

临床论著

中国汉族正常成人心骶角的测定及意义

潘 丹¹, 陈大勇¹, 黄庆华¹, 蒋会平¹, 钟红霞², 江威霖³, 吴罗根¹

(1 株洲市中心医院脊柱外科; 2 放射科; 3 心胸外科 412000 株洲市)

【摘要】目的:测量脊柱与内脏的测量参数心骶角在脊柱全长正侧位 X 线片上的数据, 比较心骶角在不同性别和不同年龄组间差异, 并探索其临床应用价值。**方法:**纳入正常成人 108 例, 男 53 例, 女 55 例, 年龄 18~60 岁, 按照性别和年龄(18~44 为青年, 45~60 为中年)分成四组: 第一组为青年男性组(21 例); 第二组为中年男性组(32 例); 第三组为青年女性组(26 例); 第四组为中年女性组(29 例)。将脊柱全长正位 X 线片上 S1 上终板中点和心脏冠状位最外侧点连线与重垂线之间的夹角定义为冠状位心骶角; 将脊柱全长侧位 X 线片上 S1 上终板中点和心脏矢状位最前点连线与重垂线之间的夹角定义为矢状位心骶角。采用单因素方差分析比较各组间角度差异。采用独立样本 *t* 检验比较男女性别间角度差异, 采用组内相关系数评估观测者间信度、观测者内信度以及测量的可重复性。**结果:**冠状位心骶角测值: 青年男性组 $19.6^{\circ} \pm 2.8^{\circ}$, 中年男性组 $20.6^{\circ} \pm 3.5^{\circ}$, 青年女性组 $19.5^{\circ} \pm 3.6^{\circ}$, 中年女性组 $20.8^{\circ} \pm 2.3^{\circ}$ 。矢状位心骶角测值: 青年男性组 $17.0^{\circ} \pm 4.4^{\circ}$, 中年男性组 $16.7^{\circ} \pm 4.3^{\circ}$, 青年女性组 $14.7^{\circ} \pm 3.5^{\circ}$, 中年女性组 $16.3^{\circ} \pm 4.8^{\circ}$ 。冠状位和矢状位心骶角在各组间的差异无显著性($P > 0.05$)。冠状位和矢状位心骶角在男女性别间无显著性差异($P > 0.05$)。评估观测者间客观信度、观测者内精确信度和测量的可重复性的组内相关系数在 0.89~0.98 之间($P < 0.05$)。**结论:**中国汉族正常成人心骶角是一个解剖常数, 具有良好的信度和可重复性, 可以作为脊柱-内脏指标参与评估脊柱在冠状位和矢状位的平衡。

【关键词】 心骶角; 脊柱; 矢状面平衡; 冠状面平衡; 放射摄影术

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2017.11.03

中图分类号: R445.4 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2017)-11-0972-05

The measurement and significance of heart-sacral angles in normal Han nationality adults in China/PAN Dan, CHEN Dayong, HUANG Qinghua, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2017, 27(11): 972-976

【Abstract】Objectives: To measure a new spine-internal organ parameter: heart-sacral angle, in full length, free-standing spine radiograph, and to compare the differences between genders and ages and the clinical values. **Methods:** A prospective cohort of 108 normal Han nationality adults in China were divided into 4 groups: Group 1(18-44y, males); Group 2(45-60y, males); Group 3(18-44y, females); Group 4(45-60y, females). Coronal heart-sacral angle was defined as the angle between a vertical line through the midpoint of S1 endplate and a line connecting the midpoint of S1 endplate to the outermost point of heart in full length, free-standing posteroanterior spine radiographs. Sagittal heart-sacral angle defined as the angle between a vertical line through the midpoint of S1 endplate and a line connecting the midpoint of S1 endplate to the front point of heart in full length, free-standing lateral spine radiographs. One-way Anova test was used to compare the angle differences among 4 groups. Two-sample *t*-test was used to compare the angle differences between genders. Intraclass correlation coefficient(ICC) was used to reflect the consistency of measurements by the same observer, among the three observers and repeatability of the three measurements by three observers. **Results:** Coronal heart-sacral angle was Group 1, $19.6^{\circ} \pm 2.8^{\circ}$; Group 2, $20.6^{\circ} \pm 3.5^{\circ}$; Group 3, $19.5^{\circ} \pm 3.6^{\circ}$; Group 4, $20.8^{\circ} \pm 2.3^{\circ}$. Sagittal heart-sacral angle was Group 1, $17.0^{\circ} \pm 4.4^{\circ}$; Group 2, $16.7^{\circ} \pm 4.3^{\circ}$; Group 3, $14.7^{\circ} \pm 3.5^{\circ}$; Group 4, $16.3^{\circ} \pm 4.8^{\circ}$. There were no significant differences in coronal and sagittal heart-sacral angles among 4 groups and between genders($P > 0.05$). ICC of the consistency of measurements by the same observer, among the three observers and repeatability of the three measurements by three observers was between

第一作者简介: 男(1981-), 副主任医师, 硕士研究生, 研究方向: 脊柱外科

电话: (0731)28561290 E-mail: 52519675@qq.com

通讯作者: 陈大勇 E-mail: 13507330562@163.com

0.89–0.98($P < 0.05$). **Conclusions:** Heart–sacral angles in normal Han nationality adults in China are anatomical constants with good reliability and reproducibility, it can be used as spine–internal organ parameters to evaluate the coronal and sagittal balances of spine.

【Key words】 Heart–sacral angle; Spine; Sagittal balance; Coronal balance; Radiography

【Author's address】 Department of spinal surgery, Zhuzhou Central Hospital, 412000, Zhuzhou, China

脊柱的稳定不仅来自于脊柱本身冠状位、矢状位的平衡,同时也来自于头颅、双肩、脊柱、骨盆、下肢的整体平衡。在不断的探索中,很多衡量脊柱平衡的指标^[1–4]被广泛应用于脊柱侧凸、脊柱后凸、腰椎滑脱等脊柱失平衡疾病的研究中,为这些疾病的分型、手术方式、预后等提供依据。但是这些指标均以 X 线片上骨性标志为主,内脏器官往往被忽视。脊柱好比一根桅杆,胸腹腔的内脏器官通过韧带、纤维、肌肉等各种方式挂在桅杆之上。在内脏器官中,心脏最为重要,心尖所在的位置,即冠状位最外侧点、矢状位最前点^[5],位置固定且易定位,因此本研究将心尖作为内脏标志。在骨性结构标志的选择方面,选择易定位且系统误差较小的 S1 上终板中点作为骨性结构的解剖标志。本研究将心尖影和 S1 上终板中点连线与重垂线夹角定义为心骶角,纳入反映脊柱平衡的指标中来反映脊柱总体平衡状况。测量志愿者冠状位及矢状位心骶角,研究统计学分布规律、不同年龄和性别间差异,评估其信度和可重复性。

1 资料与方法

1.1 一般资料

2014 年 1 月~2017 年 6 月,门诊招募汉族正常成人志愿者,主要来自本院医生、护士、实习生及本地大学生。

入选标准:(1)年龄 18~60 岁之间;(2)无脊柱及骨关节病史;(3)无心血管疾病病史,胸部正位片心/胸比值 ≤ 0.50 ^[6]。排除标准:(1)脊柱畸形(脊柱侧凸、脊柱后凸、椎体旋转等)或压缩性改变;(2)心影扩大,心/胸比值 >0.50 。(3)脊柱全长正侧位片上无法清晰显示心尖位置及 S1 上终板前后角。最终纳入 108 例,其中男 53 例,女 55 例;年龄最小 18 岁,最大 60 岁,为方便统计和比较,按照性别和年龄,分成四组:第一组为青年男性组,18~44 岁,21 例;第二组为中年男性组,45~60 岁,32 例;第三组为青年女性组,18~44 岁,26 例;第四组为中年女性组,45~60 岁,29 例。

拍摄脊柱全长侧位片,标准姿势为患者自然

站立,双膝绷紧,平视前方,双上肢上抬约 45°,手指接触锁骨,即双上肢抱胸体位。

1.2 测量参数

冠状位心骶角:在脊柱全长正位 X 线片上测量 S1 上终板中点和心脏冠状位最外侧点连线,与重垂线的夹角(图 1)。矢状位心骶角:在脊柱全长侧位 X 线片上测量 S1 上终板中点和心脏矢状位最前点连线,与重垂线的夹角(图 2)。

所有参数由一名脊柱外科医生、一名放射科医师和一名胸外科医师共同利用电脑软件测量,每间隔一周测量 1 次,共 3 次,取平均值作为每例的测量值。

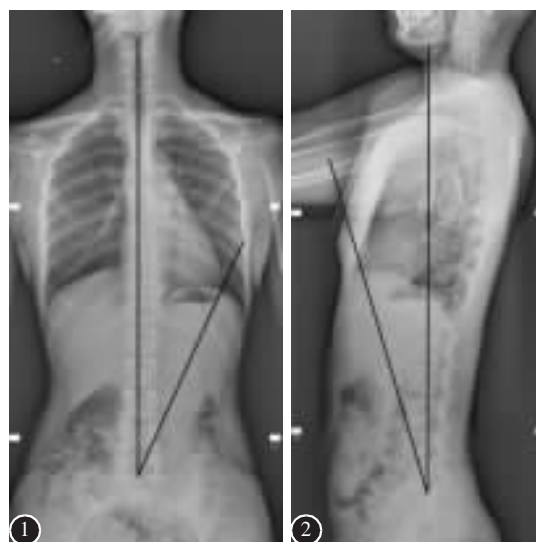


图 1 冠状位心骶角,在脊柱全长正位 X 线片上测量 S1 上终板中点和心脏冠状位最外侧点连线与重垂线的角度
图 2 矢状位心骶角,在脊柱全长侧位 X 线片上测量 S1 上终板中点和心脏矢状位最前点连线与重垂线的角度

Figure 1 Measurement of coronal heart–sacral angle, the angle between a vertical line through the midpoint of S1 endplate and a line connecting the midpoint of S1 endplate to the outermost point of heart in full length, free-standing posteroanterior spine radiographs **Figure 2** Measurement of sagittal heart–sacral angle: the angle between a vertical line through the midpoint of S1 endplate and a line connecting the midpoint of S1 endplate to the forefront point of heart in full length, free-standing lateroal spine radiographs

1.3 统计学分析

计量资料以均数 $\pm$ 标准差表示,应用 K-S 法和 S-W 法进行计量资料的正态性检验,两组间资料比较采用独立样本 t 检验,多组间资料比较采用单因素方差分析,通过组内相关系数(intraclass correlation coefficient, ICC) 评估观测者间客观信度、观测者内精确信度和 3 位观测者 3 次测量的可重复性。使用 SPSS 17.0 统计学软件分析,检验水准 $\alpha=0.05$, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

矢状位、冠状位心骶角测量值见表 1。K-S 法和 S-W 法对各组数据进行正态性检验,各组矢状位、冠状位心骶角测值服从正态分布($P>0.05$)。单因素方差分析结果显示,矢状位和冠状位心骶角在各组间无显著性差异($P>0.05$,表 1)。

不同年龄和性别之间矢状位、冠状位心骶角的差异均无显著性,采用两独立样本 t 检验进一步比较男女性别间矢状位、冠状位心骶角的差异。从结果可以看出,男女性别间矢状位、冠状位心骶角均无显著性差异($P>0.05$,表 2)。中国汉族正常

成人矢状位心骶角 $16.1^{\circ}\pm 4.3^{\circ}$, 冠状位心骶角 $20.2^{\circ}\pm 3.1^{\circ}$ 。

评估观测者间客观信度、观测者内精确信度和 3 位观测者三次测量的可重复性的组内相关系数在 0.86~0.98 之间, $P<0.05$ (表 3)。

3 讨论

脊柱位于正常人躯干后背正中,前后成一直线,侧面有颈椎前凸、胸椎后凸、腰椎前凸和骶椎后凸四个生理弯曲。脊柱平衡包括矢状位平衡和冠状位平衡。学者们分别从影像学资料和外观评价的角度出发,提出了一系列评价指标,评估脊柱平衡状态,指导脊柱失平衡疾病的诊断治疗。

目前脊柱平衡相关研究大部分都集中对矢状面的研究。常用的指标包括:(1)矢状垂直轴(sagittal vertical axis, SVA),测量 C7 铅垂线(C7 plumb line, C7PL)至 S1 终板上角的垂直距离。Schwab 认为 SVA 与退变性脊柱病患者的生活质量相关,理想的矢状位平衡为 $SVA<5\text{cm}$, SVA 越大,生活质量越差^[1,7]。(2)矢状面上常用的角度测量指标。胸椎后凸角(thoracic kyphosis, TK): T5 椎体上终板与 T12 椎体下终板之间的角度,正常范围 $<50^{\circ}$; 胸腰段后凸角(thoracolumbar kypho-

表 1 各组矢状位、冠状位心骶角测量值
Table 1 The value of coronal and sagittal heart-sacral angles in 4 groups

	矢状位心骶角 Sagittal heart sacral angle	冠状位心骶角 Coronal heart sacral angle
青年男性组 Young male group	$17.0^{\circ}\pm 4.4^{\circ}$	$19.6^{\circ}\pm 2.8^{\circ}$
中年男性组 Middle male group	$16.7^{\circ}\pm 4.3^{\circ}$	$20.6^{\circ}\pm 3.5^{\circ}$
青年女性组 Young female group	$14.7^{\circ}\pm 3.5^{\circ}$	$19.5^{\circ}\pm 3.6^{\circ}$
中年女性组 Middle female group	$16.3^{\circ}\pm 4.8^{\circ}$	$20.8^{\circ}\pm 2.3^{\circ}$
P 值 P value	0.229	0.277

表 2 男女性别间矢状位、冠状位心骶角测量值
Table 2 The value of coronal and sagittal heart-sacral angles in males and females

	冠状位心骶角 Coronal heart-sacral angle	矢状位心骶角 Sagittal heart-sacral angle
男(53 例) Male	$20.2^{\circ}\pm 3.3^{\circ}\text{①}$	$16.8^{\circ}\pm 4.3^{\circ}\text{①}$
女(55 例) Female	$20.2^{\circ}\pm 3.1^{\circ}$	$15.5^{\circ}\pm 4.3^{\circ}$
总体均值 Mean	$20.2^{\circ}\pm 3.1^{\circ}$	$16.1^{\circ}\pm 4.3^{\circ}$

注:①与女性组相比, $P>0.05$

Notes: ①Compared with female group, $P>0.05$

表 3 观测者间和观测者内测量心骶角的一致性检验结果
Table 3 The results of interobserver and intraobserver agreement of heart sacral angle

	冠状位心骶角 Coronal heart sacral angle		矢状位心骶角 Sagittal heart sacral angle	
	相关系数 ICC	P 值 P value	相关系数 ICC	P 值 P value
第一次测量信度 IR of the first measurement	0.92	0.00	0.98	0.00
第二次测量信度 IR of the second measurement	0.86	0.00	0.97	0.00
第三次测量信度 IR of the third measurement	0.90	0.00	0.96	0.00
第一位观测者信度 Test-retest reliability by first observer	0.92	0.00	0.98	0.00
第二位观测者信度 Test-retest reliability by second observer	0.91	0.00	0.98	0.00
第三位观测者信度 Test-retest reliability by third observer	0.89	0.00	0.95	0.00
可重复性 Repeatability	0.90	0.00	0.97	0.00

sis, TLK): T10 椎体上终板与 L2 椎体下终板之间的角度, 正常范围 $<20^\circ$; 腰椎前凸角 (lumbar lordosis, LL): L1 椎体上终板与 L5 椎体下终板之间的角度, 正常范围 $>40^\circ$ 。Glassman 等^[2]认为即使轻度的矢状面失平衡对患者也是有害的, 症状的严重程度与矢状面失衡的进展呈线性相关。

脊柱冠状位的指标相对较少, 但对于评估脊柱平衡也是必不可少。主要有: (1) C7PL-CSVL, C7 铅垂线到骶骨中垂线的距离^[2,8]。Lowe 等^[9]提出 C7PL-CSVL 超过 3cm, 即可认定脊柱冠状面失平衡。Glassman 等^[10]将 C7PL-CSVL 的距离 >3.5 cm 定义为脊柱冠状面失平衡。Ploumis 等^[11]认为 C7PL-CSVL 大于 5cm 可影响脊柱生理功能, 大于 6cm 则导致更严重的躯体疼痛。(2) Cobb 角^[12], 侧凸节段上端椎上终板平行线及下端椎下终板平行线之间的夹角, 是测量脊柱侧凸应用最广泛的参数。(3) 椎体侧方移位、椎体倾斜度及椎体旋转, 椎体侧方移位指相邻椎体同一侧缘间的平移距离; 椎体倾斜度指椎体上终板平行线与水平线之间的夹角; 椎体旋转在 X 线片上的测量主要还是依据 Nash-Moe^[13]提出的方法, 将正位片上椎体旋转定义为椎弓根投影与椎体的相对位置, 分为 0~4 度。(4) 双肩平衡指标, 双肩高度差、T1 倾斜角、锁骨倾斜角、喙突高度差、锁胸交点高度差等^[13-15]。

随着基础和临床研究的深入, 学者们发现, 单纯对脊柱本身进行研究远远不能反映整体躯干平衡的状况, 临床也出现了很多脊柱畸形良好但整体平衡不佳的病例。脊柱-骨盆指标随之成为研究热点。骨盆入射角 (pelvic incidence, PI) 首先由 Duval-Beaupere 等^[4]提出, 指 S1 上终板中点与股骨头中心 (HA) 连线和经过 S1 上终板中点的 S1 上终板垂线之间的夹角。PI 角客观反映 S1 上终板与股骨头的解剖位置关系, 不受主观症状及体位变化的影响, 是一个解剖常数。Legaye 等^[16]对 PI, PT (骨盆倾斜角: S1 终板中点和股骨头中心连线与重垂线的夹角) 和 SS (骶骨倾斜角: 水平线和 S1 上终板之间夹角) 的关系进行进一步研究发现, $PI=PT+SS$ 。该研究使 PI 成为目前最重要、最常使用的脊柱-骨盆矢状面解剖参数, 奠定了其在脊柱疾病诊治中的重要地位, 广泛用于各类脊柱失平衡疾病的矫形手术中^[17,18]。

目前上述各种评价脊柱平衡的指标大部分以测量骨性标准为主, 未考虑到内脏器官的影响, 无

法代表真实的躯干力线。同时, 脊柱畸形矫形并非要将脊柱畸形完全矫正, 而一样能达到整体平衡, 这就提示我们脏器在脊柱平衡中也有其重要作用, 故本研究将心骶角纳入。

人体结构复杂, 骨骼、肌肉、内脏等组织分布不完全对称。正常人自然站立时, 躯干重心落在髋轴上, 骨盆处于中立位。以往各类指标, 不管是距离还是角度, 大部分均以 X 线片上测量骨性标志为主。事实上, 以心脏为代表的内脏器官, 通过韧带、纤维等方式固定于胸腔及腹腔内, 占据躯干的大部分质量, 对躯干的整体平衡有显著的影响。但以内脏为参考的平衡参数却非常少见。铅垂线能反映真实的躯干力线, 但在常规的影像学资料中无法显示, 必须通过特殊的检测设备 (force plate) 才能显现出来。Fegoun 等^[19]比较成人志愿者和侧凸患者后发现, 冠状位 C2 或 C7 铅垂线向躯干右侧偏移, 在矢状面上向前偏移。因此, 虽然 C2 或 C7 铅垂线虽然应用普遍, 观察方便, 但其作为真正的重心平衡标志的价值仍疑问。Schwab 等^[20]认为在矢状位片上铅垂线在椎体前方, 而非 C7 铅垂线。常规的脊柱全长 X 线片上是否存在一个较为固定的内脏标志联系脊柱, 作为脊柱-内脏指标用来衡量脊柱-内脏的整体平衡呢? 目前国内外的研究仍非常少见。宋凯等^[21]通过比较强直性脊柱炎胸腰段后凸畸形矫形手术前后肺门位置的变化, 发现矫形前后肺门垂线通常总是落在髋轴上, 认为肺门可作为躯干重心的影像学标记应用于强直性脊柱炎胸腰段后凸畸形的矫形设计。但受限于 X 线片的曝光条件, 部分 X 线片上寻找肺门仍然是一件比较困难的事。

相对于肺门, 心脏的位置在 X 线片上显影更加清楚, 尤其是心尖所在的位置, 即冠状位最外侧点、矢状位最前点, 位置固定且容易定位, 测量简单、直观, 此为本文研究的优点之一。本研究结果显示, 男女各年龄组矢状位、冠状位心骶角测值服从正态分布且矢状位和冠状位的心骶角在性别和不同年龄之间没有统计学差异, 正常汉族成人矢状位心骶角为 $16.1^\circ \pm 4.3^\circ$, 冠状位心骶角为 $20.2^\circ \pm 3.1^\circ$ 。可能因人而异, 但角度变化不大, 男女性别间矢状位、冠状位心骶角的差异均无显著性 ($P>0.05$), 提示心骶角为一解剖常数。观测者间客观信度、观测者内精确信度和 3 位观测者 3 次测量的可重复性组内相关系数, 按照 Landis 和 Koch^[22]

的一致性强度判定标准, ICC 值 0.81~1.00 为一致性极佳。本研究 ICC 值均大于 0.81, 表明心骶角有极佳的信度和可重复性, 此为本文研究的优点之二。综上所述, 心骶角可以作为脊柱-内脏指标参与评估脊柱在冠状位和矢状位的平衡, 也可以将其纳入脊柱矫形、重建稳定的手术设计中。

心骶角作为一个独立观测指标, 是否与 PI、TK、TLK、LL 等常用指标存在相关性, 在老年或退变性脊柱侧凸的人群中有何变化, 在脊柱矫形手术前后变化如何, 如何进一步指导临床应用, 都有待进一步研究。同时作为联系脊柱和内脏的测量指标, 心骶角不仅受到脊柱退变的影响, 而且受到心肺疾病, 尤其是心脏本身变化的影响, 应用有一定的局限性。同时本研究还存在一些不足之处, 如本研究为单中心研究, 招募的志愿者有限, 志愿者的选择上可能存在偏倚, 且志愿者绝大部分来自于本地区, 也未考虑到身高、体重、骨密度等因素, 可能对结论的可靠性产生一定的影响。因此真正的心骶角测定有待于多中心大样本的调查。

4 参考文献

- Schwab F, Patel A, Ungar B, et al. Adult spinal deformity postoperative standing imbalance: how much can you tolerate? An overview of key parameters in assessing alignment and planning corrective surgery[J]. Spine, 2010, 35(25): 2224-2231.
- Glassman SD, Berven S, Bridwell K, et al. Correlation of radiographic parameters and clinical symptoms in adult scoliosis[J]. Spine, 2005, 30(6): 682-688.
- Nash CL, Moe JH. A study of vertebral rotation[J]. J Bone Joint Surg Am, 1969, 51(2): 223-229.
- Duval-Beaupere G, Schimdt C, Cosson P. A baricentremetric study of the sagittal shape of spine and pelvis: the conditions required for an economic standing position [J]. Ann Biomed Eng, 1992, 20(4): 451-462.
- 傅长根. X 线读片指南[M]. 南京: 江苏科技出版社, 2016. 173-176.
- 白人驹, 徐克. 医学影像学[M]. 第 7 版. 北京: 人民卫生出版社, 2013. 137.
- Schwab F, Blondel B, Bess S, et al. Radiographical spinopelvic parameters and disability in the setting of adult spinal deformity: a prospective multicenter analysis[J]. Spine, 2013, 38(13): 803-812.
- Schwab F, Farcy JP, Bridwell K, et al. A clinical impact classification of scoliosis in the adult[J]. Spine, 2006, 31(18): 2109-2114.
- Lowe T, Berven SH, Schwab F, et al. The SRS classification for adult spinal deformity: building on the King/Moe and Lenke classification systems[J]. Spine, 2006, 31(19 Suppl): S119-125.
- Glassman SD, Bridwell K, Dimar JR, et al. The impact of positive sagittal balance in adult spinal deformity[J]. Spine, 2005, 30(18): 2024-2029.
- Ploumis A, Liu H, Mehdood AA. A correlation of radiographic and functional measurements in adult degenerative scoliosis[J]. Spine, 2009, 34(15): 1581-1584.
- Cobb J. Outline for the study of scoliosis[J]. Instr Course Lect, 1948, 5: 261-275.
- Akel I, Pekmezci M, Hayran M, et al. Evaluation of shoulder balance in the normal adolescent population and its correlation with radiological parameters [J]. Eur Spine J, 2008, 17(3): 348-354.
- Kuklo TR, Lenke LG, Graham EJ, et al. Correlation of radiographic, clinical, and patient assessment of shoulder balance following fusion versus nonfusion of the proximal thoracic curve in adolescent idiopathic scoliosis[J]. Spine, 2002, 27(18): 2013-2020.
- Bagó J, Carrera L, March B, et al. Four radiological measures to estimate shoulder balance in scoliosis [J]. J Pediatr Orthop B, 1996, 5(1): 31-34.
- Legaye J, Duval-Beaupere 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.
- Liu Y, Liu Z, Zhu F, et al. Validation and reliability analysis of the new SRS-Schwab classification for adult spinal deformity[J]. Spine, 2013, 38(11): 902-908.
- Lafage V, Schwab F, Skalli W, et al. Standing balance and sagittal plane spinal deformity: analysis of spinopelvic and gravity line parameters[J]. Spine, 2008, 33(14): 1572-1578.
- Fegoun EI, Schwab F, Gamez L, et al. Center of gravity and radiographic posture analysis: a preliminary review of adult volunteers and adult patients affected by scoliosis[J]. Spine, 2005, 30(13): 1535-1540.
- Schwab F, Lafage V, Boyce R, et al. Gravity line analysis in adult volunteers: age-related correlation with spinal parameters, pelvic parameters, and foot position[J]. Spine, 2006, 31(25): E959-967.
- 宋凯, 张永刚, 李杰静, 等. 肺门作为躯干重心对强直性脊柱炎胸腰段后凸畸形矫形的意义 [J]. 中国骨与关节杂志, 2014, 3(10): 756-762.
- Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data [J]. Biometrics, 1977, 33(1): 159-174.

(收稿日期: 2017-06-28 末次修回日期: 2017-10-23)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 姜雅浩)