

## EOS 2D 与 3D 测量双下肢各参数可靠性和稳定性的对比研究

黄小颜, 陈琳, 柏瑞, 邱迎伟

**【摘要】 目的:**对比研究 EOS 2D 与 3D 测量在双下肢冠、矢状面各参数中的可靠性和稳定性。**方法:**搜集 2019—2020 年 1 年内于本影像中心行双下肢或全身 EOS 检查的 50 例患者,两位医师对 50 例患者的影像数据进行 2D 和 3D 测量,保存所得数据,生成 Excel 表格并进行统计学分析。采取一致性检验对各测量参数进行分析,并计算出组内相关系数和组间一致性相关系数。**结果:**除股骨外翻角外, EOS 2D 与 3D 测量各组的组内相关系数与组间一致性相关系数均  $>0.9$ ,表示两者一致性极佳;股骨外翻角的组内相关系数和组间一致性相关系数亦均  $>0.6$ ;进一步的线性回归模型分析结果也显示各测量参数的 2D 与 3D 测量之间显著相关(皮尔森系数  $r > 0.80$ );Bland-Altman 图显示大于 92%(4/50)的点在均值为  $\pm 1.96$  标准差范围内,显示两种测量方式具备较好的一致性和稳定性。**结论:**EOS 常规 2D 与 3D 两种测量方式结果无差异统计学意义,两者都具备较高的可靠性和稳定性。

**【关键词】** EOS 成像系统; 2D 测量; 3D 测量; 双下肢; 可靠性; 稳定性

**【中图分类号】** R681.8; R814.41 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2022)05-0621-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2022.05.017

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



**A comparative study on the reliability and stability of EOS 2D and 3D measurement of the parameters of both lower limbs** HUANG Xiao-yan, CHEN Lin, BAI Rui, et al. Department of Radiology, Gosun Medical Imaging Diagnosis Center, Guangzhou 510010, China

**【Abstract】 Objective:** To compare the reliability and stability of EOS 2D and 3D measurements in the coronal and sagittal planes of the lower limbs. **Methods:** To collect 50 patients who has performed the EOS examination of the lower extremities or the whole body at our medical imaging center during 2019—2020. 2D and 3D measurements were performed by two doctors independently. The consistency test was adopted to analyze the measurement parameters, and the intra-group correlation coefficient (ICC) and the inter-group consistency correlation coefficient were calculated. **Results:** Except for the femoral valgus angle, the ICC and the inter-group consistency correlation coefficient of each group of EOS 2D measurement and 3D measurement are all  $> 0.9$ , indicating excellent agreement; the ICC of the femoral valgus angle and the inter-group agreement correlation coefficients are also  $> 0.6$ ; further linear regression model analysis shows a significant correlation between the 2D and 3D measurement of each measurement parameter (Pearson coefficient  $r > 0.80$ ); Bland-Altman diagram shows Points greater than 92% (46/50) are within  $\pm 1.96$  standard deviation of the mean, indicating good consistency and stability. **Conclusion:** There is no statistically significant difference between EOS conventional 2D and 3D measurement methods, both of which have high reliability and stability.

**【Key words】** EOS imaging system; 2D measurement; 3D measurement; Both lower limbs; Reliability; Stability

EOS 成像系统是法国 EOS 影像公司推出的一种具备低剂量、双平面成像优势的 X 射线影像采集系统设备,系统带有 Stero 工作站,具有强大的图像处理功

能。Stero EOS 2D 可以对下肢、脊柱进行精准测量,除此之外, Stero EOS 3D 后处理软件还可以进行三维建模,迅速获得临床常用的多个参数。EOS 成像技术患者受辐射剂量低、扫描时间短、图像质量高<sup>[1]</sup>,还可进行三维建模,在骨关节类疾病特别是在脊柱和下肢畸形的诊疗中具有广阔的应用前景<sup>[2]</sup>。

**作者单位:** 510010 广州, 高尚医学影像诊断中心放射科(黄小颜、陈琳、柏瑞); 510140 广州, 广州医科大学附属第三医院(黄小颜、邱迎伟)

**作者简介:** 黄小颜(1988—), 女, 广东人, 硕士研究生, 主治医师, 主要从事骨关节系统影像诊断工作。

**通讯作者:** 柏瑞, E-mail: Bairuigzzyy@sina.com

本研究拟对患者双下肢 EOS 全长片进行常规 2D

和 3D 测量,对所得共有参数进行比较及统计学分析,旨在对比两种测量方式在双下肢冠、矢状面参数中的可靠性和稳定性。

## 材料与方法

### 1.研究对象

搜集 2019 年 2 月—2020 年 2 月于本影像中心进行检查且具有完整双下肢影像资料的患者。病例纳入标准:具备完整的后前位及侧位 EOS 双下肢全长片或全身全长片。病例排除标准:图像不清晰导致数据测量不准确的影像片。

本研究最终共纳入 50 例患者,就诊时年龄为 7~71 岁,平均年龄 31.6 岁。

### 2.影像学测量及评估

所有患者均进行站立负重位 EOS 全身或双下肢正侧位摄片。摄片时患者为自然站立状态,双腿分开约 20 cm,双手放于杆上<sup>[3]</sup>,双上肢自然摆放于胸前,为方便测量时区分左右腿,摄片时患者左右腿稍错开,右腿在前,两套成像系统同时运行,同时获得正侧位图像。医师根据纳入、排除标准选择入组患者,由一位高年资医师明确统一测量标准,说明注意事项,另外两位医师对每一位患者都在 Stero EOS 后处理工作站分别进行 2D 和 3D 测量,保存所得参数并各自生成一套 Excel 表格,后期对测量数据进行整合、制表及统计学

分析。

### 3.统计学分析

采用 MedCalc 20.0.3.0 软件进行统计学分析。各数据结果经过统计学检验均符合正态分布。计算组内相关系数(intra-class correlation coefficient, ICC)衡量和评价 2D 与 3D 测量组内观察者间的准确度,计算一致性相关系数衡量与评价 2D 与 3D 两种测量方式的一致性,测量结果以 95%可信区间表示。组内/组间相关系数 $<0.25$  表示一致性较差,0.25~0.49 表示一致性较低,0.50~0.69 表示一致性中等,0.70~0.89 表示一致性较好,0.90~1.00 表示一致性极佳。采取 Deming 模型进行回归分析比较两种测量方式的一致性,Bland-Altman 分析可进一步可视化一致性检测结果,Bland-Altman 图可显示平均测量值及其差异的散点图,假如一致性较好、稳定性高,那么差异应随机地散布在零差异参考线周围。

## 结果

采用 EOS 系统自带的 Stero 工作站对影像数据分别进行 2D 和 3D 精准测量及三维重建,自动报告相关冠、矢状面参数(图 1~6),选取两者共有的参数进行统计学分析,冠状面测量参数包括:股骨长度(Femur length)、胫骨长度(Tibia length)、下肢力线长度(Functional length)、解剖学长度(Anatomical

表 1 EOS 2D 与 3D 测量组内同类相关系数和组间一致性相关系数

指标	n	组内同类相关系数				组间一致性相关系数		
		2D		3D		测量者 1	测量者 2	测量者平均值
		同类相关系数	95% CI	同类相关系数	95% CI			
股骨长度								
右侧	50	0.9991	0.9984~0.9995	0.9994	0.9990~0.9997	0.9969	0.9985	0.9982
左侧	50	0.9988	0.9978~0.9993	0.9994	0.9989~0.9996	0.9984	0.9980	0.9987
胫骨长度								
右侧	50	0.9981	0.9966~0.9989	0.9975	0.9956~0.9986	0.9948	0.9988	0.9979
左侧	50	0.9986	0.9975~0.9992	0.9972	0.9950~0.9984	0.9938	0.9981	0.9974
下肢力线长度								
右侧	50	0.9998	0.9997~0.9999	0.9996	0.9992~0.9998	0.9993	0.9998	0.9997
左侧	50	0.9998	0.9997~0.9999	0.9995	0.9991~0.9997	0.9994	0.9997	0.9997
解剖学长度								
右侧	50	0.9994	0.9989~0.9996	0.9993	0.9987~0.9996	0.9967	0.9993	0.9985
左侧	50	0.9993	0.9988~0.9996	0.9993	0.9988~0.9996	0.9976	0.999	0.9986
股骨头直径								
右侧	50	0.9723	0.9517~0.9842	0.9684	0.9450~0.9819	0.9720	0.9492	0.9731
左侧	50	0.9676	0.9436~0.9815	0.9622	0.9343~0.9784	0.9513	0.9325	0.9645
膝内外翻角								
右侧	50	0.9547	0.9216~0.9741	0.9471	0.9085~0.9696	0.9642	0.9481	0.9688
左侧	50	0.8902	0.8142~0.9362	0.9768	0.9595~0.9868	0.9507	0.9372	0.9675
屈曲过伸角								
右侧	50	0.9813	0.9674~0.9894	0.9700	0.9478~0.9829	0.9760	0.9939	0.9933
左侧	50	0.9436	0.9027~0.9676	0.9629	0.9355~0.9788	0.9467	0.9798	0.9793
股骨外翻角								
右侧	50	0.7483	0.5954~0.8490	0.8695	0.7809~0.9238	0.7288	0.7867	0.8855
左侧	50	0.6138	0.4067~0.7608	0.7557	0.6061~0.8536	0.6946	0.7098	0.8051

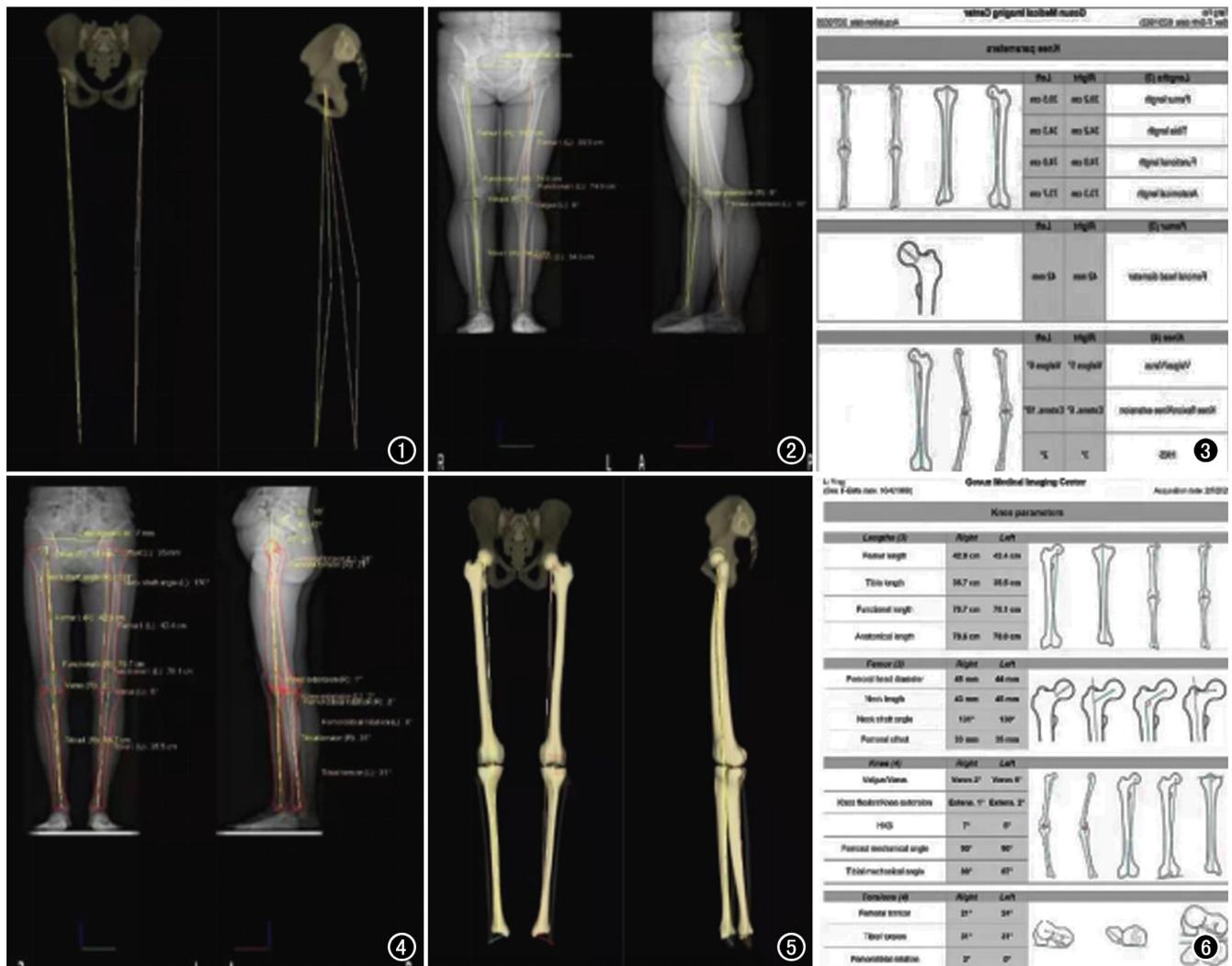


图1 2D测量平面数据图。图2 正侧位二维空间效果图。图3 2D测量数据表。图4 3D测量平面数据图。图5 正侧位三维空间效果图。图6 3D测量数据表。

length)、股骨头直径(Femoral head diameter);矢状面测量参数包括:膝关节内外翻(Valgus/Varus)、屈曲过伸(Knee flexion/Knee extension)、股骨外翻角(HKS)。

统计学分析结果显示除股骨外翻角外,EOS 2D测量与3D测量各组 ICC与组间一致性相关系数均 $>0.9$ (表1),股骨外翻角 ICC与组间一致性相关系数均 $>0.6$ ;表明2D与3D两种测量方法均具备较高的可靠性和稳定性。

进一步的线性回归模型分析结果也显示了各测量参数的2D与3D测量之间的显著相关性(皮尔森系数 $r>0.80$ );除股骨外翻角组外,各参数组的皮尔森系数均大于0.97,显示极强的相关性。

Bland-Altman图显示大于92%(4/50)的点在均值为 $\pm 1.96$ 标准差范围内(图7),显示两种测量方式具备较好的一致性和稳定性。

## 讨论

EOS成像系统又称双向负重位全长摄影,是由正、侧位两套成像球管和探测器同时运作的X线成像技术设备,它运用了由乔治·夏帕克(Georges Charpak)发明的一种新型粒子探测器,而且是一种创新的线性扫描技术<sup>[4-5]</sup>。EOS成像系统以受检者为参考平面,采用双球管-双高效能探测器系统,球管-球管之间、探测器-探测器之间在水平面上相互垂直,结合线性扫描技术,实现人体正侧位双平面的同时扫描成像(图8~10)。EOS是负重位成像,一次采集即可同时得到不失真的负重位下正、侧位图像,这样不但可以减少X线辐射剂量,还能缩短检查时间,能准确真实地显示全身骨关节解剖。温华昌等<sup>[6]</sup>研究表明负重位下动态DR多角度摄影相比于传统常规卧位DR摄影在膝关节中能更真实反映骨性关节面、关节面下骨质及关节间隙的变化,可获得更多的影像学信息及减少骨

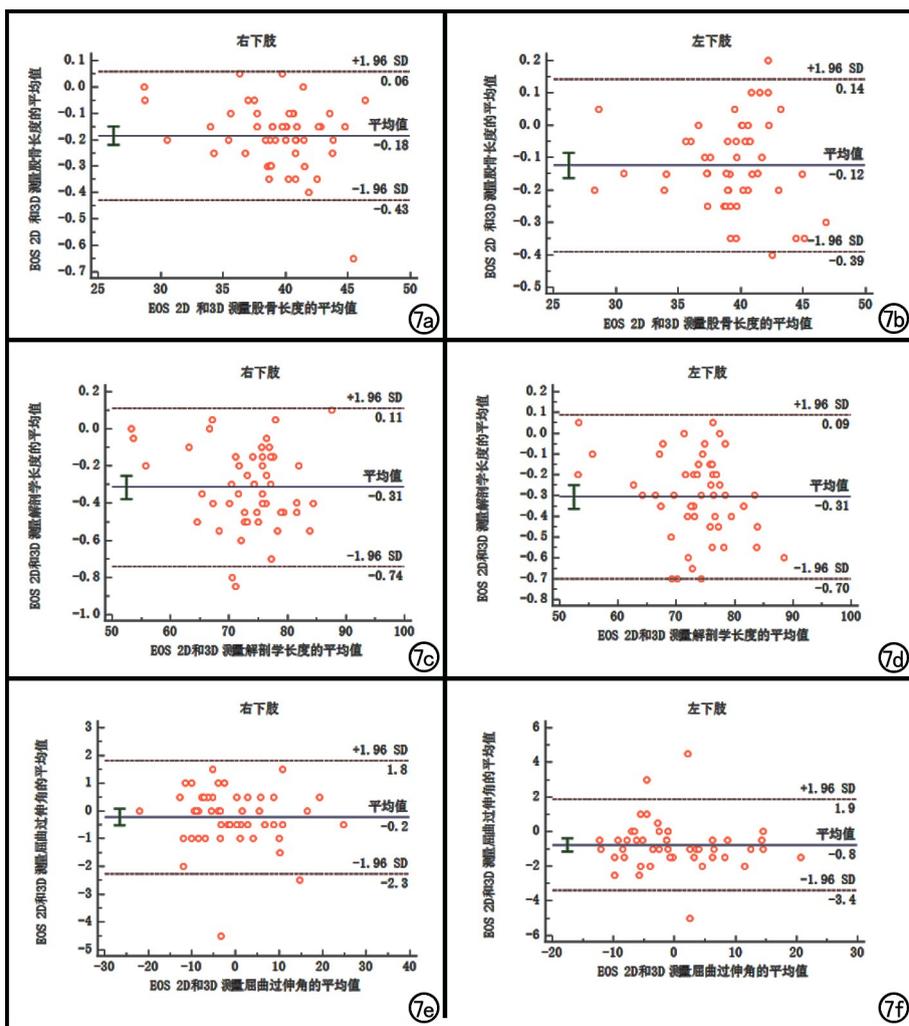


图7 EOS 2D与3D测量参数平均值的Bland-Altman图(因测量参数较多,本文只列举了部分参数的Bland-Altman图,其余参数Bland-Altman图大于92%(4/50)的点在均值为±1.96标准差范围内)。a)右下肢股骨长度平均值的Bland-Altman图;b)左下肢股骨长度平均值的Bland-Altman图;c)右下肢解剖学长度平均值的Bland-Altman图;d)左下肢解剖学长度平均值的Bland-Altman图;e)右下肢屈曲过伸角平均值的Bland-Altman图;f)左下肢屈曲过伸角平均值的Bland-Altman图。

骼的重叠,在膝骨关节炎诊断方面具有良好的应用效果。

EOS数据后处理分为常规2D测量和3D测量两种方式,本文回顾性分析1年内符合纳入研究标准的影像片,两位医师对每例患者均进行2D和3D测量,以探讨这两种测量方式的准确性和稳定性。经统计学分析发现除股骨外翻角外,EOS 2D与3D测量各组组内相关系数(ICC)与组间一致性相关系数均 $>0.9$ ,股骨外翻角组内相关系数(ICC)与组间一致性相关系数均 $>0.6$ ;表示2D与3D两种测量方法均具备较高的可靠性和稳定性。并且Bland-Altman图显示大于92%(4/50)的点在均值为±1.96标准差范围内,显示两种测量方式具备较好的一致性和稳定性。经过对比研究发现EOS 2D与3D两种测量方式结果差异无统计学意义,它们都具备较高的可靠性和稳定性。

EOS 2D测量步骤简单,用时短、误差较小,是目前临床常用的测量方法,可获得临床常用的多个参数。EOS系统自带后处理工作站,与普通平片手工测量相比,EOS可自动生成数据表格,测量结果更加准确。而EOS 3D测量和CT都可进行三维建模,其测量步骤繁琐、用时较长,受测量诸多

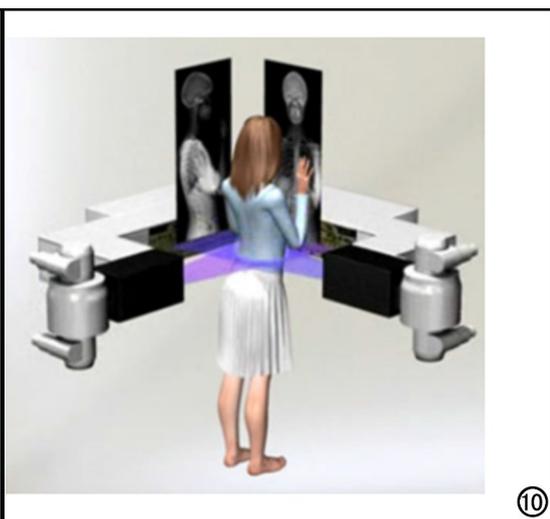
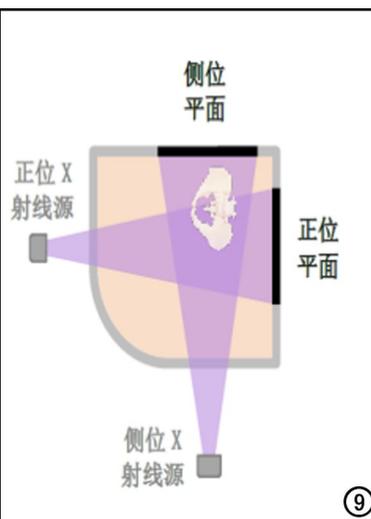
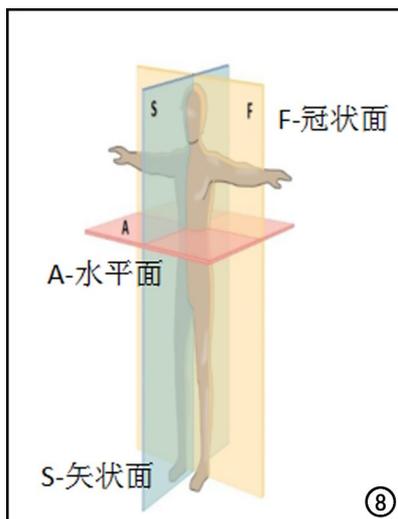


图8 患者参考坐标系。

图9 放射线参考坐标系。

图10 患者正侧位同时成像。

因素影响,如测量者的经验水平、测量仪器和测量方式本身存在的误差等,一般误差相对 2D 测量稍大,但经过专业的技术人员培训后可缩小其误差,与 2D 测量结果相当,而且 3D 测量可获得更多的参数。两种测量方法各有优势,而且所得各参数均具有不同的临床价值,如下肢力线长度是全膝关节置换术(TKA)中一个重要参数,下肢力线的准确性决定能否在术中正确安放假体,术后假体的使用寿命在某种程度上亦取决于下肢力线是否合适<sup>[7]</sup>,临床医生可通过患者自身病情发展需要选择合适的测量方式,以指导临床精准治疗、随访及术后评估等。

Guenoun 等<sup>[8]</sup>对 25 例拟行全膝关节置换术(TKA)的患者均行 EOS 2D 和 3D 测量其下肢各参数,包括胫骨长度、股骨长度、股骨头直径、胫骨前倾角等,并分析测量结果,结果显示两种测量方式准确性都较高,本研究结果与此相符,而且 3D 测量较 2D 测量具备三维重建的优势。为了进一步评估 EOS 3D 重建对肢体长度以及各角度准确性的测量,Guenoun 等<sup>[8]</sup>对 8 个干燥骨标本均进行 EOS 3D 和 CT 重建测量,发现两种测量方式结果相仿,EOS 辐射剂量较 CT 低。因此 EOS 3D 建模测量在对膝和髋关节置换术前评估及术后对假体位置的评价方面都具有很好的临床指导作用<sup>[9-10]</sup>。

综上所述,EOS 负重位成像获得的是人体自然站立状态下的影像,一次性正侧位 1:1 同时成像,扫描速度快,辐射剂量小,无影像失真无需进行拼接,在此基础上进行的测量和评估更具临床价值,而且 EOS 2D 与 3D 两种测量方式均具备较高的可靠性和稳定性,相比传统的双下肢全长拼接片,手工误差小,准确性更高,更适用于临床诊疗。但目前国内较少医疗机

构引进此设备,其应用处于起步阶段,国内相关研究较少,对于其辐射剂量、测量准确性及诊疗应用等方面都需在国内进行进一步研究和探索。

#### 参考文献:

- [1] 唐密,毕帆,王龙辰,等.EOS X 射线影像采集系统技术评估与应用分析[J].中国医疗设备,2016,31(10):13-15.
- [2] Illés T,Somoskey S.The EOS imaging system and its uses in daily orthopaedic practice[J].Int Orthop,2012,36(7):1325-1331.
- [3] Morvan G,Mathieu P,Vuillemin V,et al.Standardized way for imaging of the sagittal spinal balance[J].Eur Spine J,2011,20(Suppl 5):602-608.
- [4] Ortiz A.The EOS imaging system:promising technology in skeletal imaging[J].Radiol Technol,2017,88(4):448-450.
- [5] Tarhan T,Froemel D,Meurer A.EOS imaging acquisition system: 2D/3D diagnostics of the skeleton[J].Orthopade,2015,44(12):977-985,986-987.
- [6] 温华昌,钟德江,柯家兴,等.动态 DR 多角度扫描技术在膝关节负重位检查中的临床应用价值[J].放射学实践,2021,36(9):1148-1151.
- [7] 姜荣,贺文,原媛,等.下肢全长拼接摄影在下肢截骨术中的应用价值[J].放射学实践,2014,29(6):698-700.
- [8] Guenoun B,Zadegan F,Aim F,et al.Reliability of a new method for lower-extremity measurements based on stereoradiographic three-dimensional reconstruction[J].Orthop Traumatol Surg Res,2012,98(5):506-513.
- [9] Guenoun B,El Hajj F,Biau D,et al.Reliability of a new method for evaluating femoral stem positioning after total hip arthroplasty based on stereoradiographic 3D reconstruction[J].J Arthroplasty,2015,30(1):141-144.
- [10] Tsai TY,Dimitriou D,Liow MH,et al.Three-Dimensional imaging analysis of unicompartmental knee arthroplasty evaluated in standing position:component alignment and in vivo articular contact[J].J Arthroplasty,2016,31(5):1096-1101.

(收稿日期:2021-06-12 修回日期:2021-12-24)