

临床论著

EOS影像三维重建在 Chiari 畸形伴脊柱侧凸患者中应用的可靠性及准确性

顾 琦, 鲍虹达, 舒诗斌, 张原诚, 朱泽章, 刘 臻, 钱邦平, 邱 勇

(南京医科大学鼓楼临床医学院脊柱外科 210008 南京市)

【摘要】目的:探讨使用 EOS 影像系统进行三维重建在 Chiari 畸形伴脊柱侧凸患者中应用的可靠性和准确性。**方法:**选取 2017 年 7 月~2018 年 4 月于我院行 EOS 全脊柱正侧位片检查的 Chiari 畸形伴脊柱侧凸患者共 14 例,其中男 5 例,女 9 例,年龄 9~18 岁(13.4 ± 2.9 岁)。利用 sterEOS 软件分别对每例患者的 EOS 全脊柱正侧位片进行全脊柱三维建模并获得脊柱骨盆参数 [包括脊柱侧凸 Cobb 角、顶椎旋转角 (apical vertebral rotation, AVR)、T1~T12 后凸角 (T1~T12 TK)、T4~T12 后凸角 (T4~T12 TK)、L1~L5 前凸角 (L1~L5 LL)、L1~S1 前凸角 (L1~S1 LL)、骨盆倾斜角 (PT)、骶骨倾斜角 (SS)、骨盆入射角 (PI)] 的测量数值。由 2 名脊柱外科医师 (医师 A 与 B) 分别独立重建, 对各椎体进行契合度评分, 并利用观察者间组内相关系数 (intraclass correlation coefficient, ICC) 来评价 2 名医师测得数据的观察者间变异。医师 A 同时在传统立位全脊柱正侧位 X 线片上测量上述参数, 并将所测得参数与其第一次 EOS 三维重建所得参数进行一致性分析。3 个月后 2 名医师分别对 14 例患者的 EOS 全脊柱正侧位片重新进行三维建模测量, 对以上参数进行重测信度研究。根据脊柱侧凸 Cobb 角大小将患者分为 3 组: 第 1 组 Cobb 角 $<40^\circ$, 共 3 例; 第 2 组 Cobb 角 $40^\circ\sim 60^\circ$, 共 7 例; 第 3 组 Cobb 角 $>60^\circ$, 共 4 例。对契合度评分进行三组间两两比较, 观察该系统在不同 Cobb 角大小患者中的应用情况。**结果:**EOS 影像三维建模后, 脊柱测量值中, Cobb 角、AVR、T1~T12 TK、T4~T12 TK、L1~L5 LL 和 L1~S1 LL 的观察者间 ICC 分别为 0.980、0.990、0.987、0.945、0.990 和 0.963 ($P<0.01$); 骨盆测量值中, PI、SS 和 PT 的观察者间 ICC 分别为 0.962、0.821 和 0.895 ($P<0.01$)。契合度评分中, 第 1 组与第 2 组、第 2 组与第 3 组患者的评分之间无统计学差异 ($P>0.05$), 而第 1 组与第 3 组患者之间的评分存在显著性差异 ($P<0.05$)。在传统立位全脊柱正侧位 X 线片与 EOS 三维重建全脊柱片的一致性分析中, 脊柱侧凸 Cobb 角、T1~T12 TK、T4~T12 TK、L1~L5 LL、L1~S1 LL、PI、PT 及 SS 的 ICC 值分别为 0.981、0.991、0.843、0.975、0.972、0.997、0.998 和 0.996。2 名医师的各参数重测可信度均很高, 2 名医师均在 PT 出现最小值, 分别为 0.883 和 0.807。**结论:**使用 EOS 影像系统摄片并进行三维重建对 Chiari 畸形伴脊柱侧凸患者进行影像学测量是可靠的, 为脊柱侧凸的评估增添了一种新的方法。

【关键词】 EOS 影像系统; 脊柱侧凸; Chiari 畸形; 可重复性

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2020.02.06

中图分类号: R814.4, R682.1 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2020)-02-0130-06

Reliability of EOS-3D reconstruction for scoliosis associated with Chiari malformation/GU Qi, BAO Hongda, SHU Shibin, et al/Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2020, 30(2): 130-135

【Abstract】Objectives: To investigate the reliability and accuracy of three-dimensional reconstruction by EOS imaging system in patients with Chiari deformity with scoliosis. **Methods:** Between July 2017 and April 2018, EOS images from 14 Chiari malformation associated with scoliosis patients (5 males, 9 females, 9-18 years old, mean age 13.4 ± 2.9 years old) were collected. Ster-EOS software was used to perform 3D reconstruction of the spine to obtain a set of measurements, including Cobb angle, apical vertebral rotation (AVR), T1-T12 kyphosis angle (T1-T12 TK), T4-T12 kyphosis angle (T4-T12 TK), L1-L5 lordosis angle (L1-L5 LL), L1-S1 lordosis angle (L1-S1 LL), pelvic incidence (PI), sacral slope (SS), and pelvic tilt (PT). Two spinal surgeons independently reconstructed the vertebrae and evaluated the interobserver variability by using the interobserver coefficient of

基金项目: 江苏省自然科学基金资助项目 (KB20180122)

第一作者简介: 男 (1992-), 医学硕士, 研究方向: 脊柱外科

电话: (025)83105121 E-mail: guqi_1109@163.com

通讯作者: 朱泽章 E-mail: zhuzezhang@126.com

variation. Doctor A measured the above parameters obtained after first EOS-3D modeling and the parameters in the traditional full spine image. And then consistency analysis of them was performed by calculating the intraclass correlation coefficient (ICC) value. Then two doctors studied the retest reliability of the above parameters. In addition, the patients were divided into three groups according to the size of scoliosis Cobb angle: the first group of Cobb angle $<40^\circ$, a total of 3 cases; the second group of Cobb angle 40° to 60° , a total of 7 cases; the third group of Cobb angle $>60^\circ$, a total of 4 cases. The three groups were compared in pairs to observe the application of the system in patients with different Cobb angle sizes. After that, the retest reliability of the above parameters was studied by two doctors. **Results:** The ICC values were 0.980, 0.990, 0.987, 0.945, 0.990 and 0.963 ($P<0.01$) for Cobb angle, AVR, T1-T12 TK, T4-T12 TK, L1-L5 LL, and L1-S1 LL, respectively. The ICC values were 0.962, 0.821 and 0.895 ($P<0.01$) for PI, SS and PT. For fit score, there was no significant difference between group 1 and group 2, group 2 and group 3 ($P>0.05$), while there was a significant difference between group 1 and group 3 ($P<0.05$). In consistency analysis, the ICC values of Cobb angle, T1-T12 TK, T4-T12 TK, L1-L5 LL, L1-S1 LL, PI, PT and SS were as follows 0.981, 0.991, 0.843, 0.975, 0.972, 0.997, 0.998 and 0.996. The reliability of retesting the parameters by the two physicians was very high, and 2 doctors both showed a minimum value of 0.883 and 0.807 at the pelvic tilt, respectively. **Conclusions:** The 3D modeling of Chiari deformity with scoliosis by using EOS system and sterEOS post-processing software can obtain good reliability and accuracy of measurement, which adds a new method for the evaluation of scoliosis.

[Key words] EOS imaging system; Scoliosis; Chiari malformation; Reproducibility of results

[Author's address] Department of Spine Surgery, Nanjing Drum Tower Hospital Clinical College of Nanjing Medical University, Nanjing, 210008, China

脊柱侧凸是一种三维畸形,多伴有椎体间的旋转及后凸的增加或减少^[1]。既往的临床工作中,对于脊柱侧凸的矫形主要着力于冠状面和矢状面畸形。随着对脊柱畸形认识的逐步加深,单纯使用传统的二维参数描述脊柱侧凸这种三维畸形的缺点越来越多。在传统 X 线片上观察到脊柱侧凸的冠状面和矢状面形态是其三维形态在冠状面和矢状面上获得的投影,因此不同的三维畸形经过投影可形成相似的二维形态。随着影像技术发展,EOS 全身骨骼成像系统已经投入临床使用。该技术的优势在于能对获得的正侧位 X 线片进行三维重建,得到包括冠状面 Cobb 角、矢状面后凸以及椎体间旋转等参数^[2,3]。目前已有学者根据特发性脊柱侧凸的 EOS 三维(3D)重建提出了新的三维分型^[4]。但是对于 Chiari 畸形伴脊柱侧凸患者,目前 EOS 三维重建的有效性仍缺少相关的研究报告。本研究旨在评价 EOS 全身骨骼成像系统在 Chiari 畸形伴脊柱侧凸患者中应用的可靠性和准确性。

1 资料与方法

1.1 研究对象

选取 2017 年 7 月~2018 年 4 月于我院进行

EOS 脊柱影像摄片的 Chiari 畸形伴脊柱侧凸患者。纳入标准:(1)MRI 确诊为 Chiari 畸形患者;(2)脊柱侧凸 Cobb 角在 $20^\circ\sim 90^\circ$;(3)摄 EOS 全脊柱片及传统立位全脊柱正侧位 X 线片。排除标准:同时存在先天性椎体分节不良,伴有双下肢不等长,伴有髋关节疾病,既往脊柱骨折病史等。共纳入 14 例患者,其中男 5 例,女 9 例,年龄 13.4 ± 2.9 岁(9~18 岁)。本研究通过了我院伦理委员会的批准。

1.2 影像学观察指标

1.2.1 EOS 摄片方法 患者处于站立位,手肘弯曲将拳头或手指搭在锁骨或脸颊上进行检查。拍摄时 EOS 系统采用双平面狭缝扫描方式,通过一次扫描全身或指定人体结构区域(脊柱、下肢),同步获得 2 张正位、侧位 X 线二维(2D)图像。

1.2.2 EOS 三维建模方法及观测指标 患者的三维建模分别由 2 名脊柱外科医生(医师 A、医师 B)独立完成,这两位医生均由 EOS 公司进行 sterEOS 软件操作的培训。摄片获得 EOS 图像后使用 sterEOS 工作站进行三维重建,选择 full 3D 重建模式对所有椎体进行评价。重建过程中首先在正侧位图像上分别确定骶骨倾斜线、髂臼位置和骨盆倾斜度,以此来修正骨盆面旋转带来的影

响;然后勾勒并调整大致脊柱弯曲线;接着,按顺序分别调整各椎体在侧位图像上的位置、高度以及在正位图像上的位置和椎体旋转方向;最后调整 T1~L5 各椎体的上下终板、前后缘以及椎弓根位置。至此完成重建,软件自动生成椎体的三维图像(图 1),并可计算包括脊柱侧凸 Cobb 角和顶椎轴面旋转角度(apical vertebral rotation, AVR)在内的脊柱侧凸参数、矢状面平衡参数[T1~T12 后凸角(T1~T12 TK)、T4~T12 后凸角(T4~T12 TK)、L1~L5 前凸角(L1~L5 LL)和 L1~S1 前凸角(L1~S1 LL)、椎体旋转和椎体间旋转参数[轴面、矢状面和冠状面旋转]及骨盆参数[骨盆倾斜角(PT)、骶骨倾斜角(SS)、骨盆入射角(PI)]^[6]。规定轴面向左旋转时为正值。

为观察 EOS 三维重建的准确性,按秦乐等^[6]的方法以椎体前后缘、上下缘、椎弓根和棘突位置为主要观察指标,对调整后的模型与 EOS 影像上所显示的椎体契合度进行评分。如果某个椎体所得的模型与 EOS 二维影像完全吻合得 4 分,基本吻合得 3 分,部分吻合得 2 分,大部分不吻合得 1 分,影像因显示不清而无法重建得 0 分,每个患者均评估 17 个椎体,满分共 68 分。2 名医师共同对医师 A 第一次三维重建结果进行契合度评分。

3 个月后原进行 EOS 重建的两名脊柱外科医生分别对 14 例患者的 EOS 全脊柱正侧位片重新进行三维重建后测量,对包括脊柱侧凸 Cobb 角、AVR、T1~T12 TK、T4~T12 TK、L1~L5 LL、

L1~S1 LL、PI、PT、SS 在内的参数进行重测信度研究。

1.2.3 传统立位全脊柱正侧位 X 线片上脊柱-骨盆参数的测量 医师 A 同时测量各研究对象传统立位全脊柱正侧位 X 线片上的矢状面参数包括 T1~T12 TK、T4~T12 TK、L1~L5 LL、L1~S1 LL、PI、PT、SS 及冠状面脊柱侧凸 Cobb 角,然后以此作为标准与三维建模后所得参数进行一致性分析。

1.3 统计学分析

采用 SPSS 20.0 软件进行数据分析。采用组内相关系数(intraclass correlation coefficient, ICC)评价所测得各参数的观察者间变异,ICC>0.9 表示可信度极高,>0.75 表示可信度较高,0.4~0.75 表示可信度一般,<0.4 表示可信度较低。两两之间的评估采用 q 检验。 $P<0.05$ 表示差异有统计学意义。对医师 A 和医师 B 各自第一次 EOS 三维重建所得结果进行各参数 ICC 分析。将医师 A 所测传统立位全脊柱 X 线片参数与其第一次 EOS 重建所得参数进行一致性分析,并计算包括 Cobb 角、T1~T12 TK、T4~T12 TK、L1~L5 LL、L1~S1 LL、PI、PT、SS 在内的 ICC 值。根据患者的 Cobb 角将患者分成 3 组:<40°组、40°~60°组及>60°组,采用单因素方差分析评估 3 组间契合度评分,观察 EOS 影像系统在 Chiari 畸形伴不同大小 Cobb 角脊柱侧凸患者中应用是否存在差异。最后,分别对 2 名脊柱外科医师间隔 3 个月的前后

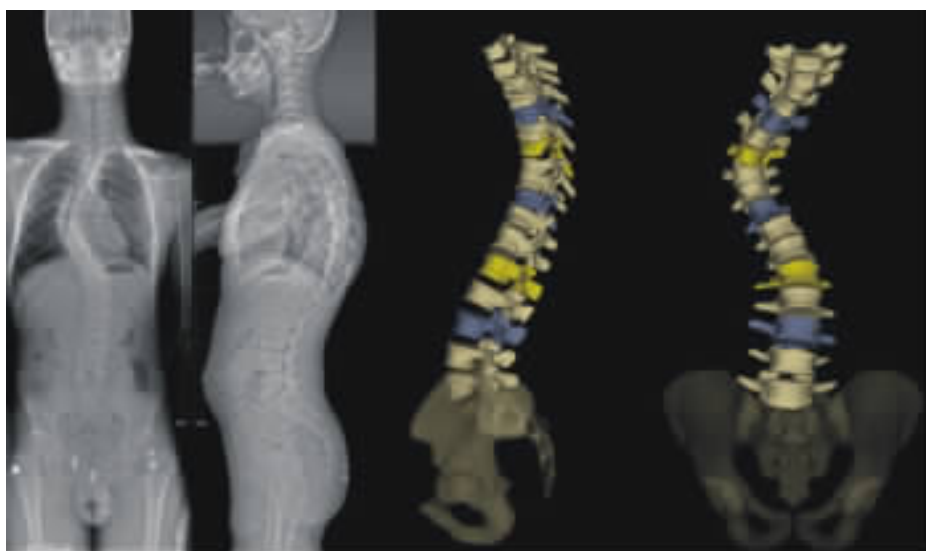


图 1 EOS 全脊柱正侧位 X 线片及 EOS 三维重建后的图像

Figure 1 EOS full-length spine image and three-dimensional reconstructed images of the EOS

两次 EOS 三维重建测量结果进行重测信度分析。

2 结果

2 名脊柱外科医师分别独立对 14 例 EOS 二维影像进行三维重建,脊柱测量参数中,Cobb 角、AVR、T1~T12 TK、T4~T12 TK、L1~L5 LL 和 L1~S1 LL 的观察者间 ICC 分别为 0.980、0.990、0.987、0.945、0.990 和 0.963($P<0.01$)。骨盆测量值中,PI、PT、SS 的观察者间 ICC 分别为 0.962、0.895 和 0.821($P<0.01$)(表 1)。从总体上看,ICC 值表明大部分测量值具有较高的可靠性。

所有模型的契合度评分平均为 59.0 分(45~68 分)。将患者根据 Cobb 角分成 3 组:第 1 组 3 例,契合度评分平均 63.4 分;第 2 组 7 例,契合度评分平均为 60.6 分;第 3 组 4 例,契合度评分平均为 54.3 分,其中 2 例患者主胸弯脊柱侧凸 Cobb 角分别达到 83°及 95°,契合度评分仅为 48 分和 45 分。3 组模型符合程度的评分差异有统计学意义,其中第 1 组与第 2 组、第 2 组与第 3 组患者的评分之间差异无统计学意义($P>0.05$),而第 1 组与第 3 组患者之间的评分存在显著性差异

($P<0.05$)。

在 EOS 三维重建测量结果和传统全脊柱立位 X 线片测量结果的一致性分析中,T4~T12 TK 的 ICC 值最小(0.843),PT 的 ICC 值最大(0.998),其余参数 ICC 值均大于 0.900。各参数均显示了较好的一致性(表 1)。

2 名医师 EOS 影像三维重建所测的脊柱侧凸 Cobb 角、AVR、T1~T12 TK、T4~T12 TK、L1~L5 LL、L1~S1 LL 重测信度分别为 0.989、0.988、0.982、0.987、0.958、0.943 及 0.992、0.986、0.983、0.975、0.941、0.966;骨盆测量中,2 名医师均为 PT 的重测信度最低,但也分别达到了 0.883 和 0.807(表 1)。

3 讨论

在过去的 10~20 年间,脊柱侧凸为三维畸形的概念被广泛接受^[7]。对于轴面上椎体位置和旋转异常,近来已有学者对其进行了研究^[8]。特发性脊柱侧凸 Lenke 分型的基础之一是要求能够可靠准确地测量冠状面上的弯型和矢状面上 TK 的大小,但该分型没有将椎体间的旋转考虑在内^[9],传

表 1 EOS 全脊柱片三维重建及传统全脊柱立位 X 线片各参数测量结果及其一致性分析

Table 1 Measurement and consistency analysis results of EOS-3D reconstruction and tradition full spine image

测量参数 Measured parameters	EOS测量 EOS measurements							A1 传统 X 线片测量 A1 traditional X-ray measure- ments	A1 EOS 测量与传统 X 线片测量的 ICC ICC of A1 EOS measurement and traditional radiographic measurement
	医师 A Doctor A			医师 B Doctor B			A1 与 B1 的 ICC ICC of A1 and B1		
	A1	A2	r1	B1	B2	r2			
Cobb	54.8±19.0	54.7±16.7	0.989	56.5±19.6	57.6±18.6	0.992	0.980	57.6±18.7	0.981
AVR	12.3±18.1	8.6±17.3	0.988	5.0±17.8	9.0±18.7	0.986	0.990	—	—
T1~T12 TK	38.9±19.8	38.6±18.3	0.982	38.6±19.6	39.2±19.6	0.983	0.987	40.4±18.0	0.991
T4~T12 TK	30.3±21.8	30.1±19.1	0.987	30.7±20.1	31.1±21.1	0.975	0.945	28.9±20.5	0.843
L1~L5 LL	43.6±14.9	46.2±13.6	0.958	46.1±14.0	47.4±15.2	0.941	0.990	43.9±13.7	0.975
L1~S1 LL	54.8±14.4	56.7±12.8	0.943	53.7±13.1	57.4±12.8	0.966	0.963	55.1±12.8	0.972
PT	11.8±7.7	15.9±9.1	0.883	15.4±9.8	17.2±8.4	0.807	0.895	12.0±7.6	0.998
PI	47.2±7.9	51.4±9.0	0.953	49.1±7.8	52.4±10.1	0.937	0.962	47.6±8.0	0.997
SS	35.4±5.8	39.8±5.9	0.909	37.1±8.1	40.3±5.7	0.942	0.821	35.9±5.8	0.996

注:Cobb, 脊柱侧凸 Cobb 角;AVR, 顶椎旋转角;T1~T12 TK, T1~T12 后凸角;T4~T12 TK, T4~T12 后凸角;L1~L5 LL, L1~L5 前凸角;L1~S1 LL, L1~S1 前凸角;PT, 骨盆倾斜角;PI, 骨盆入射角;SS, 骶骨倾斜角。A1, 医师 A 第一次 EOS 三维重建测量;A2, 医师 A 第二次 EOS 三维重建测量;B1, 医师 B 第一次 EOS 三维重建测量;B2, 医师 B 第二次 EOS 三维重建测量;r1, 医师 A 前后两次 EOS 三维重建重测信度值;r2, 医师 B 前后两次 EOS 三维重建重测信度值。测量数据的单位:度(°)

Note: AVR, apical vertebral rotation; T1~T12 TK, T1~T12 kyphosis angle; T4~T12 TK, T4~T12 kyphosis angle; L1~L5 LL, L1~L5 lordosis angle; L1~S1 LL, L1~S1 lordosis angle; PT: pelvic tilt; PI, pelvic incidence; SS, sacral slope. A1, doctor A first EOS 3D reconstruction measurement; A2, doctor A second EOS 3D reconstruction measurement; B1, doctor B first EOS 3D reconstruction measurement; B2, doctor B second EOS 3D reconstruction measurement. r1, doctor A twice EOS 3d reconstruction retest reliability value; r2, doctor B twice EOS 3d reconstruction retest reliability value. Unit: Degree(°)

统的二维矢状面评估已被认为缺乏准确性,尤其是在畸形较大的情况下。Deacon 和 Dickson^[10]将脊柱侧凸标本按照不同旋转程度模拟拍摄矢状位传统 X 线片,结果发现不同旋转角度拍摄出的胸椎形态存在很大差异。脊柱外科医生很早就意识到轴状面旋转是脊柱侧凸三维畸形的重要组成部分,旋转越严重的患者在外观上剃刀背畸形越严重;高度旋转的椎体还会伴随胸廓变形,严重影响心肺功能,甚至有导致肺不张的可能性^[11]。在这种情况下,EOS 影像系统提供的对椎体旋转的准确评估可以帮助脊柱外科医生制定更加细致和准确的手术决策。

Chiari 畸形伴脊柱侧凸与青少年特发性脊柱侧凸相似,均为三维畸形,且椎体的旋转在畸形的发生发展中起到较为重要的作用,因此正确认识其三维畸形对选择术式及评估预后很有帮助。在青少年特发性脊柱侧凸中,使用 EOS 重建评估轴状面畸形已经有文献报道,并在临床评估中得到认可^[12]。使用 EOS 影像重建三维畸形的原理在于认定青少年特发性脊柱侧凸的椎体没有结构性畸形,与正常椎体的结构相同,因此可以通过正常椎体的数据对青少年特发性脊柱侧凸的椎体进行模拟和重建。基于此,我们推测对于椎体没有结构性畸形的 Chiari 畸形合并脊柱侧凸同样也可以使用 EOS 影像进行三维重建。本研究结果显示,2 名医师重建测量所得的冠状面 Cobb 角、AVR、T4~T12 TK 等参数具有很高的 ICC 值,因此我们认为使用 EOS 系统摄片和 sterEOS 后处理软件这一全新的方法对 Chiari 畸形患者的脊柱侧凸进行三维建模能获得很好的测量可靠性。

既往有学者研究了 EOS 影像学系统在 AIS 及成人脊柱畸形患者中的应用^[6]。Hey 等^[13]的研究发现,对于年龄小于 18 岁需要行脊柱手术的患者 EOS 影像学系统相比于传统的 X 线片存在更大的优势。有研究表明 EOS 三维建模获得的俯视图以及对应的椎体向量可以展现所有椎体在 3 个平面上的位置、大小及轴面旋转情况,比其他二维方法更能准确评估椎体轴面旋转^[14]。最重要的发现是,使用 EOS 摄片后进行三维半自动建模所得的脊柱和骨盆测量值具有很好的可靠性,且模型与 EOS 全脊柱片所示的解剖标志具有很好的契合度。最大 Cobb 角 $\leq 60^\circ$ 的两组模型契合度较高,且组间评分无统计学差异,而 $>60^\circ$ 组契合度相对较

低,提示 Chiari 畸形合并弯度较大的脊柱侧凸患者使用 EOS 影像系统进行重建存在局限。

关于 EOS 影像系统的准确性方面,Humbert 等^[5]的研究表明,EOS 摄片与 CT 在椎体形态和旋转方向测量的准确度相仿。Al-Aubaidi 等^[15]在 EOS 脊柱全长片和 CT 上分别对 7 例轻度青少年脊柱侧凸患者的 Cobb 角和 AVR 进行了测量,结果显示两者之间并无显著性差异。对于矢状面参数,Somoskeöy 等^[16]使用 sterEOS 软件对 201 例成人脊柱侧凸患者 EOS 全脊柱片的脊柱冠状面和矢状面参数进行了多次测量,发现 Cobb 角、T4~T12 TK 和 L1~L5 LL 的观察者内重复性很高;将传统立位全脊柱 X 线片上与 EOS 三维重建后所得的数值比较后发现,两者的 Cobb 角和腰椎前凸角之间没有明显差异。在本研究中,我们将 EOS 三维建模后的参数与传统立位全脊柱 X 线片手工测量的脊柱矢状位及骨盆参数进行一致性分析,发现其存在较好的一致性,同时发现骨盆参数较矢状位前凸及后凸角有更好的一致性,其可能与 EOS 重建后可以减少旋转及投影引起的胸椎后凸或腰椎前凸的测量误差有关。同样 Carreau 等^[17]对 Cobb 角 $>50^\circ$ 的青少年特发性脊柱侧凸患者的 EOS 三维建模图像进行了评价,发现各脊柱和骨盆测量值重复性均较好,且较手工测量误差更小。与既往文献类似,本研究中对 EOS 影像三维重建后参数测量结果与传统立位 X 线片全脊柱参数测量结果进行了一致性分析,发现 AVR、T1~T12 TK、L1~L5 LL、PI 的 ICC 值较大,提示在这些方面存在较好的一致性。而两名医师各自较高的重测信度也说明,EOS 影像系统可作为一个稳定的研究工具来对部分 Chiari 畸形伴脊柱侧凸患者进行三维空间的研究。

在实际操作中我们发现由于大部分患者的 T1~T4 椎体被肩部的骨骼和软组织影所遮挡,可能会对模型的准确性产生影响。但是传统全脊柱 X 线片同样也会被遮挡,因此对本研究的结果和结论并未产生较大影响。此外,本研究有 2 例 Cobb 角分别达到了 80° 以上,正侧位 X 线片上显示位于侧凸内的椎体重叠严重,部分椎体几乎无法辨认其准确的解剖位置,其模型契合度得分为 45 分和 48 分,无法进行手动调整,基于此也解释了本研究中 $>60^\circ$ 组中契合度较低的现象。因此,有理由认为在这些解剖标志显示不清的患者中,

sterEOS软件也并不适用于其建模。在我们的评分中除去上述 Cobb 角较大的 2 例后,其余各例均可获得较高的契合度。我们发现契合度评分较低的椎体多出现于主弯附近及 T3 以上椎体,这可能与上述椎体重叠及软组织影遮挡有关。因此 EOS 影像系统必须应用于椎体显示清楚的患者。

本研究存在以下局限性:首先,纳入研究的患者样本量较小,仅 14 例患者,容易带来结果的偏倚;其次,未与 CT 或 MRI 进行对比也是一大缺陷;另外根据评分的方法来评估各椎体的契合度也难免存在个人主观因素的影响。

综上所述,使用 EOS 影像系统摄片并进行三维重建对 Chiari 畸形伴脊柱侧凸患者进行影像学测量是可靠的。由于可以通过三维重建消除椎体旋转以及二维投影的影响,因此可以使胸椎后凸和腰椎前凸的测量更准确。

4 参考文献

1. 刘巍,陈庆贺. 青少年特发性脊柱侧凸的手术治疗[J]. 中国矫形外科杂志, 2010, 18(5): 405-408.
2. Ilharreborde B, Dubousset J, Huec JCL. Use of EOS imaging for the assessment of scoliosis deformities: application to postoperative 3D quantitative analysis of the trunk[J]. Eur Spine J, 2014, 23(Suppl 4): S397-405.
3. Melhem E, Assi A, El Rachkidi R, et al. EOS® biplanar X-ray imaging: concept, developments, benefits, and limitations[J]. J Child Orthop, 2016, 10(1): 1-14.
4. Abelin-Genevois K, Sassi D, Verdun S, et al. Sagittal classification in adolescent idiopathic scoliosis: original description and therapeutic implications[J]. Eur Spine J, 2018, 27(9): 2192-2202.
5. Humbert L, De Guise JA, Aubert B, et al. 3D reconstruction of the spine from biplanar X-rays using parametric models based on transversal and longitudinal inferences[J]. Med Eng Phys, 2009, 31(6): 681-687.
6. 秦乐,杜联军,严福华. EOS™ 三维影像评价成人脊柱侧凸的可靠性和准确性研究[J]. 中国骨与关节杂志, 2016, 5(8): 568-571.
7. Rigo M. Patient evaluation in idiopathic scoliosis: radiographic assessment, trunk deformity and back asymmetry[J]. Physiother Theory Pract, 2011, 27(1): 7-25.
8. Cerny P, Marik I, Pallova I. The radiographic method for evaluation of axial vertebral rotation—presentation of the new method[J]. Scoliosis, 2014, 9: 11.
9. Lenke LG, Betz RR, Harms J, et al. Adolescent idiopathic scoliosis: a new classification to determine extent of spinal arthrodesis [J]. J Bone Joint Surg Am, 2001, 83 (8): 1169-1181.
10. Deacon P, Dickson RA. Vertebral shape in the median sagittal plane in idiopathic thoracic scoliosis: a study of true lateral radiographs in 150 patients[J]. Orthopedics, 1987, 10(6): 893-895.
11. Campbell RM Jr, Smith MD, Mayes TC, et al. The characteristics of thoracic insufficiency syndrome associated with fused ribs and congenital scoliosis[J]. J Bone Joint Surg Am, 2003, 85(3): 399-408.
12. Thong W, Parent S, Wu J, et al. Three-dimensional morphology study of surgical adolescent idiopathic scoliosis patient from encoded geometric models[J]. Eur Spine J, 2016, 25(10): 3104-3113.
13. Hey HWD, Chan CX, Wong YM, et al. The effectiveness of full body EOS compared to conventional chest X-ray in preoperative evaluation of the chest for patients undergoing spine operations[J]. Spine, 2018, 43(21): 1502-1511.
14. Gille O, Champain N, Benchikhelfegoun A, et al. Reliability of 3D reconstruction of the spine of mild scoliotic patients [J]. Spine, 2007, 32(5): 568-573.
15. Al-Aubaidi Z, Lebel D, Oudjhane K, et al. Three-dimensional imaging of the spine using the EOS system: is it reliable? a comparative study using computed tomography imaging[J]. J Pediatr Orthop B, 2013, 22(5): 409-412.
16. Somoskeöy S, Tunyogi-Csapo M, Bogyo C, et al. Accuracy and reliability of coronal and sagittal spinal curvature data based on patient-specific three-dimensional models created by the EOS 2D/3D imaging system[J]. Spine J, 2012, 12(11): 1052-1059.
17. Carreau JH, Bastrom T, Petcharaporn M, et al. Computer-generated, three-dimensional spine model from biplanar radiographs: a validity study in idiopathic scoliosis curves greater than 50 degrees[J]. Spine Deform, 2014, 2(2): 81-88.

(收稿日期:2019-06-27 末次修回日期:2020-01-04)

(英文编审 谭 啸)

(本文编辑 李伟霞)