

## 基于EOS系统的全身矢状面平衡评估的临床应用

李巍<sup>1</sup>, 朱景雨<sup>2</sup>

1. 上海市第八人民医院/上海市第六人民医院徐汇分院放射科, 上海 200235; 2. 上海博效医疗科技有限公司, 上海 200031

**【摘要】**法国的EOS X线影像采集系统作为一种全新的X线骨科影像诊断设备已经在国内外医疗机构投入研究和临床使用。其最大的特点是负重位下一次性快速全身正侧位同时扫描,精准的1:1影像可以通过sterEOS后处理工作站进行3D建模和定量评估分析。本文从传统影像设备对于骨骼成像的限制,基于EOS的骨骼成像解决方案介绍,EOS全身姿态评估的基本操作流程以及国外EOS矢状面平衡技术的临床应用现状等4方面来阐述。基于EOS系统的全身矢状面平衡分析或将成为一种新的评价体系。

**【关键词】**EOS; 矢状面平衡; 3D建模; X线摄影

**【中图分类号】**R816.8

**【文献标志码】**A

**【文章编号】**1005-202X(2018)07-0801-06

## Clinical application of whole-body sagittal balance evaluation based on EOS system

LI Wei<sup>1</sup>, ZHU Jingyu<sup>2</sup>

1. Department of Radiology, Shanghai Eighth People's Hospital/Shanghai Sixth People's Hospital of Xuhui Branch, Shanghai 200235, China; 2. Shanghai BOXIAO Medical Technology CO.LTD, Shanghai 200031, China

**Abstract:** As a new X-ray orthopedics imaging equipment, EOS X-ray image acquisition system of French has been used in the clinical and research fields in medical institutions at home and abroad. The most important feature of EOS system is that EOS system could quickly capture simultaneous anteroposterior and lateral two-dimensional images of the whole body under weight-bearing position. Precise image of 1:1 can be used for three-dimensional modeling and quantitative evaluation *via* sterEOS workstation. The limitations of bone imaging *via* conventional image equipments, introduction of bone imaging solution based on EOS system, basic workflow of EOS postural assessment and clinical application status of EOS sagittal balance techniques are discussed in this review. The whole-body sagittal balance analysis based on EOS system may become a novel evaluation system.

**Keywords:** EOS; sagittal balance; three-dimensional modeling; X-ray radiography

### 前言

现今,传统X线和数字化计算机成像(Digital Radiography, DR)已经成为评估人体矢状面平衡最常规的工具和手段,但是放射剂量和成像效果往往不尽如人意,导致最终的临床测量结果也不是很精确<sup>[1]</sup>。矢状面平衡对于人类来说非常重要,它保证了人类能够直立和长时间双足行走,其中最重要的因素是腰椎前凸(仅人类才有)。矢状面平衡的实现有赖于脊柱、骨盆、下肢序列的精细调节,辅以肌肉神经韧带配合,以达到最节省能量最稳定的状态(图

1)。矢状面平衡建立在脊柱、骨盆的均衡排列基础上,老年人腰椎前凸角(Lumbar Lordosis, LL)降低、胸椎后凸角(Thoracic Kyphosis, TK)增加,加剧矢状面失衡。骨科病人术后矢状面平衡状况直接影响疾病治疗的预后和生存质量,任何涉及骨盆、脊柱的病症,如腰背痛、神经源性跛行、站立不稳等,和任何脊柱、骨盆手术和非手术计划的制定,都需要预先进行全身矢状面平衡的评估。

现在的临床骨科在评价患者的矢状面失衡,工作流程上沿用的还是传统的二维DR片上进行的手动测量。这里就存在两个问题:第一,影像技师拍摄的DR片子是否准确;第二,临床医生手动测量的相关数据是否准确。2016年的北美放射年会的主题是“Beyond Imaging”,会议上提出了医学影像发展的趋势应为:要能够提供精准的医学影像;在提供精准影

**【收稿日期】**2018-03-10

**【作者简介】**李巍,放射技师,研究方向:影像技术及后处理, E-mail: 175568104@qq.com



图1 人体矢状面平衡图

Fig.1 Human sagittal balance

像的前提下,还需要给临床医生提供影像数据的智能化管理,以提高临床诊断信心和效能。因此,在提倡精准影像的大背景下,传统的影像设备,特别是在骨科领域的提升已经有所限制,需要一种更能反映人体真实骨骼病变的精准影像解决方案。

## 1 传统骨骼成像方法的劣势

传统骨科成像的影像设备主要有传统X线摄影包括CR(Computed Radiography)和DR、CT、MRI和超声(图2)。MRI和超声主要是针对软组织、韧带、椎管和椎间盘等检查,真正应用于骨骼成像的还是X线和CT检查,而且CT被公认为骨骼成像的金标准<sup>[2]</sup>。但是这两种影像方法都存在无法弥补的劣势。DR: ①传统锥形束投照原理,图像存在放大失真; ②无法一次性全身成像,需要进行拼接,拼接影像存在图像密度不均匀,拼接处图像配准和放大效应等问题,导致图像精准性大大降低; ③DR成像是二维成像,影像数据测量受患者拍摄姿势影响大,容易造成人为测量误差; ④对于需要经常随访摄片的患者,辐射剂量往往成为病患拒绝复查的理由,也是癌症诱发的主要因素之一。CT: ①高于DR 6~9倍的辐射剂量; ②非负重位下(卧位)的成像模式,无法反映骨骼病变的真实情况; ③对于有金属植入物的患者,CT影像存在放射状金属伪影,极大影响放射医师的诊断和评估。



图2 传统骨骼成像设备比较

Fig.2 Comparison of conventional radiography for bone exam

早在1994年,包括脊柱侧弯研究学会(Scoliosis Research Society, SRS)在内的骨关节专家就希望能发明一种新的三维诊断和数据分析方案,能够满足常规检查后,在平面2D脊柱正侧位影像上同时得到包括脊柱侧弯,矢状平衡形态分析以及椎体轴面旋转角度<sup>[3]</sup>等临床信息,然而直到EOS问世前,这个研究仍停留在理论阶段。

## 2 EOS全新的骨骼影像解决方案

法国著名高能物理学家Charpak发明—气体粒

子探测器多丝正比室,在1992年获得诺贝尔物理学奖<sup>[4]</sup>。并与现代脊柱奠基人(CD矫正技术的发明者)法国科学院院士Dubousset教授领衔的国际顶尖骨科团队以及欧洲放射创新技术团队倾力合作推出的EOS X线影像采集系统。EOS是以这款超高灵敏度的多丝正比室为粒子探测器核心的影像采集系统,可以大大降低患者的辐射剂量。其创新的双球管,双探测器同步正侧位的全身负重功能位的线性扫描,球管发出的射线被控制在0.5 mm的薄扇形束,比起传统X线的锥形光束,完成了真正意义上的1:1无

失真扫描<sup>[5-6]</sup>,平均10~25 s完成全身扫描(图3)。正侧位的2D影像可以通过sterEOS工作站进行全脊柱和双下肢全长的3D建模,3D模型完成后,系统工作站自动测量超过100个骨科相关临床数据(包括脊柱、骨盆和下肢),避免人为误差测量的可能性(图4)。直观详细的结构化矢量图和报告,可以轻松满足脊柱外科和骨科的临床需求包括精准的术前指导和术后评估。



图3 EOS成像示意图

Fig.3 Diagram of EOS imaging

比起传统的X线和CT,EOS的负重位下线性扫描无论从图像几何尺寸还是生物力学特点方面,都为精准的医学影像提供了可靠的研究依据。

### 3 EOS全身姿态评估-矢状面平衡量化评估

#### 3.1 EOS扫描要求

**3.1.1 扫描姿势** 被检查者双手握拳,置于两侧脸颊处,手臂呈自然状态,双腿并拢。移动绿色定位激光器,确定扫描范围的上下限,从耳道到脚踝。

**3.1.2 扫描参数选择** ① 扫描平面:同时选择正位和侧位扫描。② 患者体型选择:分偏瘦、中等和偏胖体型(体型选择依据为臀围宽度<25 cm,选择偏瘦体型;25 cm<臀围宽度<35 cm,选择中等体型;臀围宽度>35 cm,选择偏胖体型)。③ 是否有植入物选择:如有植入物需要勾选(扫描完成影像会有去伪影处理)。④ 选择低剂量或微剂量模式,微剂量模式一般使用目标为小儿或者青少年,微剂量模式的辐射剂量约为低剂量模式的1/5~1/7。⑤ 选择扫描速度:一共有8档速度(从1档至8档速度依次减慢,图像质量依次增加),默认为4

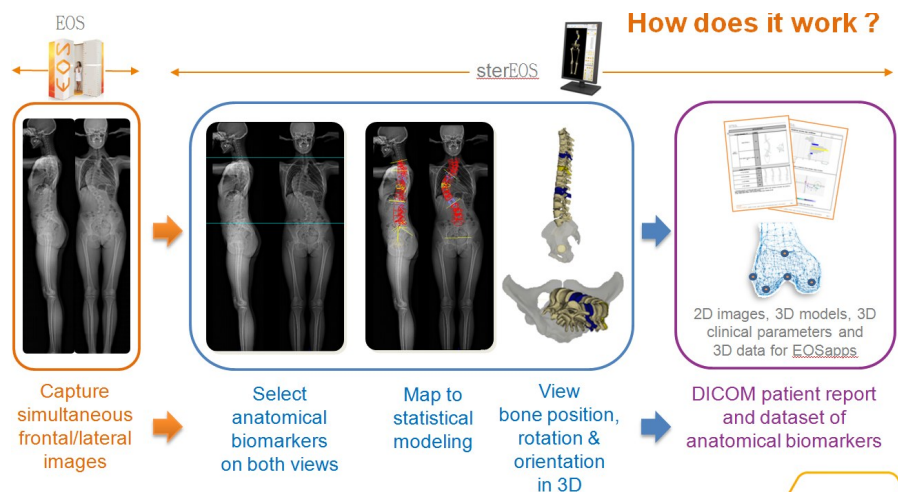


图4 sterEOS后处理 workflow

Fig.4 sterEOS post-process workflow

档扫描速度(7.6 cm/s)。⑥ 调整正位和侧位扫描参数,一般情况下通过选择体型,已经有预设的扫描参数,如遇到特别娇小或者肥胖的患者,可以适当减少或增加kV和mA值。⑦ 进行预扫描,确定需要扫描的精确范围,完成正式扫描工作。

#### 3.2 sterEOS 3D整体姿态评估

**3.2.1 3D建模模式** 进入sterEOS软件,选择要进行建模的影像,打开3D建模模式,选择“Postural assessment”(姿态评估模式)。

**3.2.2 建模评估前的参数选择** 除了系统默认选择的

骨盆参数、矢状垂直偏移(Sagittal Vertical Axis, SVA)值、LL和TK值等常规评估矢状平衡的参考值以外,工作站还加入了耳道平衡评估外耳道垂线偏移(Center of both Acoustic Meati, CAM)值、脊柱侧弯Cobb角、全身指数包括膝关节代偿屈曲等信息。对于超过18岁的被检查者,还加入了Schwab等理论参考值和Roussouly's classification矢状面失衡分型,见图5。

**3.2.3 主要建模步骤** ① 骨盆位置确认,主要进行骶尾骨上平面和双髋臼位置大小的确认以及骶髂关节位置



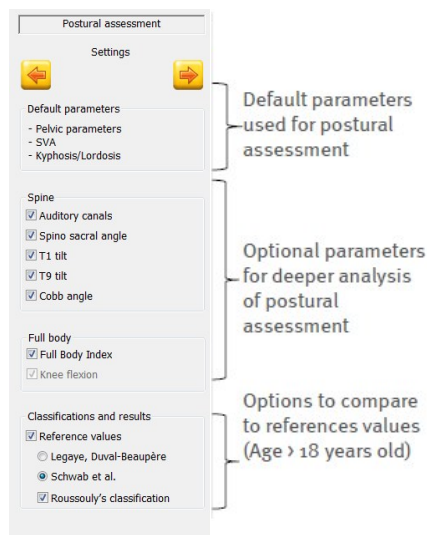


图5 姿态分析的参数选择

Fig.5 Parameters options of postural assessment

确认; ② 确定耳道中心和C7、T1和T9的中心; ③ 设定LL和TK值(常规为T1-T12、T4-T12、L1-L5、L1-S1); ④ 调整整个椎体的曲线形态; ⑤ 确定负重受力侧腿的膝关节和踝关节中心; ⑥ 完成并生成报告。

**3.2.4 结构化量化评估报告** 矢状面评估报告包含了2D影像图(图6), 3D带力线信息的功能图(图7)和临床数据表等(图8~10)。除了提供多元化的数据供临床医生参考诊断外, 工作站还会给出提示, 如当膝关节屈曲超过 $10^\circ$ , 就会提示代偿性的机械平衡存在(图8)。

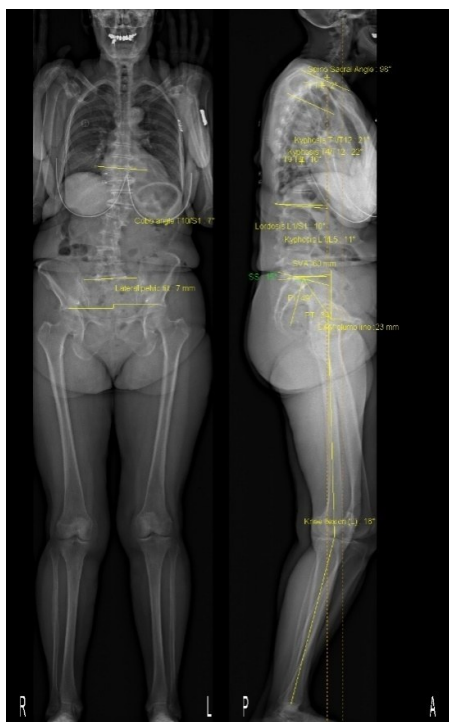


图6 带参数的2D影像图

Fig.6 Two-dimensional image with clinical parameters

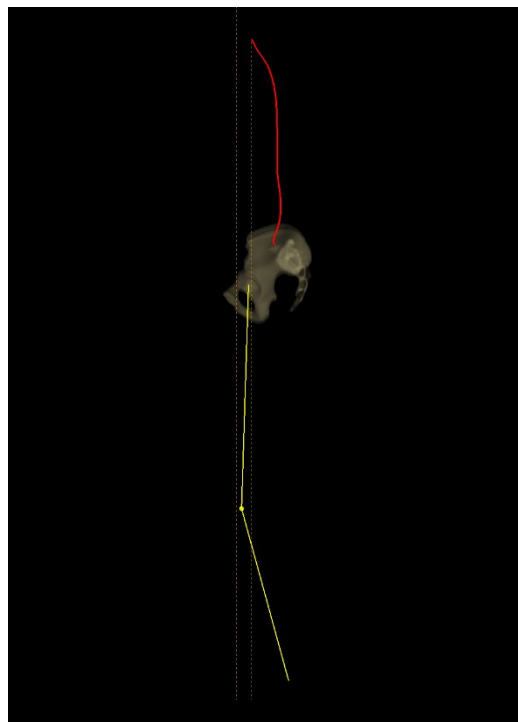


图7 3D视角下的全身力线图

Fig.7 Whole-body gravity line with three-dimensional view

## 4 EOS 国外研究进展

基于EOS全身负重位的独特扫描方式和创新的3D建模量化分析理念, 许多国外学者对此进行了研究。法国达芬奇影像中心Morvan等<sup>[1]</sup>用EOS的全身姿态评估, 尤其可以通过各种临床参数(包括骨盆, 脊柱)全面评价骨盆, 脊柱平衡。日本新泻脊柱外科中心的教授Kazuhiro<sup>[7]</sup>用EOS全身轴向骨骼的成像来研究重力线与骨盆参数和整个从足、踝、膝关节、髋关节平衡链的关系。巴黎拉皮提艾医院骨科与创伤中心主任Lazennec教授基于EOS全身力线与腰椎椎管狭窄的相关性的研究发现, 全身成像可以提供临床医生对于全脊柱或者双下肢功能位下平衡更好的理解, 即双下肢的评估不仅对于全脊柱会产生代偿性的补偿, 它也是作为一个独立的参数在影响着整个人的全身平衡分析<sup>[8]</sup>。法国佩莱格林医院的Le Huec教授基于EOS全身成像对一名患者椎体截骨行术前计划和评估, 相比较传统X线影像设备, EOS提供了更精准的影像和更大的视角, 可以让临床医生在术前精确的计算椎体的矫正角度(下肢的屈曲代偿因素也能计算在内), 提高了诊断信心和手术成功率。更多有关EOS在全身矢状面平衡的研究还在继续中。

## 5 讨论和结论

早在1991年Itoi等<sup>[9]</sup>就坚持研究全身姿态平衡

Sagittal balance	Measured	Theoretic (2)	
Lordosis L1/S1	10°	58° (3)	<div><div>Lack of lordosis</div><div>Hyperlordosis</div></div>
Kyphosis T4/T12	22°	-	
Knee flexion	16°	-	Potential compensatory mechanism of sagittal imbalance by knee flexion

图8 全身矢状平衡量化评估图

Fig.8 Quantitative evaluation of whole-body sagittal balance

Global alignment	Measured	
SVA	60 mm	<div><div>Posterior to sacrum</div><div>Anterior to sacrum</div></div>
Roussouly's classification (4)	Type 3	<div><div>①</div><div>②</div><div>③</div><div>④</div></div>

图9 矢状失平衡的Roussouly's分型

Fig.9 Roussouly's classification of sagittal imbalance

Postural assessment parameters					
Sagittal balance					
SVA (1)	60 mm	T1 Tilt(1)	2°	Spino Sacral Angle (1)	98°
CAM plumb line (1)	23 mm	T9 Tilt(1)	10°	Full Body Index (1)	16°
				Knee flexion (Left) (3)	16°

图10 矢状平衡参数

Fig.10 Sagittal balance parameters

的重要性,尤其是在退行性疾病中的研究。相对于大量的脊柱与骨盆相关性的文献报道<sup>[10]</sup>,脊柱与双下肢,髋关节与膝关节相关性对于姿态平衡的研究很少,当然这也是受制于传统的影像设备无法达到精准的高质量全身成像。基于EOS的全新的成像技术,它将为今后骨放射领域带来3大改变。(1)提供临床精准的影像系统:负重位下成像——符合人体生物力学特点;全新正侧位线性扫描方式——精准1:1不失真成像;智能临床数据管理——3D视角下临床参数自动计算测量取代传统2D平面人工测量模式。(2)全新肌骨影像诊断策略改变:从局部诊断模式向全局诊断理念发展;从形态学研究向功能学研究转变。(3)引领骨放射评估金标准:可以建立脊柱和骨关节畸形领域的骨放射金标准;可以建立肌骨放射领域新的评价体系。

总之,基于EOS的全身矢状面平衡量化评估技术,提供了多种评价手段和临床理论参考值赋予外科医生对矢状面平衡系统更出色的理解力和交流工具,对于日常病患的诊断更高效精准,或将成为一种新的骨科评价体系和标准。

## 【参考文献】

- [1] MORVAN G, MATHIEU P, VUILLEMIN V, et al. Standardized way for imaging of the sagittal spinal balance[J]. Eur Spine J, 2011, 20(5): 602-608.
- [2] IZATT M T, ADAM C J, VERZIN E J, et al. CT and radiographic analysis of sagittal profile changes following thoracoscopic anterior scoliosis surgery[J]. Scoliosis, 2012, 7(1): 15.
- [3] STOKES I A. Three-dimensional terminology of spinal deformity. A report presented to the Scoliosis Research Society by the Scoliosis Research Society Working Group on 3-D terminology of spinal deformity[J]. Spine, 1994, 19(2): 236-248.
- [4] CHARPAK G. La detection des particules[J]. Recherche, 1981, 128: 1384-1396.
- [5] DUBOUSSET J, CHARPAK G, DORION I, et al. A new 2D and 3D imaging approach to musculoskeletal physiology and pathology with low-dose radiation and the standing position: the EOS system[J]. Bull Acad Natl Med, 2005, 189(2): 287-297.
- [6] CHAIBI Y, GRESSON T, AUBERT B, et al. Fast 3D reconstruction of the lower limb using a parametric model and statistical inferences and clinical measurements calculation from biplanar X-rays [J]. Comput Methods Biomech Biomed Engin, 2005, 15(5): 457-466.
- [7] KAZUHIRO H. Standing sagittal alignment of the whole axial skeleton with reference to the gravity line in humans[J]. J Anat, 2017, 230(5): 619-630.
- [8] LAZENNEC J Y, FOLINAIS D, BENDAYA S, et al. The global alignment in patients with lumbar spinal stenosis: our experience using the EOS full-body images[J]. Eur J Orthop Surg Traumatol, 2016, 26(7): 713-724.
- [9] ITOI E. Roentgenographic analysis of posture in spinal osteoporotics [J]. Spine, 1991, 16(7): 750-756.
- [10] LEGAYE J, DUVAL-BEAUPÈRE G, HECQUET J, et al. Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves[J]. Eur Spine J, 1998, 7(2): 99-103.

(编辑:薛泽玲)