



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112617870 B

(45) 授权公告日 2024.05.03

(21) 申请号 202011481672.0

CN 109919943 A, 2019.06.21

(22) 申请日 2020.12.16

CN 110895809 A, 2020.03.20

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 111798976 A, 2020.10.20

申请公布号 CN 112617870 A

JP 2009219760 A, 2009.10.01

(43) 申请公布日 2021.04.09

US 2002063893 A1, 2002.05.30

(73) 专利权人 哈尔滨文缔拓明科技有限公司

US 2010145231 A1, 2010.06.10

地址 150028 黑龙江省哈尔滨市松北区智

US 2011243416 A1, 2011.10.06

谷二街3043号哈尔滨松北(深圳龙岗)

US 2019298452 A1, 2019.10.03

科技创新产业园7栋2楼211-033室

Wei Q等.An approach for fully

automatic femoralneck-shaft angle

evaluation on radiographs.《Review of

Scientific Instruments》.2020,第91卷(第1

期),第013706-1~013706-10页.

(72) 发明人 邱兆文 杨光耀

法良国.Modified Tonniss角在成人髋臼发育不良影像学诊断中的应用.《中国博士学位论文全文数据库 医药卫生科技辑》.2015,(第04期),84页.

(74) 专利代理机构 黑龙江立超同创知识产权代

理有限责任公司 23217

专利代理师 杨立超

审查员 殷鹏飞

(51) Int. Cl.

A61B 6/50 (2024.01)

(56) 对比文件

CN 109242838 A, 2019.01.18

权利要求书2页 说明书7页 附图8页

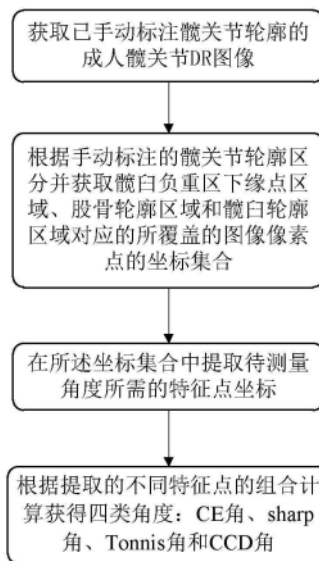
(54) 发明名称

一种基于DR图像的成人髋关节角度获取方法

(57) 摘要

一种基于DR图像的成人髋关节角度获取方法,属于医学影像技术领域,用以解决现有技术中在判断成人髋关节发育状况时由于无法获得准确的CE角、sharp角、tonnis角和CCD角而导致的判断不准确的问题。该方法首先获取已手动标注髋关节轮廓的成人髋关节DR图像;然后根据手动标注的髋关节轮廓区分并获取髋臼负重区下缘点区域、股骨轮廓区域和髋臼轮廓区域对应的所覆盖的图像像素点的坐标集合;然后在所述坐标集合中提取待测量角度所需的特征点坐标;最后根据不同的特征点组合计算获得四类角度:CE角、sharp角、Tonniss角和CCD角。本发明方法与人工手动测量得到的角度误差平均值小于4°,且本发明方法简单可靠,可应用于医生对于成人髋关节是否发育不良的诊断中。

CN 112617870 B



1. 一种基于DR图像的成人髋关节角度获取方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤一、获取已手动标注髋关节轮廓的成人髋关节DR图像;

步骤二、根据手动标注的髋关节轮廓区分并获取髋臼负重区下缘点区域、股骨轮廓区域和髋臼轮廓区域对应的所覆盖的图像像素点的坐标集合;

步骤三、在所述坐标集合中提取待测量角度所需的特征点的坐标;所述特征点包括左右两侧髋臼负重区下缘点、左右两侧髋臼外上缘点、左右两侧泪滴下缘点、左右两侧股骨头中心点、左右两侧股骨颈中点、左右两侧股骨上侧点和左右两侧股骨下侧点共七类,其中,

髋臼负重区下缘点坐标为髋臼负重区下缘点区域坐标集合中所有点的坐标的平均值;

髋臼外上缘点坐标为髋臼轮廓区域坐标集合中最外侧的点;

泪滴下缘点坐标为髋臼轮廓区域坐标集合中最下侧的点;

股骨头中心点坐标为覆盖股骨头轮廓的圆的圆心坐标;计算方法如下:连接股骨轮廓区域最上方点a和股骨轮廓区域最外侧点b获得线段ab,并作线段ab的垂直平分线L1;连接股骨轮廓区域最外侧点b和泪滴下缘点d获得线段bd,线段bd与股骨轮廓区域交于点c;连接股骨轮廓区域最上方点a和点c获得线段ac,并作线段ac的垂直平分线L2,L1与L2交汇点即为股骨头中心点;

股骨颈中点坐标为所述覆盖股骨头轮廓的圆与股骨颈轮廓区域两个交点的中点坐标;

股骨上侧点和股骨下侧点坐标计算方法如下:获取穿过小转子下方股骨固定点的上下两条平行线,每条平行线分别交股骨于左右两点,取左右两点的中点即为股骨中点,上下两条平行线的股骨中点即为股骨上侧点和股骨下侧点;其中,所述固定点包括股骨轮廓区域最下方的点和小转子下方的点;采用下述方法获得小转子下方的点:从股骨轮廓区域最下方点a1出发,经过预设步长s到达点b1,获得连接点a1和点b1的直线的斜率;然后从点b1出发,再经过预设步长s到达点c1,获得连接点b1和点c1的直线的斜率;按照上述步骤循环迭代,当相邻两次迭代获得的斜率之差的绝对值大于预设给定误差时停止迭代,则倒数第二次迭代的起始点即为小转子下方的点;

步骤四、根据步骤三中提取的不同特征点的组合计算获得四类角度:CE角、sharp角、Tonnis角和CCD角;具体步骤包括:通过连接特征点股骨头中心点和髋臼外上缘点得到线段CE1,连接左右两侧特征点股骨头中心点得到线段CE2,线段CE1和线段CE2所形成的钝角减去 90° 即为CE角的角度;通过连接特征点髋臼负重区下缘点和髋臼外上缘点得到线段Tonnis1,连接左右两侧特征点泪滴下缘点得到线段Tonnis2,线段Tonnis1和线段Tonnis2所形成的锐角即为Tonnis角的角度;通过连接特征点髋臼外上缘点和泪滴下缘点得到线段sharp1,连接左右两侧特征点泪滴下缘点得到线段sharp2,线段sharp1和线段sharp2所形成的锐角即为sharp角的角度;通过连接特征点股骨头中心点和股骨颈中点得到线段CCD1,连接特征点股骨上侧点和股骨下侧点得到线段CCD2,线段CCD1和线段CCD2所形成的钝角即为CCD角的角度。

2. 根据权利要求1所述的一种基于DR图像的成人髋关节角度获取方法,其特征在于,步骤二中所述髋臼负重区下缘点区域、股骨轮廓区域和髋臼轮廓区域均分为左右两部分。

3. 根据权利要求1所述的一种基于DR图像的成人髋关节角度获取方法,其特征在于,步骤二中以DR图像左上角顶点作为坐标系原点、纵轴向下作为X轴、横轴向右作为Y轴建立坐标系,通过自动寻找图像中连续的区域边界区分髋臼负重区下缘点区域与股骨轮廓区域或

髌臼轮廓区域,并通过坐标点数量区分股骨轮廓区域与髌臼轮廓区域。

4.根据权利要求1所述的一种基于DR图像的成人髌关节角度获取方法,其特征在于,还包括在步骤四之后,根据获得的四类角度利用支持向量机对髌关节发育情况进行自动预测分类。

一种基于DR图像的成人髋关节角度获取方法

技术领域

[0001] 本发明涉及医学影像技术领域,具体涉及一种基于DR图像的成人髋关节角度获取方法。

背景技术

[0002] 目前医生在通过观察DR图像即X光片诊断成人髋关节是否发育不良中,都是利用医院中的影像管理与归档系统(Picture Archiving and Communication Systems,PACS),手动在DR图像中测量CE角、sharp角、tonnis角和CCD角这四类角度,然后根据角度值来判断是否发育不良,但是这种纯手动测量角度的方法不仅耗时,而且不同医生的主观判断也会影响测量结果。现有技术中通过应用神经网络方法根据DR图像自动完成计算角度,比如用DCGNN分割股骨,然后用最小包含圆的方法得到股骨头中心点,进而计算CCD角(见文献1);又比如利用Mask-RCNN网络识别髋臼外上缘点和泪滴下缘点,然后计算sharp角(见文献2)。但以上方法仅局限于测量单一角度,导致医生不能利用按照以上方法获取的单一角度来判断成人髋关节的发育状况。

发明内容

[0003] 鉴于以上问题,本发明提出一种基于DR图像的成人髋关节角度获取方法,用以解决现有技术中在判断成人髋关节发育状况时由于无法获得准确的CE角、sharp角、tonnis角和CCD角而导致的判断不准确的问题。

[0004] 一种基于DR图像的成人髋关节角度获取方法,包括以下步骤:

[0005] 步骤一、获取已手动标注髋关节轮廓的成人髋关节DR图像;

[0006] 步骤二、根据手动标注的髋关节轮廓区分并获取髋臼负重区下缘点区域、股骨轮廓区域和髋臼轮廓区域对应的所覆盖的图像像素点的坐标集合;

[0007] 步骤三、在所述坐标集合中提取待测量角度所需的特征点的坐标;

[0008] 步骤四、根据步骤三中提取的不同特征点的组合计算获得四类角度:CE角、sharp角、Tonnis角和CCD角。

[0009] 进一步地,步骤二中所述髋臼负重区下缘点区域、股骨轮廓区域和髋臼轮廓区域均分为左右两部分。

[0010] 进一步地,步骤二中以DR图像左上角顶点作为坐标系原点、纵轴向下作为X轴、横轴向右作为Y轴建立坐标系,通过自动寻找图像中连续的区域边界区分髋臼负重区下缘点区域与股骨轮廓区域或髋臼轮廓区域,并通过坐标点数量区分股骨轮廓区域与髋臼轮廓区域。

[0011] 进一步地,步骤三中所述特征点包括左右两侧髋臼负重区下缘点、左右两侧髋臼外上缘点、左右两侧泪滴下缘点、左右两侧股骨头中心点、左右两侧股骨颈中点、左右两侧股骨上侧点和左右两侧股骨下侧点共七类,其中,髋臼负重区下缘点坐标为髋臼负重区下缘点区域坐标集合中X坐标点和Y坐标点的平均值;髋臼外上缘点坐标为髋臼轮廓区域坐标

集合中最外侧的点;泪滴下缘点坐标为髌臼轮廓区域坐标集合中最下侧的点;股骨头中心点坐标为覆盖股骨头轮廓的圆的圆心坐标;股骨颈中点坐标为所述覆盖股骨头轮廓的圆与股骨轮廓区域两个交点的中点坐标。

[0012] 进一步地,所述股骨头中心点坐标计算方法如下:首先,连接股骨轮廓区域最上方点a和股骨轮廓区域最外侧点b获得线段ab,并作线段ab的垂直平分线L1;然后,连接股骨轮廓区域最外侧点b和泪滴下缘点d获得线段bd,线段bd与股骨轮廓区域交于点c;最后,连接股骨轮廓区域最上方点a和点c获得线段ac,并作线段ac的垂直平分线L2,L1与L2交汇点即为股骨头中心点。

[0013] 进一步地,股骨上侧点和股骨下侧点坐标计算方法如下:获取穿过小转子下方股骨固定点的上下两条平行线,每条平行线分别交股骨于左右两点,取左右两点的中点即为股骨中点,上下两条平行线的股骨中点即为股骨上侧点和股骨下侧点;其中,所述固定点包括股骨轮廓区域最下方的点和小转子下方的点。

[0014] 进一步地,采用下述方法获得小转子下方的点:从股骨轮廓区域最下方点a1出发,经过预设步长s到达点b1,获得连接点a1和点b1的直线的斜率L1;然后从点b1出发,再经过预设步长s到达点c1,获得连接点b1和点c1的直线的斜率L2,……,按照上述步骤循环迭代,当相邻两次迭代获得的斜率之差的绝对值大于预设给定误差时停止迭代,则倒数第二次迭代的起始点即为小转子下方的点。

[0015] 进一步地,步骤四中通过连接特征点股骨头中心点和髌臼外上缘点得到线段CE1,连接左右两侧特征点股骨头中心点得到线段CE2,线段CE1和线段CE2所形成的钝角减去 90° 即为CE角的角度;通过连接特征点髌臼负重区下缘点和髌臼外上缘点得到线段Tonnis1,连接左右两侧特征点泪滴下缘点得到线段Tonnis2,线段Tonnis1和线段Tonnis2所形成的锐角即为Tonnis角的角度;通过连接特征点髌臼外上缘点和泪滴下缘点得到线段sharp1,连接左右两侧特征点泪滴下缘点得到线段sharp2,线段sharp1和线段sharp2所形成的锐角即为sharp角的角度;通过连接特征点股骨头中心点和股骨颈中点得到线段CCD1,连接特征点股骨上侧点和股骨下侧点得到线段CCD2,线段CCD1和线段CCD2所形成的钝角即为CCD角的角度。

[0016] 进一步地,还包括在步骤四之后,根据获得的四类角度利用支持向量机对髌关节发育情况进行自动预测分类。

[0017] 本发明的有益技术效果是:

[0018] 本发明提出一种从髌关节轮廓中自动提取CE、sharp、Tonnis、CCD角的方法,只需要手动勾画出髌臼、股骨的轮廓和髌臼负重区下缘点的位置,就可以在短时间内自动完成角度计算,并且可实现重复计算。本发明方法与人工手动测量得到的角度误差平均值小于 4° ,非常接近人工测量水平,本发明方法简单可靠,可应用于医生对于成人髌关节是否发育不良的诊断之中。

附图说明

[0019] 本发明可以通过参考下文中结合附图所给出的描述而得到更好的理解,其中在所有附图中使用了相同或相似的附图标记来表示相同或者相似的部件。所述附图连同下面的详细说明一起包含在本说明书中并且形成本说明书的一部分,而且用来进一步举例说明本

发明的优选实施例和解释本发明的原理和优点。

[0020] 图1示出了已手动标注髋关节轮廓的成人髋关节DR图像；

[0021] 图2示出了本发明方法的示意性流程图；

[0022] 图3示出了sharp角示意图；

[0023] 图4示出了待提取特征点示意图；

[0024] 图5示出了髋臼部分坐标点示意图；

[0025] 图6示出了拟合股骨头的圆示意图；

[0026] 图7示出了股骨颈中点示意图；

[0027] 图8示出了向量之间夹角示意图；

[0028] 图9示出了各角度标识示意图；

[0029] 图10示出了GUI流程示意图；

[0030] 图11示出了GUI轮廓勾画后示意图；

[0031] 图12示出了GUI各角度标识后示意图；

[0032] 图13示出了GUI绘制的三维散点示意图。

具体实施方式

[0033] 在下文中将结合附图对本发明的示范性实施例进行描述。为了清楚和简明起见，在说明书中并未描述实际实施方式的所有特征。然而，应该了解，在开发任何这种实际实施例的过程中必须做出很多特定于实施方式的决定，以便实现开发人员的具体目标，例如，符合与系统及业务相关的那些限制条件，并且这些限制条件可能会随着实施方式的不同而有所改变。此外，还应该了解，虽然开发工作有可能是非常复杂和费时的，但对得益于本发明内容的本领域技术人员来说，这种开发工作仅仅是例行的任务。在此，还需要说明的一点是，为了避免因不必要的细节而模糊了本发明，在附图中仅仅示出了与根据本发明的方案密切相关的装置结构和/或处理步骤，而省略了与本发明关系不大的其他细节。

[0034] 在成人髋关节发育不良诊断中，下面四类角提供了重要判断信息：

[0035] (1) CE角(Wiberg central-edgeangle)，是股骨头中心点的垂线与髋臼外上缘的夹角。1939年Wiberg首先采用测量CE角的方法评价股骨头与髋臼的关系，他认为CE角正常 $> 25^\circ$ ，如 $< 20^\circ$ 具有病理意义；1976年Fredrnsborg对CE角的测量统计，正常范围为 $25^\circ \sim 51^\circ$ ，平均为 38° 。

[0036] (2) sharp角：两侧泪滴下缘的连线和髋臼外上缘的夹角，适用于“Y”型软骨已经闭合的大龄儿童(≥ 10 岁)和成人髋关节的测量。

[0037] (3) Tonnis角：髋臼指数(Tonnis角)是指在骨盆正位X线片上，通过髋臼负重区下缘点到髋臼外上缘和两个泪滴下缘点的夹角。

[0038] (4) CCD角：股骨干纵轴线和股骨颈轴线内下方夹角为股骨颈干角(CCD角)。

[0039] 本发明提出一种从髋关节轮廓中自动提取CE、sharp、Tonnis、CCD角的方法，只需要手动勾画出髋臼、股骨的轮廓和髋臼负重区下缘点的位置，就可以在2s内自动完成角度计算，并且可实现重复计算。图1示出了已手动标注髋关节轮廓的成人髋关节DR图像。如图1所示，需要手动标注的为两部分：Y软骨点(髋臼负重区下缘点)和髋臼、股骨头等部分的轮廓，其中，五角星标注部分为Y软骨顶点(髋臼负重区下缘点)，线状勾勒标注部分为髋臼、股

骨头等轮廓。在成人髋关节发育不良的诊断中,CE角、Tonnis角、sharp角、CCD角最为常用,成为确诊髋关节发育不良的主要指标,所以在这里提出一种根据上述轮廓自动提取这四类角度的方法。

[0040] 如图2所示,提取角度主要分为三步,第一步,区分轮廓和髋臼负重区下缘点,其中轮廓分为左右髋臼轮廓、左右股骨轮廓共四条轮廓,并求出来每一条轮廓所在位置的坐标,髋臼负重区下缘点要区分左右;第二步,在轮廓中提取特征点,例如sharp角由髋臼外上缘点和泪滴下缘点相互连接而构成,如图3所示,所以首先提取特征点如髋臼外上缘点、股骨头中心点等;第三步,根据第二步中的特征点,选取相应的特征点来构造并求出角度,将这些角绘制在初始DR图像上并显示。

[0041] 下面详细介绍提取特征点和计算角度的方法步骤。因为髋关节DR图像时基本左右对称的,为方便介绍,在本发明中皆取病人右侧、髋关节DR图像左侧部分来说明,另一侧同理可以得到结果。

[0042] 第一步,首先要做的是根据图1所示输入的轮廓分辨出来髋臼负重区下缘点、股骨轮廓、髋臼轮廓三类,并且得到点和轮廓所覆盖像素点的坐标,这是后续提取特征点、计算角度的基础。如果输入标注图像为RGB图像,则将轮廓用红色线标注,将髋臼负重区下缘点用绿色点标注,分离RGB通道可以快速区分轮廓和髋臼负重区下缘点。接下来髋臼负重区下缘点可以直接根据左右坐标位置确定左右髋臼负重区下缘点;而轮廓部分,因为股骨部分的轮廓要大于髋臼部分的轮廓,在这里使用skimage中的一个函数find_contours,该函数可以自动寻找图像中连续的区域边界,并返回一个轮廓列表,列表中的每一项对应一条轮廓,其中的值为轮廓的坐标,列表的长度为轮廓的数量。这样可以得到四条轮廓的所有点坐标,因为股骨部分轮廓大于髋臼部分轮廓,因此股骨部分轮廓的坐标点数量大于髋臼部分轮廓的坐标点数量,由此可以区别髋臼轮廓和股骨轮廓。区分髋臼和股骨后,利用坐标点可以直接区分左右髋臼和左右股骨。

[0043] 第二步,因为这四类角度中存在一些共用的特征点,所以需要提取的特征点为下面这几类,因左右两侧都有,所以不再区分左右:1. 髋臼负重区下缘点、2. 髋臼外上缘点、3. 泪滴下缘点、4. 股骨头中心点、5. 股骨颈中点、6. 股骨上侧点、7. 股骨下侧点,如图4所示。以DR图像左上角顶点作为坐标系原点、纵轴向下作为X轴、横轴向右作为Y轴建立坐标系,接下来依次介绍各个特征点提取方法。

[0044] (1) 髋臼负重区下缘点:因为髋臼负重区下缘点在有些DR图像上辨认困难,有时甚至医生也难以区分,自动提取的难度很大,准确性难以保证,因此在这里标注时直接将髋臼负重区下缘点标注,如图1中点状标注部分即为髋臼负重区下缘点。因此提取该点时,只需得到点状标注部分的坐标继而可以得到髋臼负重区下缘点坐标。因为点状标注部分覆盖了多个像素点,所以在这里以点状标注部分的中心作为髋臼负重区下缘点位置,得到点状标注部分所覆盖的全部坐标后,求出x,y坐标的平均值,得到髋臼负重区下缘点坐标。

[0045] (2) 髋臼外上缘点、泪滴下缘点:在第一步轮廓区分中可以得到左右髋臼轮廓的所有坐标点,如图5所示,髋臼外上缘点就是髋臼最外侧的点,即对应于左侧最外侧的点为左侧髋臼坐标点集合里y坐标最小的点;对应于右侧最外侧的点为右侧髋臼坐标点集合里y坐标最大的点;泪滴下缘点就是髋臼最下侧的点,即对应于最下侧的点为髋臼坐标点集合里x坐标最大的点,对于左右侧髋臼同样适用;由此得到髋臼外上缘点和泪滴下缘点的坐标。

[0046] (3) 股骨头中心点:股骨头中心点就是一个能覆盖股骨头轮廓的圆的圆心,所以要求出股骨头中心点,就需要拟合出来一个最大覆盖股骨头的圆。根据“平面内,三个不共线的点可以确定一个圆”这一原理来构造出最大覆盖股骨头的圆。根据反复试验得到的结果,选取如下三点,可以得到一个较好能最大覆盖股骨头的圆:a、股骨头轮廓最上方点;b、股骨头最外侧点;c、连接股骨头最外侧点b和泪滴下缘点d得到的一条直线,该直线与股骨头轮廓交于点c,如图6所示。由上述三个点可以得到最大覆盖股骨头的圆,保证圆心是足够准确的,接下来根据此圆求圆心:连接点a和b得到线段ab,并作ab的垂直平分线L1,连接点a和c得到线段ac,并作ac的垂直平分线L2,L1与L2交于一点O,点O便是圆心。同时计算半径长度为后续使用。

[0047] (4) 股骨颈中点:如图7所示,由求股骨头中心点O得到的圆与股骨轮廓交于两点a、b,取a、b两点的中点c作为股骨颈中点。为了保证以股骨头中心为圆心的圆能够准确与股骨颈交于两点,将以股骨头中心为圆心且覆盖股骨头的圆调整偏大一些,即增大圆的半径,使该圆与股骨颈能够准确的相交于两点。通常半径增加20-30为宜。

[0048] (5) 股骨上侧点、股骨下侧点:求股骨上侧点和下侧点是为了得到股骨的中轴线,正常的股骨在X线片中,在小转子的下方是直的,所以本发明用两条平行的线穿过小转子下方的股骨,每条平行线分别交股骨于左右两个点,取这两个点的中点,那么这个中点就是股骨的中点,连接上下两条平行线与股骨所相交得到的股骨中点就是股骨中轴线。为完成这一步需要确定两条平行线该从股骨的什么位置穿过,因为采集DR图像的设备各式各样,影像医师操作不同,不同的DR图像显示出的股骨部分是不同的,有的股骨部分会显示很多,而有的股骨部分则只出现一小段,因此不能采用固定的平行线。本发明规定平行线从股骨的以下两点位置穿过:①标注的股骨轮廓最下方;②小转子下方的点。股骨轮廓最下方的点容易确定,但是需要注意的是,在一个股骨中有股骨的左右两侧轮廓线,需要选取左右两侧轮廓线中最下方的点,但是要保证在这个位置平行线可以穿过股骨左右两侧轮廓线。在选取小转子下方的点时,因为股骨的轮廓线并不是完全笔直没有任何弯曲的,并且手动标注的股骨轮廓线会出现各种偏差,所以采用下面的方法来得到小转子下方的点:从股骨轮廓最下方点a开始,设定一个步长s,从点a出发,经过步长s到达点b,求出连接点a、b的直线的斜率L1,然后令a=b,再经过步长s得到新的b,求出新的直线ab的斜率L2,如此循环迭代,设定一个终止误差 δ ,当 $|L1-L2|>\delta$ 时,便认为点b在小转子中或者股骨的轮廓出现了较大的偏差,这时便将点a作为小转子下方点,这段距离内的股骨轮廓可以看作是直的,可以替代整个股骨。这样就可以用两条平行线分别穿过小转子下方点和股骨最下方起始点,接上一步,就可以得到股骨上侧点和股骨下侧点。

[0049] 第三步,在第二步中已经得到了所需要的特征点,接下来通过组合不同的特征点来构造出四类角度:CE角、sharp角、Tonnis角、CCD角。比如CE角,连接股骨头中心点和髌臼外上缘点,连接左右两侧股骨头中心点,两条线段所形成的钝角然后减去 90° 便是CE角的角度度数。本发明中求取角度的度数时,利用的是向量之间的夹角,公式如下(1):

$$[0050] \quad \cos \theta = \frac{\vec{a} \cdot \vec{b}}{|\vec{a}| |\vec{b}|} \quad (1)$$

[0051] 如图8所示,计算右侧CE角的大小时,右侧股骨头中心点到右侧髌臼外上缘的为向

量 a ,右侧股骨头中心点到左侧股骨头中心点为向量 b ,由公式(1)得到向量 a 、 b 的夹角 θ ,CE角 $=\theta-90^\circ$ 。同理,连接髌臼负重区下缘点和髌臼外上缘点,连接左右泪滴下缘点,这两条直线所夹锐角为Tonnis角;连接髌臼外上缘点和泪滴下缘点,连接两侧泪滴下缘点,两条直线所形成的锐角为sharp角;连接股骨头中心点和股骨颈中点,连接股骨上侧点和股骨下侧点,两条直线形成的钝角为CCD角。根据公式(1)可以依次计算出来所有的角度。

[0052] 由上述步骤得到了各类特征点和各类角度,进一步使用python库matplotlib在原始X光图像上将各个特征点和角都绘制出来,如图9所示。

[0053] 为了能够方便的使用本发明方法测量角度,使用PyQt5编写了一个GUI,并将其打包为可执行文件,PyQt5具有稳定、跨平台的优势,在不同平台打包可以在不同平台上运行。图10示出了GUI流程示意图。打开一个DR图像后,需要在图像上勾画出来髌臼负重区下缘点和髌臼及股骨轮廓,在左侧Tagging部分可以选择不同的标注,如果标注错误可以使用橡皮擦擦除,或者清除全部来清空标注,勾画后的界面如图11所示。在勾画好轮廓之后点击计算角度,程序将会自动检测所勾画轮廓是否符合标准,如果错误将会给出提示,如果正确的话,将会自动计算角度,并将角度显示在右侧的表格中,在中间生成角度的示意图,如图12所示。在得到结果图片后,点击左右按钮可以查看标注图片、原始DR图像,如果对于结果不满意,可以在查看标注图片时点击修改按钮,可以对已勾画的轮廓进行修改,然后重新进行计算。在得到左右CE角、sharp角、CCD角、Tonnis角度数之后,可以手动选择分类:发育不良或发育正常或临界,然后选择保存,之后角度度数、结果图片等将会自动保存到运行伊始选择的工作目录下的对应文件夹中,后续也可以到对应文件夹或者在GUI中打开查看。另外,本发明进一步加入了一个支持向量机来进行自动分类,当数据量累积到一定数量时,可以选择进行训练分类器,数据量越大,则预测结果越准确。后面如果再有新的数据计算得到角度后,将会自动给出分类。

[0054] 进一步地,可以通过绘制散点图观察病例在空间中的分布,判断该病例的情况。在左下角可以从CE角、sharp角、Tonnis角、CCD角中任意选择其中的1-3类角度,点击绘制,将会自动读取已经测量并保存了的的角度数值,并且绘制相应的1-3维散点图,如图13所示。

[0055] 验证本发明方法的有效性和可靠性。将本发明方法与利用医院影像管理系统(PACS)中的工具进行人工手动测量角度的结果进行对比。验证实验通过本发明方法在143例髌关节DR图像上进行了标注计算,得到了相关角度;同时影像医生在PACS上手动测量这些143例DR图像的髌关节相关角度。将结果进行对比,其中,把143例数据的左右角度都归在一起,相当于286例CE角、sharp角、Tonnis角的结果,对这286例数据误差进行分析,结果如表1所示。其中,对于CCD角,影像医生只在19例DR图像上进行了测量,所以对CCD角两侧加起来共38例数据进行了统计,一同放在了表1中。

[0056] 表1自动计算与手动计算误差(单位:度)

	CE 角	Sharp 角	Tonnis 角	CCD 角
[0057] 最大值	12.32	8.75	11.4	8.03
最小值	0.03	0.01	0.005	0.11
平均值	3.51	1.98	2.785	3.05

[0058] 由表1可见,本发明方法与医生人工手动测量得到的角度误差平均值都保持在了 4° 以内,很接近人工测量水平,其中,sharp角的误差控制的更好。在结果中也出现了像CE角和Tonnis角有一些误差到达了 10° 以上,考虑这是由于手动标注轮廓时存在的一些失误而导致后来的计算出现了偏差。

[0059] 尽管根据有限数量的实施例描述了本发明,但是受益于上面的描述,本技术领域内的技术人员明白,在由此描述的本发明的范围内,可以设想其它实施例。此外,应当注意,本说明书中使用的语言主要是为了可读性和教导的目的而选择的,而不是为了解释或者限定本发明的主题而选择的。因此,在不偏离所附权利要求书的范围和精神的情况下,对于本技术领域的普通技术人员来说许多修改和变更都是显而易见的。对于本发明的范围,对本发明所做的公开是说明性的,而非限制性的,本发明的范围由所附权利要求书限定。

[0060] 本发明援引的文献如下:

[0061] [1]Wei Q,Han J,Jia Y,et al.An approach for fully automatic femoral neck-shaft angle evaluation on radiographs^[J].Review of Scientific Instruments,2020,91(1):013706.

[0062] [2]Li Q,Zhong L,Huang H,et al.Auxiliary diagnosis of developmental dysplasia of the hip by automated detection of Sharp's angle on standardized anteroposterior pelvic radiographs^[J].Medicine,2019,98(52).



图1

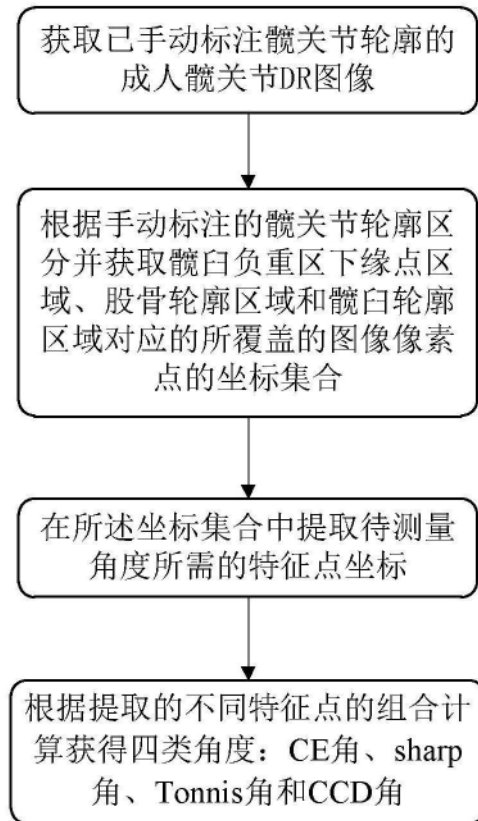


图2



图3



图4



图5

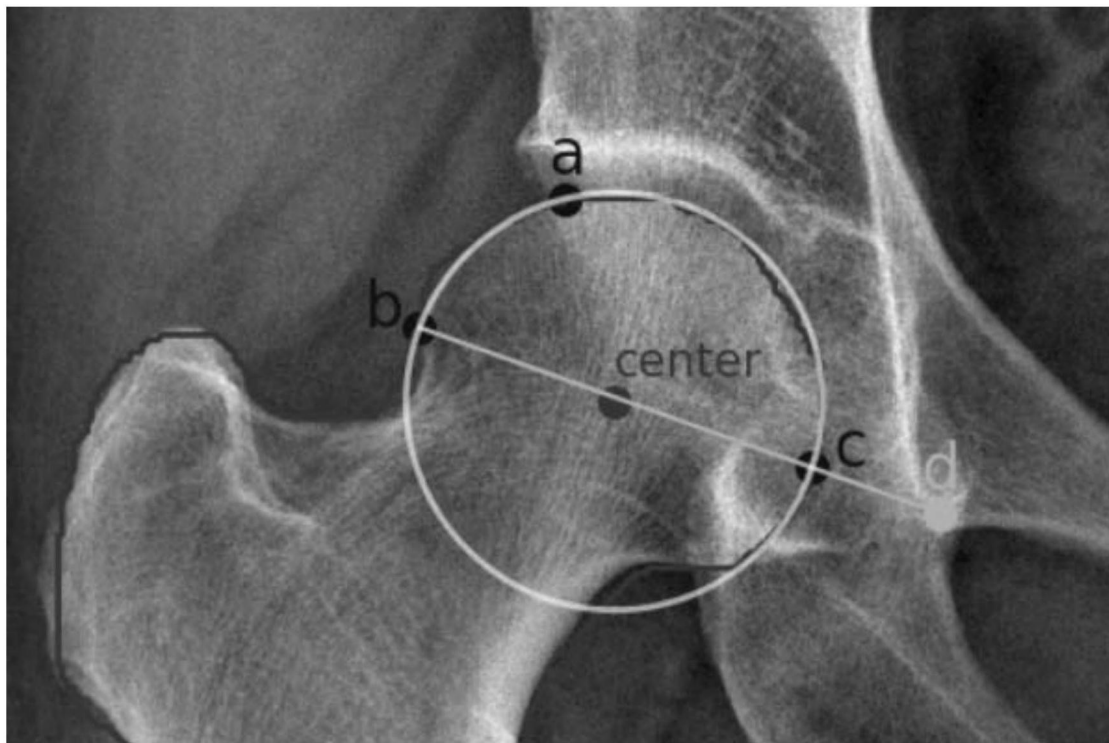


图6

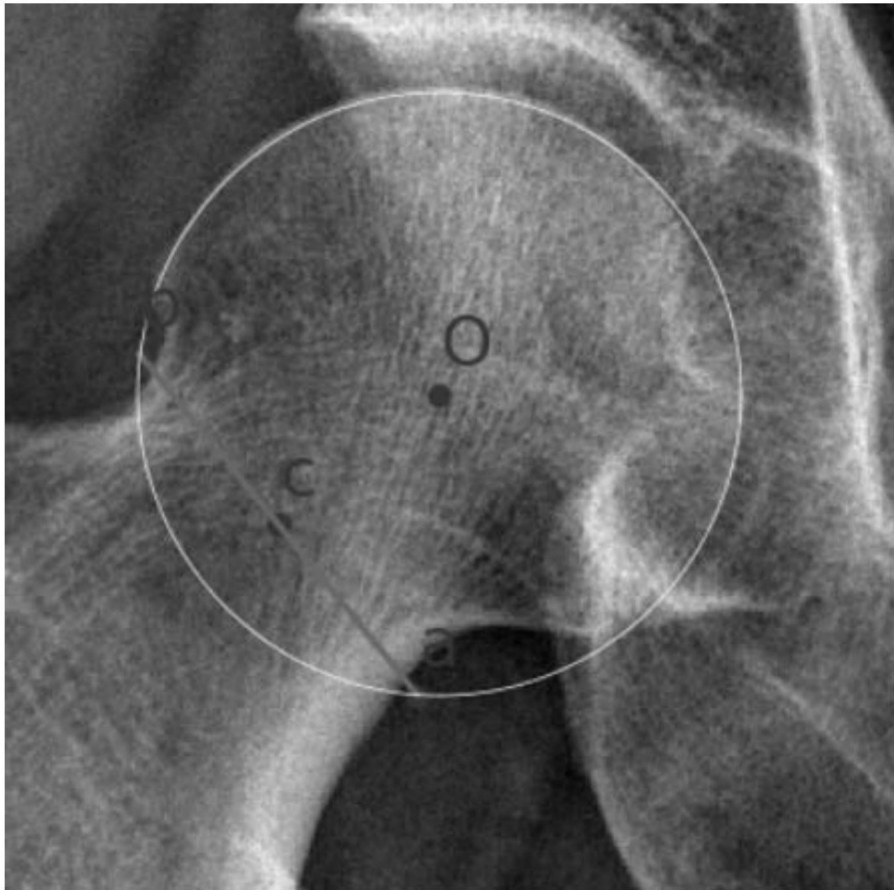


图7



图8



图9

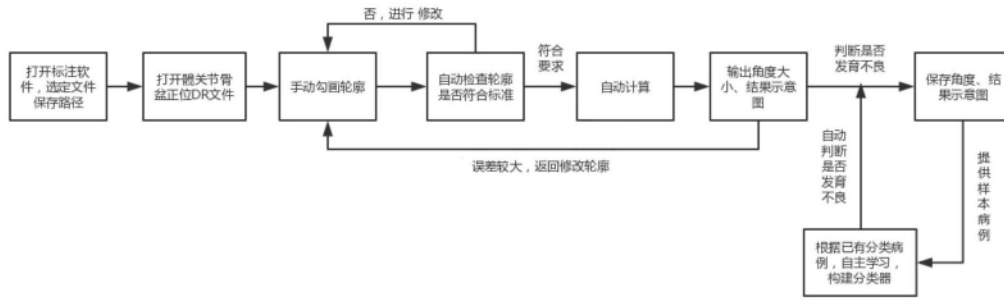


图10

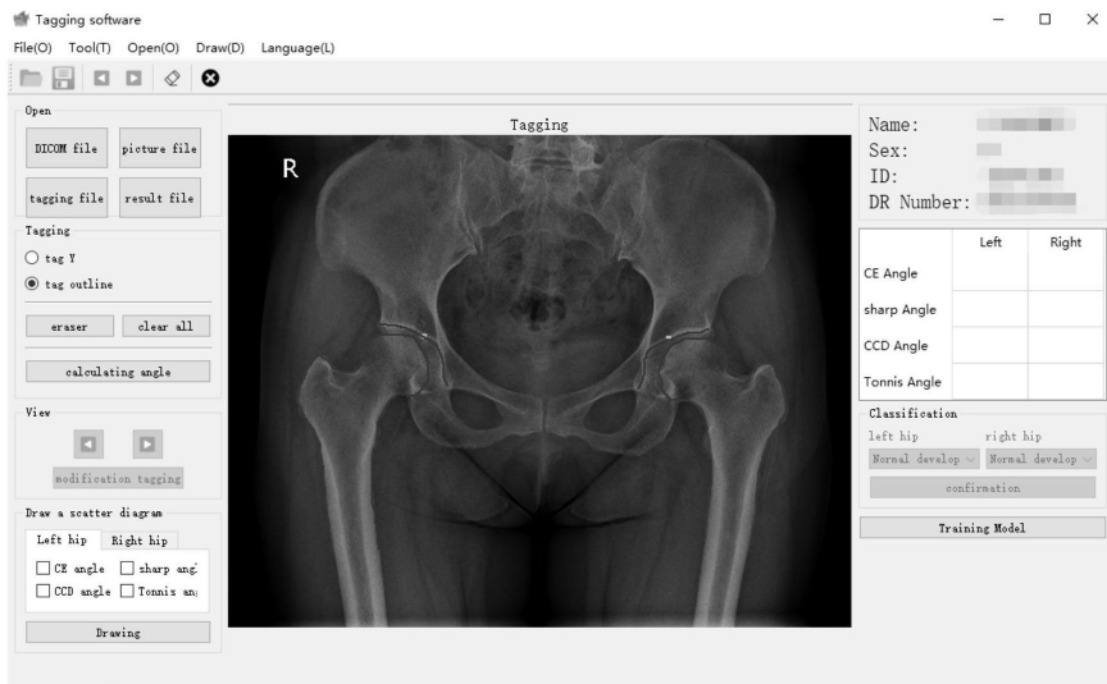


图11

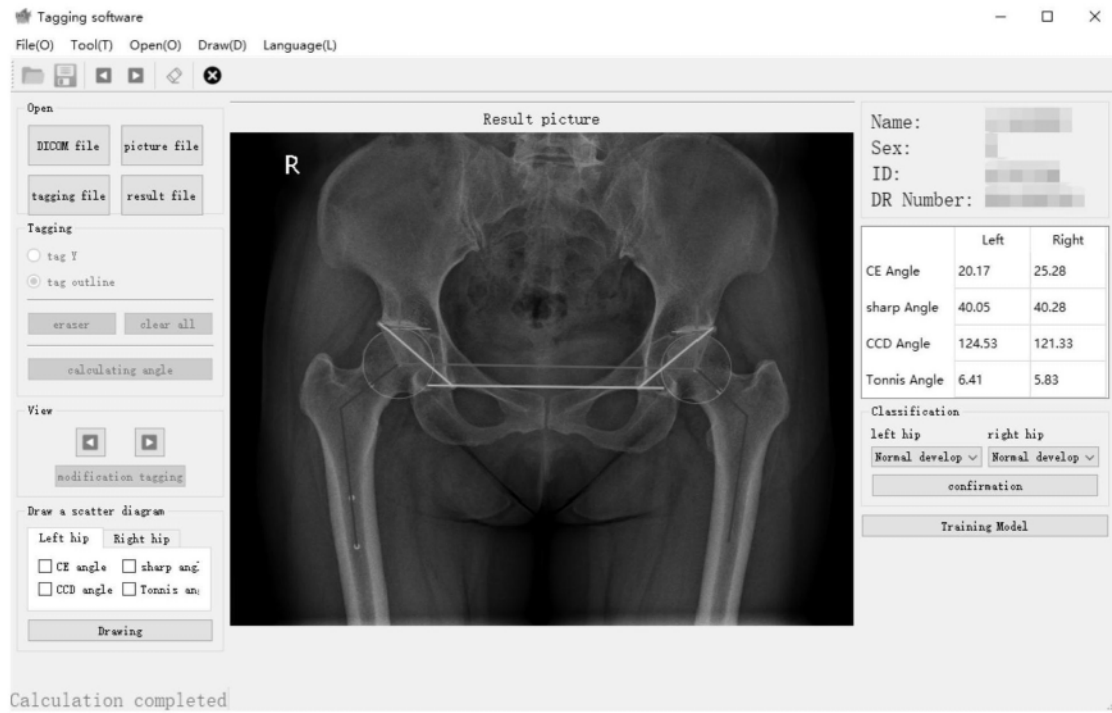


图12

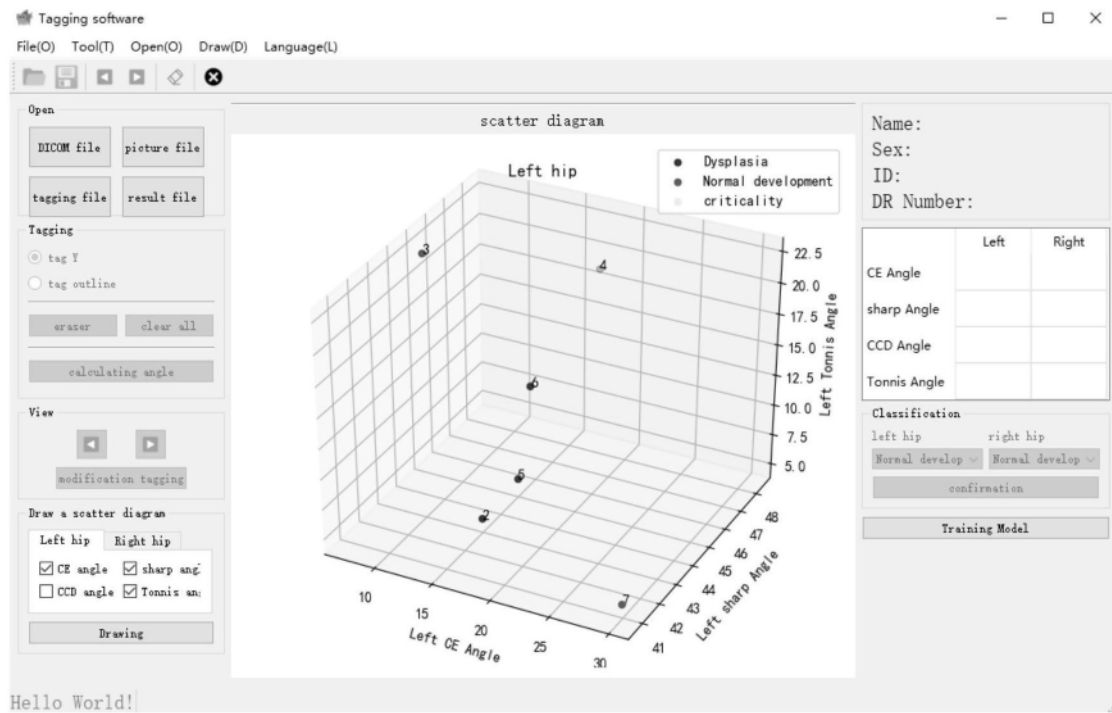


图13