

after microendoscopic laminotomy in patients with lumbar degenerative spondylolisthesis[J]. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg*, 2018, 79(6):479-485.

[7] Simmons ED. Surgical treatment of patients with lumbar spinal stenosis with associated scoliosis[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2001, 384:45-53.

[8] 李穗鸥,杨波,尹飏,等. 经皮椎体成形术或经皮后凸成形术治疗合并脊柱侧凸的脊柱压缩性骨折[J]. *中国微创外科杂志*, 2018, 18(3):244-248.
LI SO, YANG B, YIN B, et al. Percutaneous vertebroplasty or percutaneous kyphoplasty for the treatment of spinal compression fracture combined with scoliosis[J]. *Zhongguo Wei Chuang Wai Ke Za Zhi*, 2018, 18(3):244-248. Chinese.

[9] 瞿杭波,童培建,季卫锋,等. 经皮椎体后凸成形术治疗椎体骨质疏松骨折伴脊柱侧凸的研究[J]. *中国骨伤*, 2016, 29(1):38-40.
QU HB, TONG PJ, JI WF, et al. Percutaneous kyphoplasty for the treatment of osteoporotic vertebral compression fracture with degenerative scoliosis[J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2016, 29(1):38-40. Chinese with abstract in English.

[10] Takemoto M, Boissiere L, Vital JM, et al. Are sagittal spinopelvic radiographic parameters significantly associated with quality of life of adult spinal deformity patients? Multivariate linear regression analyses for preoperative and short-term postoperative health-related quality of life[J]. *Eur Spine J*, 2017, 26(8):2176-2186.

[11] Yang D, Zhang Y, Ma X, et al. Resources utilisation and economic burden of percutaneous vertebroplasty or percutaneous kyphoplasty for treatment of osteoporotic vertebral compression fractures in China: a retrospective claim database study[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2020, 21(1):255.

[12] Shepherd JA, Schousboe JT, Broy SB, et al. Executive summary of the 2015 ISCD position development conference on advanced measures from DXA and QCT: fracture prediction beyond BMD [J]. *J Clin Densitom*, 2015, 18(3):274-286.

(收稿日期:2020-11-20 本文编辑:王宏)

全脊柱成像系统与传统 X 线在腰椎-骨盆矢状面参数的一致性对比

尉峰^{1,2}, 吴静晔¹, 孙宇庆¹, 李加宁¹, 范明星¹, 张宁¹


(1.北京积水潭医院脊柱外科,北京 100035;2.山西中医药大学附属医院脊柱外科,山西 太原 030024)

【摘要】 目的:探讨腰椎-骨盆矢状面参数在全脊柱 EOS[®] 成像系统(whole-spine EOS[®] images, EOS)与传统 X 线成像的一致性。方法:选择 2019 年 5 月至 7 月在北京积水潭医院脊柱外科住院的患者 50 例(男 26 例,女 24 例),进行标准站立位 EOS 脊柱全长正侧位和传统 X 线腰椎骨盆正侧位摄片。2 名主治医师分别使用 Surgimap 软件对 50 例患者 EOS 侧位片和传统 X 线腰椎骨盆侧位片的骨盆入射角(pelvic incidence, PI),骨盆倾斜角(pelvic tilt, PT),骶骨倾斜角(sacral slope, SS),腰椎前凸角(lumbar lordosis, LL)进行测量,并于间隔 2 周后在再次测量。对 2 名医师测量的结果进行一致性检验(可信度分析),对 2 名医师前后 2 次测量结果进行一致性检验(可重复性分析)。利用 4 次测量数据分析腰椎-骨盆矢状面平衡参数在 EOS 与传统 X 线的一致性和差异性。**结果:**使用 EOS 成像和传统 X 线成像测量的 PI 角均值分别为(50.5±12.6)°和(51.4±12.2)°(均值差 0.9, 差值 95%置信区间为 0.2-1.6, P=0.020);PT 角均值分别为(16.2±8.9)°和(16.9±8.6)°(均值差 0.7, 差值 95%置信区间为-0.6-2.0, P=0.283);SS 角均值分别为(34.3±9.9)°和(34.5±10.4)°(均值差 0.2, 差值 95%置信区间为-1.2-1.5, P=0.800);LL 角均值分别为(42.7±14.9)°和(43.3±15.3)°(均值差 0.6, 差值 95%置信区间为-0.8-2.0, P=0.149)。两种不同成像方法测量骨盆 PI 差异有统计学意义(P=0.020, P<0.05),但均差值小(0.9°),无临床差异性;PT、SS、LL 差异无统计学意义(P>0.05)。两种成像方法组间可信度分析显示,2 名医师使用 Surgimap 软件测量侧位 PI、PT、SS、LL 均有极佳的一致性(EOS 成像的相关系数分别为 0.984、0.993、0.980、0.989, X 线成像的相关系数分别为 0.975、0.985、0.976、0.988)。可重复性分析显示,2 名主治医师前后 2 次测量的 PI、PT、SS、LL 均有极佳的一致性(组内 ICC 为 0.963~0.996)。**结论:**在局部腰椎骨盆段, EOS 成像与传统 X 线成像测量的 PI、PT、SS、LL 一致性良好,对指导临床的应用没有差异性。

【关键词】 骨盆测量; 脊柱前凸; EOS[®] 成像; X 线; 计算机软件

中图分类号:R681.5, R816.8

DOI:10.12200/j.issn.1003-0034.2021.11.018

开放科学(资源服务)标识码(OSID): 

基金项目:北京市老龄科技服务创新能力提升项目(编号:Z191100004419007)

Fund program:Supported by Beijing Improving the Innovation Ability of Science and Technology Services for the Elderly Project (No. Z191100004419007)

通讯作者:孙宇庆 E-mail:syuding2004@126.com

Corresponding author:SUN Yu-qing E-mail:syuding2004@126.com

Consistency comparison of the parameters of the lumbar spine-pelvic sagittal plane between the whole-spine EOS images system and traditional X-ray

WEI Feng, WU Jin-ye, SUN Yu-qing*, LI Jia-ning, FANG Ming-xing, and ZHANG

Ning. *Department of Spine Surgery, Beijing Jishuitan Hospital, Beijing 100035, China

ABSTRACT Objective: To explore the consistency of the parameters of the lumbar spine-pelvic sagittal plane between the whole-spine EOS[®] images (EOS) and traditional X-ray imaging. **Methods:** A total of 50 patients (26 males and 24 females) hospitalized in the Spine Surgery Department of Beijing Jishuitan Hospital from May to July 2019 were selected for standard standing EOS full-length spine anterolateral and traditional X-ray lumbar pelvic anterior and lateral X-rays. Two attending physicians used Surgimap software to measure the pelvic incidence (PI), pelvic tilt (PT), sacral slope (SS), lumbar lordosis (LL) of the two types of images and repeated these process after two weeks. The consistency test (reliability analysis) was performed on the results measured by two physicians, and the results measured at the two time points were tested for intra-observer consistency (repeatability analysis). The data were combined to perform consistency and difference tests for the parameters between two types of images finally. **Results:** The mean values of PI measured by EOS imaging and traditional X-ray imaging were $(50.5 \pm 12.6)^\circ$ and $(51.4 \pm 12.2)^\circ$, mean difference 0.9, 95% credible interval (0.2–1.6), $P=0.020$; the mean values of PT were $(16.2 \pm 8.9)^\circ$ and $(16.9 \pm 8.6)^\circ$, mean difference 0.7, 95% credible interval (-0.6–2.0), $P=0.283$; the mean values of SS were $(34.3 \pm 9.9)^\circ$ and $(34.5 \pm 10.4)^\circ$, mean difference 0.2, 95% credible interval (-1.2–1.5), $P=0.800$; the mean values of LL were $(42.7 \pm 14.9)^\circ$ and $(43.3 \pm 15.3)^\circ$, mean difference 0.6, 95% confidence interval (-0.8–2.0), $P=0.149$. The difference in PI between the two imaging methods was statistically significant ($P=0.020$, $P<0.05$), but the average difference was small (0.9°), there was no clinical difference. There were no significant differences in PT, SS and LL between the two imaging methods ($P>0.05$). Inter-group reliability analysis showed excellent agreement between the two physicians in measuring lateral PI, PT, SS and LL using Surgimap software (correlation coefficients within EOS imaging were 0.984, 0.993, 0.980, 0.989; correlation coefficients within X-ray imaging were 0.975, 0.985, 0.976, 0.988). Repeatability analysis showed that PI, PT, SS and LL measured by the two attending physicians at two time points had excellent consistency (ICC within the group was 0.963–0.996). **Conclusion:** In the local lumbar pelvis segment, the PI, PT, SS and LL measured by EOS imaging and traditional X-ray imaging had good agreement, and there was no difference in guiding clinical application.

KEYWORDS Pelvimetry; Lordosis; EOS[®] images; X-rays; Computer software

随着社会的老龄化和脊柱手术患者的增多,脊柱退行性改变或医源性因素等造成的脊柱矢状位失衡也越来越多。Berthonnaud 等^[1]根据骶骨倾斜角(sacral slope, SS)将脊柱矢状位曲线分为 4 种不同类型;后又有人根据骨盆入射角(pelvic incidence, PI)进行改良^[2],用于指导矫正脊柱矢状位失衡的手术治疗。测量腰椎骨盆矢状位参数方法不尽相同,目前多采用 X 线、CT、MRI 测量腰椎骨盆正侧位的 PI, 骨盆倾斜角(pelvic tilt, PT), SS, 腰椎前凸角(lumbar lordosis, LL)^[3]。传统 X 线效率高、成本低,但辐射高、有放大效应,且不能一次照射脊柱全长。全脊柱 EOS[®]成像系统(whole-spine EOS[®] images, EOS)^[4]使用双球管,双探测器同步自上而下线性扫描,一次完成拍摄全身负重功能位的正侧位,是脊柱全长真正意义上的 1:1 无失真成像^[5-6]。相比传统 X 线片, EOS 成像具有辐射量低、图像质量好和像素分辨率高的优点^[7],逐渐成为脊柱失衡影像测量的主要手段,有望成为金标准。过去认为传统 X 线成像时因球管位置固定、锥形束投照导致侧位片有放大效应,但与 EOS 相比放大效应造成的测量误差有多少,文献并没有相关报道。为进一步了解腰椎-骨盆矢状面平衡参数在 EOS 和传统成像之间的一致性与差异性,笔者回顾性分析在北京积水潭医院住院的患者共 50

例,进行标准站立位 EOS 脊柱全长正侧位和传统 X 线腰椎-骨盆正侧位影像摄片的对比。

1 资料与方法

1.1 研究对象

抽取 2019 年 5 月至 7 月在北京积水潭医院住院的患者 50 例,均已行标准站立位 EOS 脊柱全长正侧位(入院后手术前)和传统 X 线腰椎-骨盆正侧位影像摄片(入院前门诊),其中男 26 例,女 24 例,年龄 22~81(57.30 ± 11.86)岁,体质量指数(body mass index, BMI)为 (25.06 ± 3.05) kg/m²。纳入标准:(1)年龄 18~85 岁。(2)腰椎、骨盆、股骨头无手术内固定置入。(3)无明显冠状位脊柱侧弯, Cobb 角 $<10^\circ$ 。(4)有完整的术前 EOS 及传统正侧位 X 线片的电子影像学资料,且时间间隔 <3 个月。本研究经北京积水潭医院伦理委员会审批。

1.2 观察者

随机选择我院 2 位脊柱外科医师,这 2 名医师均为经验丰富的主治医师,至少有 1 年以上从事脊柱诊疗领域工作经验。对这 2 名医师进行 Surgimap 软件操作培训,培训完成后另选 10 例患者的 X 线片交由 2 名医师分别单独测量,由具有 20 年以上从事脊柱研究经验的主任医师评价其使用 Surgimap 软件选取髋轴中点是否正确,终板划线是否标准,考

核其对测量方法的掌握情况^[8]。考核合格后由 2 名医师独立分别对 50 例患者的 X 线片、EOS 片进行测量。

1.3 测量工具

从 Surgimap 官网下载 Surgimap 2.3.2 软件安装后, 将影像归档和通信系统 (picture archiving and communication system, PACS) 中的 X 线片影像资料导入并测量。

1.4 观察项目与方法

(1)测量指标为成人腰椎-骨盆矢状面参数包括 PI、PT、SS、LL。第 1 周:2 名医师在 Surgimap 软件引导下, 分别测量 50 例患者侧位 X 线片的 PI、PT、SS、LL。第 2 周:2 名医师再次使用 Surgimap 软件测量 50 例患者 EOS 侧位的 PI、PT、SS、LL。同一医师先后分别对 50 例患者的传统 X 线片与 EOS 片资料进行 2 次测量, 2 次测量间隔时间不少于 2 周, 每次测量患者的顺序采取乱序。(2)用组内相关系数 (intraclass correlation coefficient, ICC) 来衡量 2 名医师测量结果的组间一致性检验 (可信度分析), 以及对第 2 次与第 1 次测量结果进行观察者组内一致性检验 (可重复性分析)。ICC 值越高表示一致性越好, ICC 为 0.50~0.69 表示一致性较好, ICC 为 0.70~0.89 表示一致性良好, ICC > 0.90 表示一致性极佳^[9]。(3)用前后 4 次测量的腰椎-骨盆矢状面平衡参数 (总计 1 600 个数据), 分析在 EOS 成像系统与普通 X 线的一致性和差异性检验。

1.5 统计学处理

使用 SPSS 26.0 软件对数据进行统计学分析。所测腰椎-骨盆矢状面参数属定量资料以均数±标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 并对参数进行正态分布检验。呈正态分布参数比较采用 *t* 检验; 不符合正态分布的使用非参数 Wilcoxon 配对设计秩和检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义

2 结果

2.1 测量指标的可信度和可重复性

组间可信度分析显示, 2 名观察者使用 Surgimap 软件测量侧位 PI、PT、SS、LL 均有极佳的一致性 (传统 X 线组间 ICC 为 0.975~0.988, EOS 组间 ICC 为 0.980~0.993), 两位观察者间数据测量可信度高; 组内可信度分析显示, 2 名观察者分别前后 2 次使用 Surgimap 软件测量传统 X 线和 EOS 侧位 PI、PT、SS、LL 均有极佳的一致性 (第 1 位观察者传统 X 线组内 ICC 为 0.974~0.996, EOS 组内 ICC 为 0.974~0.992; 第 2 位观察者传统 X 线组内 ICC 为 0.964~0.989, EOS 组内 ICC 为 0.963~0.991) 两位观察者前后 2 次测量误差极低, 可重复性高 (见表 1)。由此得

出 2 名观察者使用 Surgimap 软件测量的 4 组参数 1 600 个数据, 真实可靠, 误差极低, 可重复性高。

表 1 观察者间及观察者内的可信度检测

Tab. 1 Inter-observer and intra-observer reliability testing

组别	影像	ICC			
		PI	PT	SS	LL
2 位观察者间的可信度	X 线	0.975	0.985	0.976	0.988
	EOS	0.984	0.993	0.980	0.989
第 1 位观察者 2 次测量间的可重复性	X 线	0.979	0.996	0.974	0.983
	EOS	0.977	0.992	0.974	0.982
第 2 位观察者 2 次测量间的可重复性	X 线	0.980	0.989	0.972	0.964
	EOS	0.978	0.991	0.963	0.972

2.2 EOS 组和传统 X 线组平衡参数测量值的结果

(1)正态分布检验:PI、PT、SS 符合正态分布 ($P > 0.05$), 采用 *t* 检验。LL 由于不符合正态分布 ($P < 0.05$), 使用非参数 Wilcoxon 配对设计秩和检验。结果见表 2。

表 2 纳入的 50 例患者两种成像腰椎-骨盆矢状位参数一致性分析

Tab.2 Analysis of the consistency of the parameters of the lumbar spine-pelvic sagittal plane in 50 patients between the EOS imaging and traditional X-ray imaging

测量参数	正态检验 <i>P</i> 值	配对 <i>t</i> 检验 <i>P</i> 值	EOS 和 X 线一致性检验 ICC
PI	0.691	0.020	0.976
PT	0.351	0.283	0.872
SS	0.127	0.800	0.891
LL	0.015*	0.149*	0.949*

注: *LL 不符合正态分布, 使用非参数 Wilcoxon 配对设计秩和检验
Note: *LL does not conform to the normal distribution, the non-parametric Wilcoxon paired design rank sum test was used

(2)EOS 组和传统 X 线组的腰椎-骨盆矢状面平衡参数测量值对比: 两种不同成像方法测量的 PI, 差异有统计学意义 ($P = 0.020 < 0.05$), 且一致性极佳 (ICC = 0.976), 但均值差小, 无临床差异性; 两种不同成像方法测量骨盆的 PT、SS、LL 差异均无统计学意义 ($P > 0.05$), 而且一致性良好 (ICC 分别为 0.872、0.891、0.949)。见表 2, 3。

本研究结果显示, 无论在 EOS 成像和传统 X 线成像上测量的 PI、PT、SS、LL 组间一致性极佳, 而且均具备极佳的重测可信度。虽然 PI 角有统计学意义 ($P = 0.020, P < 0.05$), 但均值差很小, 无临床意义。

表 3 纳入的 50 例患者两种成像腰椎-骨盆矢状位参数均值及均值差

Tab.3 Mean value and mean difference of the parameters of the lumbar spine-pelvic sagittal plane in 50 patients between the EOS imaging and traditional X-ray imaging

测量参数	EOS 均值	传统 X 线均值	均值差	差值 95%置信区间
PI	50.5±12.6	51.4±12.2	0.9	0.2-1.6
PT	16.2±8.9	16.9±8.6	0.7	-0.6-2.0
SS	34.3±9.9	34.5±10.4	0.2	-1.2-1.5
LL	42.7±14.9	43.3±15.3	0.6	-0.8-2.0

3 讨论

3.1 脊柱矢状位参数的重要性

随着我国人口老龄化的进展,因脊柱退变导致脊柱矢状位失衡在临床上越来越多。国外学者^[10-11]通过对腰椎融合术后 LL 与 PI 的相关性研究发现,LL 与 PI 不匹配(术后 LL 与 PI 之差大于 9°^[12])的患者术后更容易出现腰痛、下肢疼痛、麻木,以及相邻节段的退变,脊柱矢状位参数的准确测量对手术适应证等方面具有重要指导作用^[13]。脊柱矢状位参数准确测量与脊柱影像的拍摄工具、拍摄的清晰度、参数测量方式及工具都有密切的关系。

3.2 影像设备的不同对脊柱测量参数的影响

(1)传统 X 线的优点:便宜、快速、方便、普及率高,上到大型三甲医院,下到乡镇卫生院都有。缺点是辐射量高、锥形束投照导致图像有放大效应、不能拍摄脊柱全长片,即使合成全长误差也较大,理论上对脊柱矢状位参数的测量可能有一定影响。(2)EOS 的优点:真正意义上的 1:1 无失真扫描,平均 10~25 s 完成全身扫描该系统成像,具有辐射量低、图像质量好和像素分辨率高的优点^[14]。EOS 是脊柱外科手术术后新的标准评估体系,但缺点是价格昂贵,一般医院难以承受,普及率低。笔者研究本课题的初衷就是探讨腰椎-骨盆矢状面平衡参数在 EOS 成像与传统 X 线成像的一致性与差异性,从而指导腰椎-骨盆矢状位失衡等疾病的诊治,以及医院是否需要进一步引进新的成像系统^[15]。

3.3 脊柱参数测量的现状

(1)传统角度的测量:传统角度的测量通过笔、尺与量角器在 X 线片上手动绘制。该方法对于 X 线片的损伤大,不利于 X 线片保存,过多的画线扰乱视野、无法准确定位髋轴中心、干扰医师判断,不利于重复测量。(2)Surgimap 软件测量:目前由美国 Nemaris 公司研发的 Surgimap 软件已成为国际上应用广泛且颇受好评的产品^[16]。该工具有强大的智能

引导功能,可准确定位髋轴中心,提高了测量脊柱骨盆参数的准确性与可重复性,甚至为非脊柱专业的骨科医生、研究人员带来极大的便捷。(3)目前,对于全脊柱/双下肢成像主要采用 X 线拼接法,X 线拼接法分自动拼接和手动拼接,由于采用传统的 X 线投照方法,存在放大失真效应,即在影像采集阶段已存在误差,图像质量及图像拼接的配准不是很理想,图像组织间密度差异大,且需要分几次投照,存在病患位置改变的先天风险,笔者曾经在门诊见过误差 1 个椎体的患者。EOS 影像系统的出现改变了原有的检查方式,但其价格昂贵,目前也只有几个大型医院应用。

3.4 本研究数据的准确度与一致性极佳的原因

数据测量的准确度与一致性是科研可信度和成功的基础,本研究测量数据准确度与一致性极佳可能与以下原因相关:(1)选择测量的 EOS 成像和传统 X 线侧位成像清晰,能清楚的显示双侧股骨头,是准确定位髋轴中心的基础。(2)传统 X 线拍摄时,因其锥形束投照原理,图像存在放大失真,但腰椎侧位因拍摄范围小可能局部放大失真率小,对临床参数测量影响小。(3)应用 Surgimap 软件测量,降低了定位双侧股骨头中心连线中点的困难度,使测量的人为误差减少,一致性和重复性提高^[17]。(4)两位测量者均为脊柱外科主治医师,经验丰富,并经过专业测量培训,减少了测量误差,提高了测量准确度。

3.5 本研究的不足之处

(1)对于腰椎-骨盆畸形的患者,两者测量一致性是否还能保持,是存疑的。(2)对于全脊柱-骨盆矢状位参数在 EOS 成像和传统 X 线上的一致性需进一步研究。

综上所述,在 EOS 成像和传统 X 线片上使用 Surgimap 软件测量腰椎-骨盆矢状位参数 PI、PT、SS、LL,一致性极佳,对指导临床的应用没有差异性。对于没有 EOS 成像系统的医院,仍可应用传统 X 线可靠地开展腰椎-骨盆矢状位失衡的筛查和诊断,尤其对腰-骶椎手术治疗前的评估和术后矫正度数的评价^[18-19]。

参考文献

- [1] Berthonnaud E, Dimnet J, Roussouly P, et al. Analysis of the sagittal balance of the spine and pelvis using shape and orientation parameters[J]. Spinal Disord Tech, 2005, 18(1):40-47.
- [2] Laouissat F, Sebaaly A, Gehrchen M, et al. Classification of normal sagittal spine alignment:refounding the Roussouly classification [J]. Euro Spine J, 2018, 27(8):2002-2011.
- [3] 李巍,朱景雨.基于 EOS 系统的全身矢状面平衡评估的临床应用[J].中国医学物理学杂志,2018,35(7):801-806.
LI W, ZHU JY. Clinical application of whole-body sagittal balance evaluation based on EOS system[J]. Zhongguo Yi Xue Wu Li Xue

- Za Zhi, 2018, 35(7):801-806.
- [4] Yvert M, Diallo A, Bessou P, et al. Radiography of scoliosis: comparative dose levels and image quality between a dynamic flat-panel detector and a slot-scanning device (EOS system)[J]. *Diagn Interv Imaging*, 2015, 96(11):1177-1188.
- [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, Cresson 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 Biomed Engin*, 2012, 15(5):457-466.
- [7] 徐锡明, 魏显招, 王传锋, 等. 青少年特发性脊柱侧凸学校筛查的进展及意义[J]. *脊柱外科杂志*, 2013, (6):360-364.
XU XM, WEI XZ, WANG CF, et al. Progress and significance of school screening for adolescent idiopathic scoliosis[J]. *Ji Zhu Wai Ke Za Zhi*, 2013, (6):360-364. Chinese.
- [8] 马清伟, 李危石, 孙卓然, 等. 中老年人群脊柱-骨盆矢状位参数及其序列拟合关系[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2016, 26(2):146-150.
MA QW, LI WS, SUN ZR, et al. Spino-pelvic sagittal parameters in middle-aged and elderly Chinese: measurements and relationship[J]. *Zhongguo Ji Zhu Ji Sui Za Zhi*, 2016, 26(2):146-150. Chinese.
- [9] 郑欣, 邱勇, 刘臻, 等. 终板法与椎弓根法对青少年特发性胸椎脊柱侧凸 Cobb 角测量的比较[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2012, 22(3):224-228.
ZHENG X, QIU Y, LIU Q, et al. Comparison of Cobb angle between endplate and pedicle measurement for thoracic adolescent idiopathic scoliosis[J]. *Zhongguo Ji Zhu Ji Sui Za Zhi*, 2012, 22(3):224-228. Chinese.
- [10] Aoki Y, Nakajima A, Takahashi H, et al. Influence of pelvic incidence-lumbar lordosis mismatch on surgical outcomes of short-segment transforaminal lumbar interbody fusion[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2015, (16):213.
- [11] Rothenfluh DA, Mueller DA, Rothenfluh E, et al. Pelvic incidence-lumbar lordosis mismatch predisposes to adjacent segment disease after lumbar spinal fusion[J]. *Euro Spine J*, 2015, 24(6):1251-1258.
- [12] Schwab F, Lafage V, Patel A, et al. Sagittal plane considerations and the pelvis in the adult patient[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2009, 34(17):1828-1833.
- [13] 赵耀, 李淳德, 孙浩林. 脊柱矢状位平衡的影像学参数及分型的研究进展[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2012, 22(7):651-655.
ZHAO Y, LI CD, SUN HL. A review of radiological parameters and classification of spinal sagittal balance[J]. *Zhongguo Ji Zhu Ji Sui Za Zhi*, 2012, 22(7):651-655. Chinese.
- [14] Deschênes S, Charron G, Beaudoin G, et al. Diagnostic imaging of spinal deformities: reducing patients radiation dose with a new slot-scanning X-ray imager[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2010, 35(9):989-994.
- [15] Morvan G, Mathieu P, Vuillemin V, et al. Standardized way for imaging of the sagittal spinal balance[J]. *Euro Spine J*, 2011, 20(5):602-608.
- [16] Roussouly P, Pinheiro-Franco JL. Biomechanical analysis of the spino-pelvic organization and adaptation in pathology[J]. *Euro Spine J*, 2011, 20(5):609-618.
- [17] Langella F, Villafaña JH, Damilano M, et al. Predictive accuracy of surgimap surgical planning for sagittal imbalance: a cohort study[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2017, 42(22):1297-1304.
- [18] Hu W, Zhang X, Yu J, et al. Vertebral column decancellation in Pott's deformity: use of Surgimap spine for preoperative surgical planning, retrospective review of 18 patients[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2018, 19(1):13.
- [19] Debarge R, Demey G, Roussouly P. Sagittal balance analysis after pedicle subtraction osteotomy in ankylosing spondylitis[J]. *Euro Spine J*, 2011, 20(5):619-625.

(收稿日期:2021-01-21 本文编辑:王宏)