

三维可视化技术在儿童股骨前倾角测量中的应用

吕洪海¹ 王 彭¹ 杜智军¹ 吴忠伟²

【摘要】 目的 探讨重建的骨-软骨复合模型在测量股骨前倾角中的临床应用价值。**方法** 对入选儿童进行 CT、MRI 扫描股骨,并通过 MIMICS 和 Geomagic 软件进行重建股骨骨骼-软骨复合模型,在 MIMICS 软件的测量模板进行定点、线、面测量前倾角。并与在断层 CT 上测量的前倾角相比较。**结果** 重建的模型更为精确,逼真;利用模板测量的前倾角值变异小,与断层 CT 上测量的前倾角有显著差异。**结论** 儿童三维股骨-软骨复合可视化模型接近真实,软件模板自动化,是测量小年龄儿童股骨前倾角的理想选择。

【关键词】 放射测量术;股骨;儿童

Application of three dimensional visual technique in measurement of anteversion of femoral neck in child. LV Hong-hai, WANG Peng, DU Zhi-jun, et al. Department of pediatric orthopedics, Rich children hospital, Nantong, 226010, China

【Abstract】 Objective To explore the application of reconstruction of femur model with cartilage in the measurement of femoral anteversion. **Methods** A femur of volunteer child was scanned by CT and MRI and multiple model with cartilage was reconstructed by MIMICS and Geomagic. After point line and plane being set with the analysis template in MIMICS, the femoral anteversion was calculated automatically by software. **Results** The 3D model of femur combined with cartilage was more visual and precise, compared to the single bone model. moreover, A significant difference was present compared to Murphy method in CT. **Conclusion** The combined bone and cartilage 3D model was close to real structure, and it will be more applied as an idealised idea to measure femoral anteversion of youner children.

【Key words】 Badiometry; Femur; Child

股骨颈前倾角是股骨颈轴与股骨冠状面所形成的夹角,不仅对髋关节的稳定性和活动提供有效的力矩,而且对于临床各种疾病的诊治如儿童髋脱位的评价和手术方式的选择,或者人工髋关节置换术后的评估等均有着重要的临床意义。因此,临床上结合影像学技术设计出各种测量方法,目的就是更为准确的测量前倾角的真实大小,从而为个体化的手术方案提供参考。但是由于儿童股骨头骨骺、股骨远端骨骺未闭合以及儿童骨骺的多样性,股骨头的形态以及股骨远端髁部形态不能显示;且鉴于目前图像分割的局限性,无法准确的对软骨以及软组织进行有效的分割,从而造成重建的模型不能真正显示出股骨的全貌,影响了测量股骨前倾角的精度。

因此,本文在前期完成儿童股骨-软骨复合模型的基础上,借助 MIMICS 软件的测量模板功能完成对儿童正常髋关节股骨前倾角的测量,为完善个体化的手术方案提供参考。

材料与方法

一、仪器与软件

仪器:CT:SIEMENS SENSATION 64 层,MRI:SIEMENS AVANTO 1.5T,计算机: Intel Celeron CPU 430 @ 1.8GHz, 1.00GB; NVIDIA GeForce 210; 软件: MIMICS10.01 (Materialise 公司,比利时), Microsoft Windows XP SP3 Geomagic Studio 9.0 (Raindrop 公司,美国)

二、方法

1. 原始数据采集:选取 1 名健康的男性志愿者,6 岁,体重 22 kg。排除异常步态,X 线排除股骨发育异常或者损伤。分别采用 CT 和 MRI 对髋膝关节

连续扫描,其中 CT 薄层扫描共获得 1488 层图片, MRI 扫描共获得 154 层图片;均以 DICOM3.0 数据 存储。CT 扫描条件:电压 120 kV;电流 416 mA;层 厚 0.7 mm;MRI 扫描条件:电压 120 kV;电流 mA; 层厚 5 mm;

2. 股骨-软骨复合三维模型重建:将 CT、MRI 的 DICOM 数据导入 MIMICS10.01,通过阈值分割,区 域增长,形态学操作,重建三维模型,并以 stl 格式导 入 Geomagic 软件中进行光顺和简片处理,分别获得 股骨和软骨三维模型,并且统一坐标系,进行装配注 册呈股骨-软骨复合模型。返回 MIMICS 中,利用多 义线拟合股骨头成球体,确定股骨头中心。

3. 设计测量股骨前倾角的模板:利用模板功能, 按步设计股骨头中点,股骨头中点、股骨颈与干的 分叉点以及股骨远端中点和股骨远端横径的两个端 点,并根据这些点设计股骨颈轴线、股骨干轴线以及 股骨远端横轴。从而生成股骨颈的外旋平面,股骨 体平面;两个平面的夹角即为股骨前倾角。

断层 CT 上前倾角的测量采用 Weiner 方法进行

测量(图 1)。骨骼重建模型上前倾角的测量采用后 处理表面建模后定股骨髁部最低点和大粗隆最低点 为股骨冠状面,以及股骨头颈的中点定股骨颈轴线, 两者之间的夹角为前倾角(图 2)。

三、统计学处理

由两组人员针对 3 种方法进行测量,结果以均 数 \pm 标准($\bar{x} \pm s$)表示。经统计学软件 SPSS16.0 做 单因素方差分析, $P < 0.05$ 为有差异有统计学意义。

结 果

通过联合 MIMICS 和 Geomagic 软件,成功建立 儿童股骨模型(图 3),不仅外观细腻,逼真,而且包 含了股骨头以及软骨成分的股骨髁部,使得股骨的 解剖结构更为精确。3 种方法测量前倾角结果显 示,Weiner 法与骨骼模型的测量结果相近,差异无 显著意义($P > 0.05$);与复合模型的测量结果有显 著差异($P < 0.01$,图 4)。

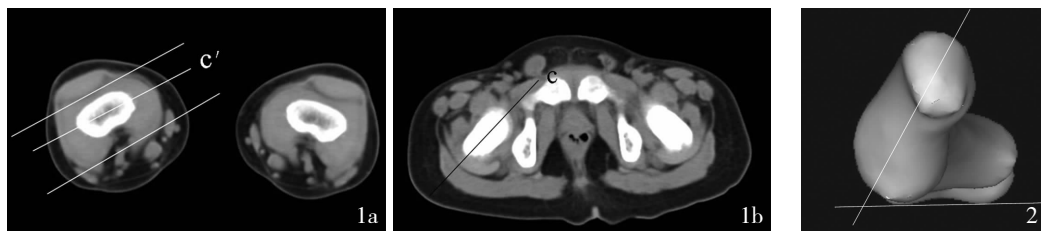


图 1 Weiner 法测量前倾角;a,c' 线为股骨髁部的平分线;b,c 线为股骨颈轴线;两线夹角即为前倾角。
图 2 三维重建骨骼模型测量前倾角,两线分别代表股骨头颈轴线和股骨远端髁部连线,两线之间的夹 角即为前倾角。

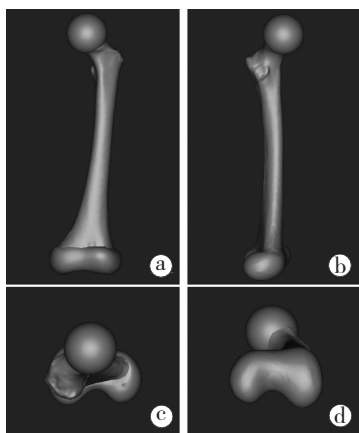


图 3

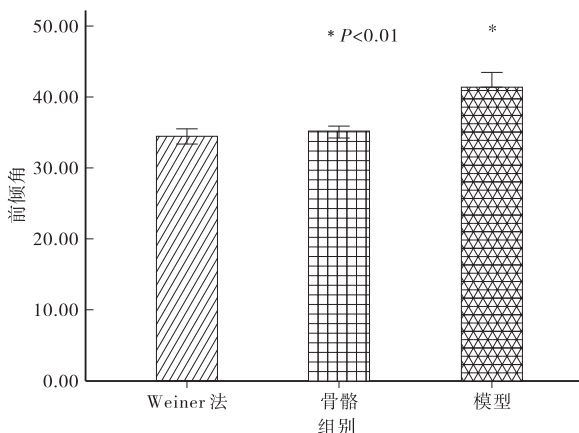


图 4

图 3 股骨骨骼的三维可视化模型;a,股骨骨骼-软骨的复合可视化模型正面相;b,股骨骨骼-软骨的复合可视化模型侧面相;c,股骨骨骼-软骨复合可视化模型的顶面相;d,股骨骨骼-软骨复合可视化模型的底面相。图 4 不同方法测量前倾角结果。

讨 论

1954 年 Billing^[1] 首先将股骨前倾角定义为股骨颈所在平面与股骨长轴所在平面之间的夹角。测量一般由两大部分组成,前倾平面即股骨颈平面,由股骨颈的轴线与股骨干的轴线组成,股骨颈的轴线由股骨头的中心与股骨颈基底部中心的连线;髁平面:股骨干的轴线与髁轴所确定的平面,其中髁轴为平行于股骨髁最后部两点的连线并穿过膝部中心点的直线。股骨前倾角不仅增加了髁关节的活动范围,提高了步态的稳定性,而且对于儿童髁脱位、成人髁关节置换等有着重要意义。

对于发育性髁脱位患者,由于髁关节的正常解剖结构发生改变,股骨头失去髁臼的正常支撑,生物力学的性质发生变化,从而对股骨近端的生长发育产生影响,导致发育性髁脱位患者的前倾角增大。过大的前倾角导致髁臼对其覆盖不足,易发生再脱位或者残余髁发育不良以致早期骨关节炎改变,进一步恶化了股骨头的生物力学环境。而发育性髁脱位手术的目的是恢复髁关节的同心圆解剖结构,通过手术截骨矫正前倾角恢复正常解剖结构关系有着重要意义。因此,术前精确测量前倾角的大小至关重要。

随着影像学技术的发展,对于前倾角的测量经历着日新月异的演变,从最初的 X 线片测量,二维 CT 测量,到目前的三维 CT 测量法等,但是不同测量方法得出的结果仍有一定的差异^[2-5]。提示前倾角的测量精度还有待于进一步提高。从文献报道来看,三维 CT 的测量结果更接近于标本的测量结果。孙客^[6]通过三维 CT 测量出儿童髁脱位的脱位侧股骨颈前倾角较对照正常侧明显增大,但是文献中提供的诸多测量方法包括 CT 重建的模型大多为成熟的骨骼模型,缺乏股骨头软骨以及股骨髁部软骨,且其本质仍为在二维平面上测量前倾角,因此,其测量方法对于大龄儿童以及成年人有着较好的适用范围,而对于小龄儿童则有一定的局限性。马信龙等^[7]借助 MIMICS 软件,将股骨头拟合成球体以及股骨颈的轴线和股骨干的轴线,从而可以精确测量出前倾角的大小,真正意义上从三维的角度提供测量方法。

但是,儿童股骨头早期骺板未闭合,骨骺的发育不完善,软骨成分在 CT 上不显影,从而导致重建时

无法真正显示股骨头的大小,也不能精确确定股骨头中心。对于发育性髁脱位,股骨头长期受到异常应力的作用,股骨近端包括股骨头、股骨颈等多个解剖结构发生空间结构的多维变化,股骨头颈的轴线往往不是一条通过其轴心的直线,这样就为精确测量前倾角增添困难。

另外由于软骨及其他相邻软组织在 CT 图像上的 CT 值接近,造成图像分割困难,而根据 MRI 扫描数据重建出的软骨模型外观粗糙,不能了解软骨的细节变化。因此,本文在手动图像分割的基础上,借助逆向工程软件重建出光滑的股骨软骨,为测量儿童股骨前倾角提供了有力的依据。且依靠 MIMICS 软件的自动化测量模板,使得人工测量误差进一步得到降低。

本方法的重点在于模型的构建,而模型的构建最为关键的是对软骨图像的有效分割,同时为了制成更为精确的模型,各组件的装配环节亦尤为重要,稍有偏差将对前倾角的测量造成显著的差错。因此,对局部解剖结构的掌握以及对软件的熟练应用,会使得重建模型达到事半功倍的效果。

参 考 文 献

- 1 Billing L. Roentgen examination of the proximal femur end in children and adolescents; a standardized technique also suitable for determination of the collum -, anteversion -, and epiphyseal angles; a study of slipped epiphysis and coxa plana [J]. Acta Radiol Suppl. 1954, 1 10:1-80.
- 2 杨军林,肖学军,彭成宏,等. 单张 X 线片法与 CT 法测量股骨颈前倾角的比较[J]. 中华创伤骨科杂志, 2004, (12):1356-1361.
- 3 Murphy SB, Simon SR, Kijeski PK, et al. Femoral anteversion [J]. J Bone Joint Surg Am. 1987, 69(8):1169-1176.
- 4 Sugano N, Noble PC, Kamaric E. A comparison of alternative methods of measuring femoral anteversion[J]. J Comput Assist Tomogr. 1998, 22(4):610-614.
- 5 柳达,马瑞雪,吉士俊. 利用螺旋 CT 的三维重建技术测量股骨颈前倾角[J]. 中华小儿外科杂志, 2002, 23(6):526-530.
- 6 孙客,唐盛平,覃均昌,等. 三维计算机 X 线断层照像术测量股骨颈前倾角在发育性髁关节脱位治疗中的应用[J]. 实用儿科临床杂志. 2006, 21(2):122-124.
- 7 马信龙,张清功,马剑雄,等. 应用三维重建测量股骨颈前倾角的计算机方法研究[J]. 生物医学工程与临床, 2009, 13(5):382-386.