S4具体包括:

[0089] S401通过结合棘突曲线集及其对应空间位置,确定对应适合脊柱的矢状面投影的基准剖面。

[0090] S402通过拉伸曲线集中各棘突曲线的宽度,填补由于曲线不连续造成的投影空洞,构成一个完整的矢状面投影基准剖面。

[0091] 此步骤中,对于无法检测出脊柱曲线的投影层,可用最近邻的一条曲线平移至该层代替,通常这类层不包含棘突特征,所以该投影方法不影响最终矢状面投影图中棘突特征观察。

[0092] 如图5a,5b和5c所示,是本发明的实施例矢状面投影的基准剖面分别在视角A、视角B和视角C的示意图。

[0093] 优选的,步骤S5具体包括:

[0094] S501根据所述矢状面投影的基准剖面和三维超声体数据,使用最小合成函数生成该矢状面投影图。

[0095] 在此步骤中,通常令投影面的厚度与棘突宽度相当以完整覆盖棘突特征,由于骨质在超声图像中回波较弱,图像中通常呈现出较低的亮度,故在此选用最小值投影以完整保留棘突特征。

[0096] 图6a是本发明第一实施例通过矢状面投影成像方法得到的矢状面投影图像,如图6b所示,经手动标点测量后得到脊柱在矢状面方向上的弯曲角度,三个拐点A1、A2和A3上切线的角度分别为:12.9°、-19.5°和21.5°。

[0097] 综述,本发明的适用于脊柱的矢状面投影成像方法,提供了完整的脊柱矢状位剖面投影信息,使得利用三维超声成像进行脊柱矢状位弯曲程度的观测变得简单可行,进而更全面地监测脊柱弯曲进展。

[0098] 本说明书中的实施例采用递进的方式描述,通过上述实施例逐步详细说明了本发明的具体流程及相关实施细节。

[0099] 本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例方法中的全部或部分流程,是可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成,所述的程序可存储于一计算机可读存储介质中,该程序在执行时,可包括如上述各方法的实施例的流程。其中,所述的存储介质可为磁

碟、光盘、只读存储记忆体 (Read-Only Memory, ROM) 或随机存储记忆体 (Random Access Memory, RAM) 等。

[0100] 以上所述, 仅为本发明的具体实施方式, 但本发明的保护范围并不局限于此, 任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内, 可轻易想到的变化或替换, 都应涵盖在本发明的保护范围内。

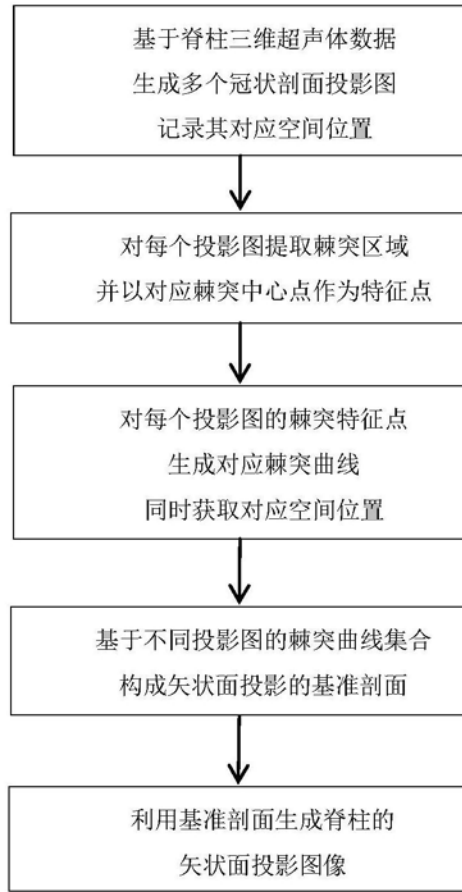


图1a

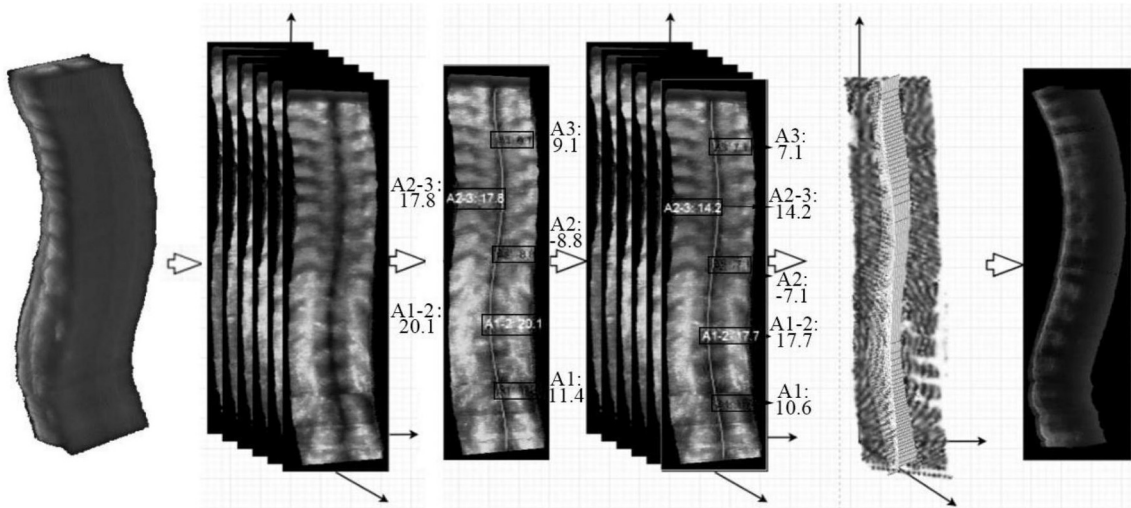


图1b

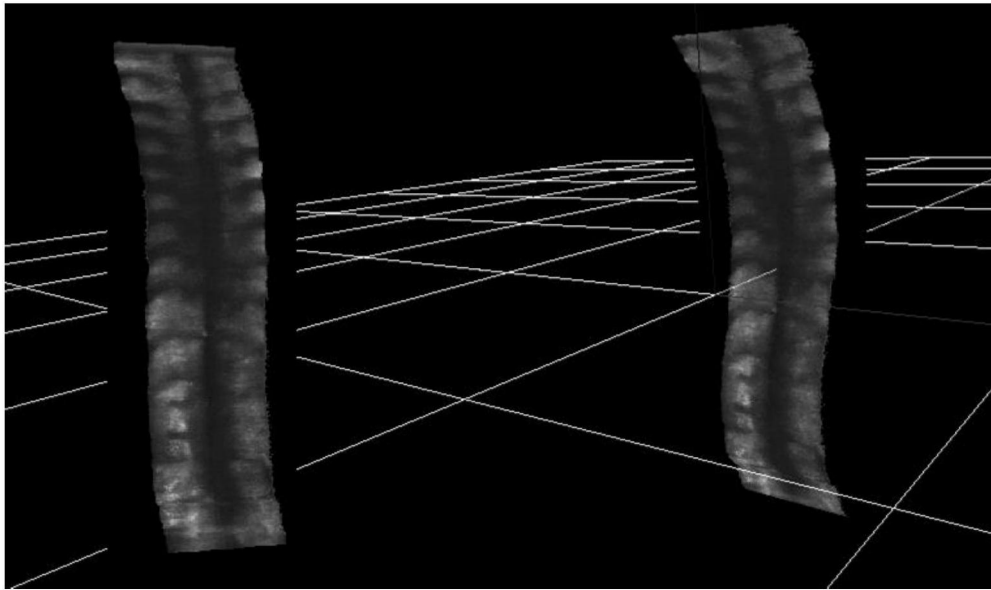


图2



图3a



图3b



图3C

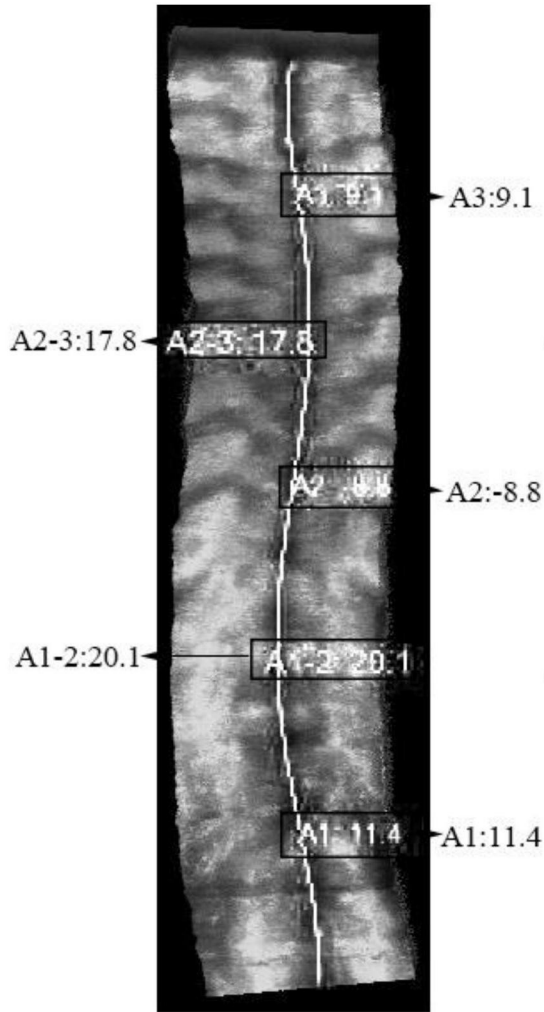


图4a



图4b

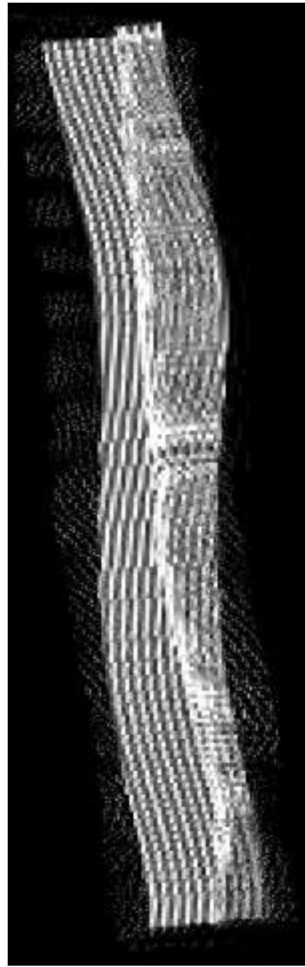


图5a



图5b

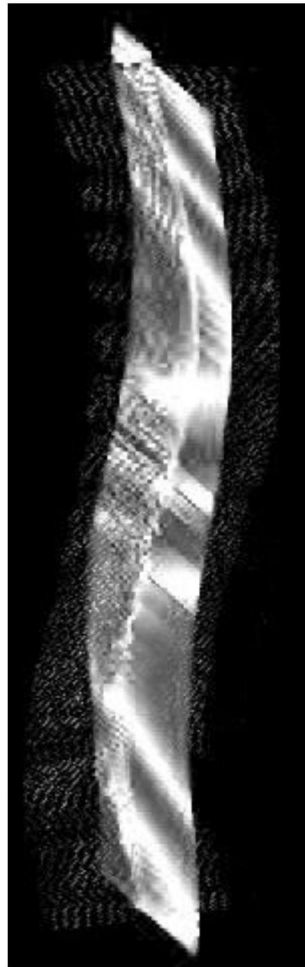


图5c

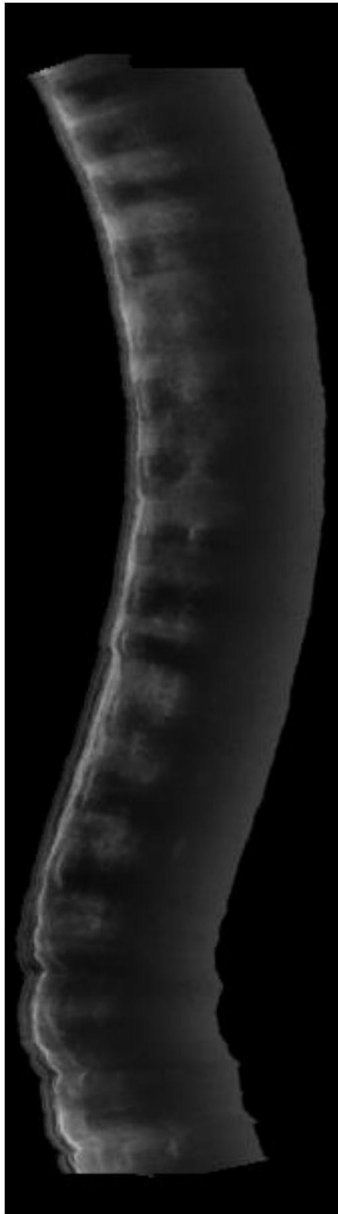


图6a

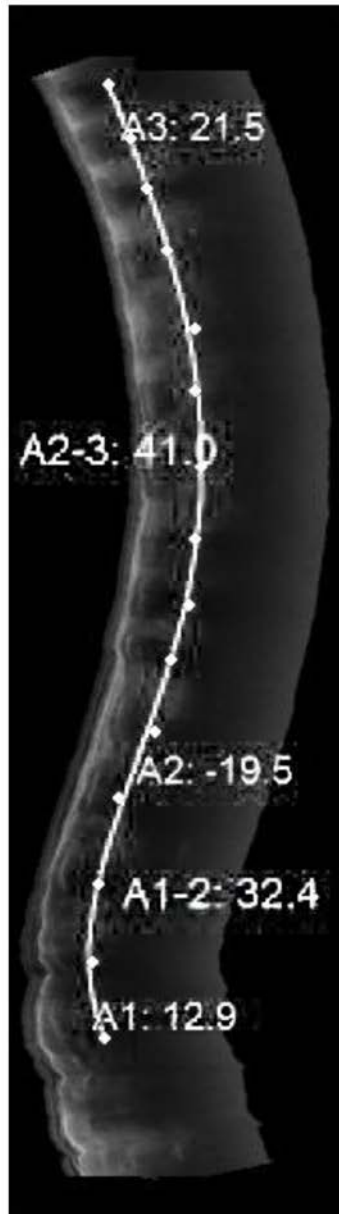


图6b

专利名称(译)	一种基于三维超声脊柱体数据的矢状面投影成像方法		
公开(公告)号	CN109965910A	公开(公告)日	2019-07-05
申请号	CN201910294059.9	申请日	2019-04-12
[标]申请(专利权)人(译)	东南大学		
申请(专利权)人(译)	东南大学		
当前申请(专利权)人(译)	东南大学		
[标]发明人	周光泉 黎东升 周平		
发明人	周光泉 黎东升 周平		
IPC分类号	A61B8/08		
CPC分类号	A61B8/0875 A61B8/483		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了一种基于三维超声脊柱体数据的矢状面投影成像方法，包括：S1基于脊柱的三维超声体数据生成多个冠状剖面投影图并记录其对应空间位置；S2在每个冠状剖面投影图上分别分割出脊柱的棘突区域，并提取棘突特征点；S3对每个投影图，基于棘突特征点生成对应棘突曲线，同时获取曲线对应空间位置；S4基于不同投影图上的棘突曲线集合成矢状面投影的基准剖面；S5利用基准剖面生成脊柱的矢状面投影图像。本发明方法使得三维超声成像可以针对脊柱弯曲生成不同的投影图像，从而提供全新的脊柱的三维畸变信息，进而提高了脊柱弯曲的测量精度。

