

成人特发性脊柱侧凸患者脊柱-骨盆矢状位平衡分析

李危石¹, 陈仲强¹, Kirkham B Wood²

(1 北京大学第三医院骨科 100191 北京市; 2 美国哈佛大学附属麻省总医院骨科 02114 美国马萨诸塞州波士顿市)

【摘要】目的:分析不同类型成人特发性脊柱侧凸(IS)患者的脊柱-骨盆矢状位平衡情况。**方法:**回顾分析 2002 年 4 月~2009 年 4 月收治的 83 例成人 IS 患者,男 16 例,女 67 例,年龄 20~84 岁,平均 43 岁。在全脊柱站立位 X 线正侧位片(包括双侧髋关节)上测量侧凸 Cobb 角、胸椎后凸角(TK)、胸腰段后凸角(TLJ)、腰椎前凸角(LL)、骨盆入射角(PI)、骶骨倾斜角(SS)、骨盆倾斜角(PT)以及 C7 铅垂线与 S1 后上缘的水平距离(SVA)。将患者分为胸弯组和腰弯组,比较两组患者的脊柱-骨盆矢状位参数,分析各参数间的相关性及各参数与年龄的相关性。**结果:**胸弯组共 39 例,平均年龄 40.9 岁,主弯角度平均 45.8°;腰弯组共 44 例,平均年龄 44.8 岁,主弯角度平均 39.5°。两组患者的年龄无统计学差异($P>0.05$)。两组的 TK、TLJ、LL、PI、SS、PT 均无统计学差异($P>0.05$),但腰弯组的 SVA 明显大于胸弯组($P<0.05$)。在 ≤ 40 岁患者中,胸弯组和腰弯组患者的脊柱-骨盆矢状位序列无统计学差异($P>0.05$);在 >40 岁患者中,腰弯组患者 SVA 和 PT 大于胸弯组($P<0.05$),余参数两组间无统计学差异($P>0.05$)。胸弯组 9 例(23.1%)出现脊柱失平衡,其中 7 例为负向失平衡;腰弯组 12 例(27.3%)出现脊柱失平衡,其中 8 例为正向失平衡。两组的 LL 与 TK、SS 有相关性,PI 与 PT、SS 有相关性,SVA 与 LL、SS、PT 有相关性,年龄与 SVA、PT 有相关性。与胸弯组不同,腰弯组患者的 PI 与 LL 无相关性,而年龄与 LL、SS 有相关性,PT 与 LL、SS 有相关性。**结论:**成人 IS 中,胸弯和腰弯患者的骨盆形态无差别,骨盆与脊柱的矢状位序列密切相关,年龄与躯干平衡相关。胸弯患者易出现脊柱负向失平衡,而腰弯患者更易出现脊柱正向失平衡。

【关键词】特发性脊柱侧凸;脊柱;骨盆;矢状位平衡;成人

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2011.03.08

中图分类号:R682.3 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2011)-03-0207-05

Analysis of spinopelvic sagittal alignment in adult patients with idiopathic scoliosis/LI Weishi, CHEN Zhongqiang, Kirkham B Wood//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2011, 21(3): 207~211

【Abstract】 Objective: To analyze the spinopelvic sagittal alignment in adult patients with idiopathic scoliosis according to curve types. **Method:** The sagittal spinopelvic parameters and scoliosis curves types were analyzed retrospectively in standing radiographs of 83 adult patients (mean age 43.0 years) with adult idiopathic scoliosis, these parameters included Cobb angle of primary scoliosis, thoracic kyphosis (TK), thoracolumbar junction kyphosis (TLJ), lumbar lordosis (LL), pelvic incidence (PI), sacrum slope (SS), pelvic tilt (PT) and sagittal vertical axis (SVA). According to SRS classification, the patients were divided into two groups, thoracic curve and lumbar curve. All spinopelvic parameters between two groups were compared. The correlations between parameters as well as these parameters with age were analyzed. **Result:** The average age of 39 patients with thoracic curve was 40.9, while that for 44 patients with lumbar curve was 45.8. No age-related difference was noted between two groups. Also no difference for all spinopelvic parameters except SVA was noted. The SVA in patients with lumbar curve was significantly greater than that with thoracic curve ($P<0.05$). For patients less than 40 years old, all spinopelvic parameters between two groups showed no difference, while for patients older than 40 years old, SVA and PT in lumbar curve group were significantly greater than those in thoracic curve group ($P<0.05$). In thoracic curve group, 9 patients had SVA more than ± 50 mm. Among them 7 patients were negative imbalance. In lumbar curve group, 12 patients had SVA more than ± 50 mm, and 8 patients of them were positive im

第一作者简介:男(1972-),副教授,研究方向:脊柱外科

电话:(010)82266688 E-mail:liweishi@medmail.com.cn

通讯作者:Kirkham B Wood E-mail:kbwood@partners.org

balance. In both two groups, there were significant correlations between LL and TK, LL and SS, PI and SS, PI and PT, SVA and LL, SVA and SS, SVA and PT, age and SVA, and age and PT. PI showed significant correlation with LL in patients with thoracic curve while no correlation with LL in patients with lumbar curve. Unlike thoracic curve group, no relationship between PI and LL in lumbar curve group were noted, while there were significant correlations between age and LL, age and SS, PT and LL, and PT and SS. **Conclusion:** In adult patients with idiopathic scoliosis, there is no difference with respect to pelvic shape between thoracic and lumbar curves, and the pelvic is related to alignment of spine sagittal plane, age is related the imbalance of spine. Thoracic curve is apt to lead to negative imbalance, while lumbar curve is apt to lead to positive imbalance.

【Key words】 Idiopathic scoliosis; Spine; Pelvic; Sagittal balance; Adult

【Author's address】 Department of Orthopaedics, Peking University Third Hospital, Beijing, 100191, China

青少年特发性脊柱侧凸 (adolescence idiopathic scoliosis, AIS) 虽然是脊柱在冠状位上的畸形, 但研究发现患者的脊柱矢状位曲度以及骨盆形态与正常人群有所不同, 而且不同侧凸类型 AIS 患者之间的脊柱矢状位序列也有所不同^[1,2]。对于成年脊柱侧凸患者, 随着畸形的进展和/或脊柱的退行性改变, 一些患者逐渐出现疼痛等临床症状, 这些临床症状以及患者的预后常与脊柱矢状位序列、骨盆形态密切相关^[3,4]。因此, 研究成人特发性脊柱侧凸 (IS) 患者的脊柱-骨盆序列及形态具有重要的临床意义。但到目前为止, 关于成人 IS 患者脊柱-骨盆序列的报道较少, 且尚无针对不同侧凸类型的成人 IS 患者的脊柱-骨盆序列及形态的比较研究。本研究对一组成人 IS 患者的影像学资料进行分析, 旨在观察不同侧凸类型的成人 IS 患者的脊柱-骨盆矢状位平衡情况。

1 资料与方法

1.1 一般资料

病例纳入标准: (1) 年龄 ≥ 20 岁; (2) 在青少年时期被确诊为 AIS; (3) 脊柱侧凸 Cobb 角 $> 15^\circ$ 。病例排除标准: (1) 有骨盆、髋关节或下肢疾病史或功能异常; (2) 有脊柱压缩骨折、代谢性骨病、感染或脊柱肿瘤; (3) 有既往脊柱手术史。在 2002 年 4 月~2009 年 4 月就诊于哈佛大学麻省总医院骨科的全部成人脊柱侧凸患者中, 凡符合上述入选条件的患者均纳入本研究。根据病例影像学检查结果并依据脊柱侧凸研究会 (SRS) 成人脊柱侧凸分型^[5], 将单胸弯、双胸弯及腰弯患者纳入本研究, 并分成胸弯组 (包括单胸弯和双胸弯) 和腰弯组。

1.2 影像学测量

所有患者均行全脊柱站立位 X 线正侧位片 (包括双侧髋关节) 及脊柱左右侧弯像 (Bending 像), 在正位片上测量侧凸 Cobb 角, 在侧位片上测量胸椎后凸角 (thoracic kyphosis, TK)、胸腰段后凸角 (thoracolumbar junction kyphosis, TLJ)、腰椎前凸角 (lumbar lordosis, LL)、骨盆入射角 (pelvic incidence, PI)、骶骨倾斜角 (sacrum slop, SS)、骨盆倾斜角 (pelvic tilt, PT) 以及脊柱的矢状位平衡 (sagittal vertical axis, SVA) (图 1)。具体测量方法如下: TK, T4 上终板与 T12 下终板间的夹角^[1,6]; TLJ, T10 上终板与 L2 下终板间的夹角; LL, L1 上终板与 S1 上终板间的夹角, 前凸角度为负值, 若腰椎前凸消失变为后凸, 则角度为正值; PI, 经 S1 终板中点作一条垂直于 S1 终板的直线, 同时作一条直线经过 S1 终板中点以及双侧股骨头中心连线中点, 两条直线的夹角为 PI; SS, S1 终板与水平直线间的夹角; PT, 作一条直线经过 S1 上终板中点, 以及两侧股骨头中心连线中点, 此直线与铅垂线间的夹角; SVA, 经 C7 椎体中心所作的铅垂线与 S1 后上缘的水平距离, 铅垂线位于 S1 后上缘前方为正值, 位于后方为负值, 矢状位失平衡为 SVA 超过 ± 50 mm。

1.3 统计学方法

用 SPSS 13.0 统计学软件进行统计学分析。采用 Pearson 相关性分析对各参数间的相关性及年龄与各参数的相关性进行分析。胸弯组与腰弯组的患者平均年龄采用 *t* 检验进行比较, 性别分布采用卡方检验。采用 *t* 检验对两组间的各参数进行比较。为进一步分析不同年龄段患者中侧凸类型对矢状位序列的影响, 将每组患者分为 ≤ 40 岁和 > 40 岁组, 比较相同年龄段内两种侧凸患者的矢状位平衡情况。 $P < 0.05$ 为有统计学差异。

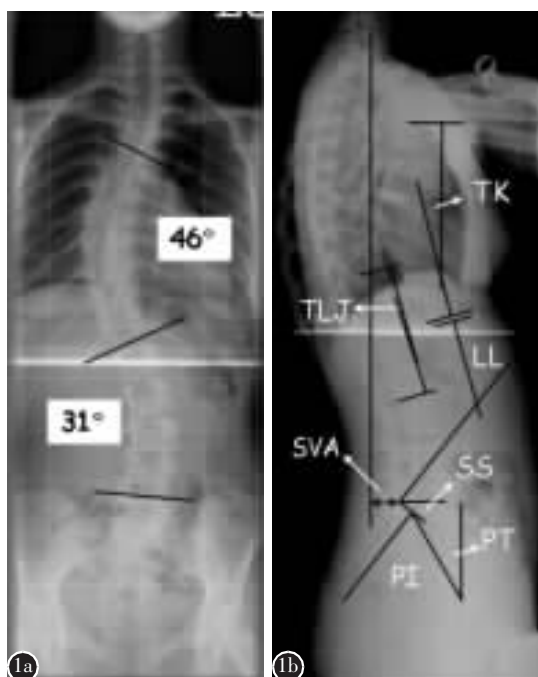


图 1 a 在正位 X 线片上测量侧凸 Cobb 角 b 在侧位 X 线片上测量: 胸椎后凸角(TK), T4 上终板与 T12 下终板间的夹角; 胸腰段后凸(TLJ), T10 上终板与 L2 下终板间的夹角; 腰椎前凸角(LL), L1 上终板与 S1 上终板间的夹角; 骨盆入射角(PI), 经 S1 终板中点作一条垂直于 S1 终板的直线, 同时作一条直线经过 S1 终板中点以及双侧股骨头中心连线中点, 两条直线的夹角; 骶骨倾斜角(SS), S1 终板与水平直线间的夹角; 骨盆倾斜角(PT), 作一条直线经过 S1 上终板中点, 以及两侧股骨头中心连线中点, 此直线与铅垂线间的夹角; 脊柱的矢状位平衡(SVA), 经 C7 椎体中心所作的铅垂线与 S1 后上缘的水平距离

2 结果

共有 83 例患者被纳入本研究, 男 16 例, 女 67 例, 年龄 20~84 岁, 平均 43 岁。其中胸弯组 39 例, 男 9 例, 女 30 例, 平均年龄为 40.9 岁, 主弯角度(胸弯)平均为 $45.8^{\circ} \pm 15.6^{\circ}$ ($19^{\circ} \sim 81^{\circ}$), 腰弯为

$23.3^{\circ} \pm 10.9^{\circ}$ ($0^{\circ} \sim 39^{\circ}$); 腰弯组 44 例, 男 7 例, 女 37 例, 平均年龄 44.8 岁, 主弯角度(腰弯)平均 $39.5^{\circ} \pm 14.8^{\circ}$ ($17^{\circ} \sim 77^{\circ}$), 胸弯为 $23.8^{\circ} \pm 9.4^{\circ}$ ($7^{\circ} \sim 40^{\circ}$)。两组患者的年龄之间和性别之间均无统计学差异 ($P > 0.05$)。

胸弯组与腰弯组各脊柱参数(TK、TLJ、LL)、骨盆参数(PI、SS、PT)及 SVA 测量结果见表 1。胸弯组各脊柱参数(TK、TLJ、LL)以及骨盆参数(PI、SS、PT)与腰弯组比较均无统计学差异 ($P > 0.05$)。胸弯组中 9 例出现脊柱失平衡, 占 23.1% (9/39), 其中 7 例为负向失平衡; 腰弯组 12 例出现脊柱失平衡, 占 27.3% (12/44), 其中 8 例为正向失平衡。胸弯组的 SVA 与腰弯组比较有统计学差异 ($P < 0.05$)。≤40 岁患者中, 两组的脊柱-骨盆矢状位序列无统计学差异 ($P > 0.05$); >40 岁患者中, 腰弯组的 SVA 和 PT 明显大于胸弯组 ($P < 0.05$)。

两组内各参数间的相关性见表 2。在胸弯组和腰弯组中, TK 与 LL 均有相关性, 但 TK 与骨盆参数(PI、SS、PT)无相关性。两组的 LL 与 SS 有相关性, PI 与 PT、SS 有相关性; SVA 与 LL、SS、PT 有相关性, 但与 TK 无相关性; 年龄与 SVA、PT 有相关性。胸弯组 PI 与 LL 有相关性, 但在腰弯组两者间无相关性。腰弯组年龄与 LL、SS 有相关性, PT 与 LL、SS 有相关性, 而胸弯组的上述参数间无相关性。

3 讨论

AIS 是临床上常见的脊柱畸形, 但其发病机制尚不清楚。近年来, 随着骨盆形态相关研究的不断深入, 学者们发现 AIS 患者的 PI 值明显大于正常青少年^[1,2]。我们曾对成年 IS 患者的骨盆形态进行了分析, 发现 PI 值亦大于正常人群^[7]。因此, 高 PI 值可能是 AIS 发病的危险因素。虽然骨盆形态

表 1 胸弯组与腰弯组患者的脊柱、骨盆参数及 SVA

	n	TK(°)	TLJ(°)	LL(°)	PI(°)	SS(°)	PT(°)	SVA(mm)
胸弯组	39	35.0±18.6	6.4±15.0	-57.0±16.8	56.1±12.9	39.5±11.4	16.3±7.3	-18.0±38.6
≤40 岁	23	34.3±19.9	8.0±16.9	-60.0±16.4	56.2±13.8	41.5±11.8	14.3±6.4	-28.4±28.1
>40 岁	16	36.0±17.1	4.1±11.8	-52.8±17.0	55.9±11.8	36.7±10.7	19.2±7.7	-3.1±47.1
腰弯组	44	32.4±12.8	9.6±15.7	-52.0±19.9	57.3±13.0	38.2±12.4	19.0±13.0	7.7±68.3 ^①
≤40 岁	20	32.7±14.9	7.2±11.8	-61.9±12.0	54.8±12.5	43.0±11.9	11.7±13.0	-31.3±23.3
>40 岁	24	32.2±11.0	11.6±18.3	-43.7±21.5	59.4±13.4	34.3±11.7	25.1±9.7 ^②	40.2±76.5 ^②

注: TK, 胸椎后凸角; TLJ, 胸腰段后凸角; LL, 腰椎前凸角; PI, 骨盆入射角; SS, 骶骨倾斜角; PT, 骨盆倾斜角; SVA, 脊柱矢状位平衡; ①与胸弯组 SVA 比较 $P < 0.05$, ②与同年龄段胸弯组的同一指标比较 $P < 0.05$

表 2 两组患者脊柱-骨盆各参数间及年龄与各参数间的相关性分析

参数	相关性 (r)	
	胸弯组	腰弯组
TK 与 LL	-0.481 ^①	-0.317 ^②
TK 与 PI	-0.158	0.019
TK 与 SS	-0.106	0.013
TK 与 PT	-0.126	-0.115
TK 与 SVA	0.118	-0.017
LL 与 PI	-0.503 ^①	-0.100
LL 与 SS	-0.723	-0.763 ^③
LL 与 PT	0.235	0.629 ^③
LL 与 SVA	0.340 ^②	0.760 ^③
PI 与 SS	0.827 ^③	0.475 ^①
PI 与 PT	0.471 ^①	0.543 ^③
PI 与 SVA	0.017	0.248
SS 与 PT	-0.090	-0.481 ^①
SS 与 SVA	-0.319 ^②	-0.461 ^①
PT 与 SVA	0.560 ^③	0.688 ^③
年龄与 TK	0.041	0.121
年龄与 LL	0.300	0.469 ^①
年龄与 PI	-0.037	0.242
年龄与 SS	-0.243	-0.362 ^②
年龄与 PT	0.350 ^②	0.590 ^③
年龄与 SVA	0.521 ^①	0.678 ^③

注:① $P<0.01$, ② $P<0.05$, ③ $P<0.001$

与 AIS 的发病机制相关,但一些学者发现 PI 与 AIS 的侧凸类型之间无相关性。Mac-Thiong 等^[1]分析 160 例 AIS 患者后发现,不同类型侧弯患者的 PI 值之间无差别。Upasani 等^[2]比较了 53 例 Lenke 1 型和 51 例 Lenke 5 型 AIS 患者的 PI 值,得出了相同的结论。然而,由于在青少年时期 PI 值随年龄的增长而不断增加,不同侧凸类型的 AIS 患者 PI 值的发育是否一致、是否会导致成年后其 PI 值各有不同,目前国内外尚无相关报道。本研究发现在成年 IS 患者中,胸弯患者和腰弯患者的 PI 值无统计学差异,提示不同类型的侧凸不会对骨盆形态的发育产生不同的影响,也进一步证实骨盆形态与侧凸类型无关。

在 AIS 患者中,腰弯患者的 TK 与正常人群相近,但胸弯患者的 TK 明显小于腰弯患者和正常人群^[2]。文献报道正常成人的 TK 均值在 47°左右^[8-10],本组胸弯和腰弯患者的 TK 均值分别为 35.0°和 32.4°,均小于正常成人,而胸弯和腰弯患者的 TK 之间无统计学差异。根据年龄分组后比较分析,我们依然发现无论在 40 岁以上还是 40

岁以内,胸弯患者和腰弯患者间的 TK 均无统计学差异。提示在成人 IS 患者中无论何种侧凸类型均会导致 TK 减小,TK 的大小与侧凸的类型无关。曾有报道认为正常人在青少年时期 TK 随年龄的增长而增加^[11],而在成年时期其 TK 与年龄无关^[12,13]。对于 IS 患者而言,其 TK 的变化规律如何目前尚不清楚,还有待于相应的长期纵向随访研究。

在正常人群中,无论是青少年还是成人,TK 均与 LL 密切相关^[9,14]。而在 AIS 患者中,一些学者发现胸弯患者和腰弯患者的 TK 与 LL 之间均无相关性^[1,2]。本研究发现成年 IS 患者与正常人群相同,TK 与 LL 密切相关。上述结果提示,AIS 患者的脊柱畸形可能会导致其 TK 与 LL 之间的相互调节作用缺失,但当 AIS 患者进入成年后,即使畸形未矫正,TK 与 LL 之间的相互调节机制也可重新建立。

骨盆在调节脊柱平衡中起到重要的作用。在正常人群和成人脊柱侧凸患者中,SS 与 LL、PT 与 SVA 之间密切相关,即骨盆通过两种机制来调节脊柱的矢状位平衡:一是通过 SS 的变化来调节 LL;二是通过 PT 的变化来直接调节 SVA^[1,4,9,15]。对于成人 IS 患者,目前尚不清楚不同侧凸类型患者的骨盆对脊柱矢状位平衡的调节机制是否相同。本研究发现,与正常人群以及 AIS 患者相同,成人 IS 患者骨盆各参数与 TK 间无相关性,即骨盆不通过 TK 来调节脊柱的矢状位平衡。但胸弯患者和腰弯患者均较好地保持了骨盆与脊柱之间的调节机制,提示在成人 IS 患者中骨盆对脊柱矢状位序列依然起到重要的调节作用。在正常人群以及 AIS 患者中 PI 与 LL 密切相关^[1,9,14],本研究中成年胸弯患者亦维持着上述相关性,但腰弯患者的 PI 与 LL 之间却失去了相关性。而且,在腰弯组 PT 与 LL、SS 之间存在相关性。目前尚无法明确解释此结果,可能与成人腰弯患者的侧凸相对较为僵硬有关。腰椎柔韧性的降低影响了骨盆对 LL 的调节作用。但本组病例数量较少,也可能会影响到统计结果。这一现象是否为成人 IS 腰弯患者的特征性改变尚有待大宗病例的研究。

本组病例中,胸弯和腰弯组患者间除 SVA 外,其余参数均无统计学差异。由于相关性分析结果显示本组患者的年龄与 SVA、PT 有相关性,因此通过年龄分组来进一步分析患者的脊柱-骨盆

矢状位序列情况。我们发现在 40 岁以内的患者中,无论是胸弯还是腰弯,脊柱-骨盆矢状位平衡均无差别;但在 40 岁以上患者中,腰弯患者的 SVA 和 PT 明显大于胸弯患者。此结果提示在中老年 IS 患者中,腰弯患者更易出现脊柱的前倾。由于 SVA 和 PT 之间呈高度正相关,因此腰弯组的 PT 亦明显高于胸弯组。本组病例中,无论是腰弯还是胸弯均可能出现脊柱矢状位的失平衡,发生几率为 25%左右。腰弯患者易出现脊柱矢状位正向失平衡,而胸弯患者易出现负向失平衡。Lafage 等^[4]曾报道成年脊柱侧凸患者的脊柱-骨盆矢状位平衡与临床症状以及生活质量密切相关。因此,在矫正冠状位上侧凸畸形的同时应该重视脊柱-骨盆矢状位序列的重建。我们发现成人 IS 患者的 SVA 与 TK 无相关性,但与 LL、SS 及 PT 密切相关,特别是在腰弯患者中 LL 与 SVA 高度相关,其相关性高于胸弯组,而且腰弯患者的 LL 与年龄相关,提示对于成人 IS 患者特别是中老年腰弯患者,重建 LL 是恢复脊柱矢状位平衡的重要手段。

本研究尚存在不足之处。首先,本研究中无正常成年对照组,无法将两种侧凸类型患者的矢状位参数与正常人群进行比较分析。其次是本研究不是纵向长期随访研究,因此尚有待于进一步研究来揭示 IS 患者未经手术治疗其脊柱-骨盆矢状位序列随年龄的变化规律。第三,本研究的病例年龄跨度较大,虽经过年龄分组比较分析,但总体病例数量有限,日后尚有待大宗病例的相关研究。尽管存在上述局限性,但本研究分析了不同侧凸类型的成人 IS 患者间脊柱-骨盆矢状位平衡的情况,为临床上进一步认识此类患者的脊柱-骨盆序列提供了相关参考数据。对于成人 IS 患者认真评估术前的脊柱-骨盆矢状位平衡状态,有利于术前矫形策略的制定以及手术疗效的提高。

4 参考文献

- Mac-Thiong JM, Labelle H, Charlebois M, et al. Sagittal plane analysis of the spine and pelvis in adolescent idiopathic scoliosis according to the coronal curve type[J]. Spine, 2003, 28(13):1404-1409.
- Upasani VV, Tis J, Bastrom T, et al. Analysis of sagittal alignment in thoracic and thoracolumbar curves in adolescent idiopathic scoliosis; how do these two curve types differ [J]? Spine, 2007, 32(12):1355-1359.
- Mac-Thiong JM, Transfeldt EE, Mehdood AA, et al. Can c7 plumbline and gravity line predict health related quality of life in adult scoliosis [J]? Spine, 2009, 34(15):E519-527.
- Lafage V, Schwab F, Patel A, et al. Pelvic tilt and truncal inclination: two key radiographic parameters in the setting of adults with spinal deformity[J]. Spine, 2009, 34(17):E599-606.
- Lowe T, Berven SH, Schwab FJ, et al. The SRS classification for adult spinal deformity [J]. Spine, 2006, 31 (19 Suppl):119-125.
- Vialle R, Levassor N, Rillardon L, et al. Radiographic analysis of the sagittal alignment and balance of the spine in asymptomatic subjects [J]. J Bone Joint Surg Am, 2005, 87 (2):260-267.
- Li WS, Li G, Chen ZQ, et al. Sagittal plane analysis of the spine and pelvis in adult idiopathic scoliosis [J]. Chin Med J, 2010, 123(21):2978-2982.
- Barrey C, Jund J, Perrin G, et al. Spinopelvic alignment of patients with degenerative spondylolisthesis[J]. Neurosurgery, 2007, 61(5):981-986.
- Vaz G, Roussouly P, Berthonnaud E, et al. Sagittal morphology and equilibrium of pelvis and spine [J]. Eur Spine J, 2002, 11(1):80-87.
- Labelle H, Roussouly P, Berthonnaud E, et al. Spondylolisthesis, pelvic incidence, and spinopelvic balance: a correlation study[J]. Spine, 2004, 29(18):2049-2054.
- Mac-Thiong JM, Berthonnaud E, Dimar JR 2nd, et al. Sagittal alignment of the spine and pelvis during growth [J]. Spine, 2004, 29(15):1642-1647.
- Gelb DE, Lenke LG, Bridwell KH, et al. An analysis of sagittal spinal alignment in 100 asymptomatic middle and older aged volunteers[J]. Spine, 1995, 20(12):1351-1358.
- Hammerberg EM, Wood KB. Sagittal profile of the elderly[J]. J Spinal Disord Tech, 2003, 16(1):44-50.
- Mac-Thiong JM, Labelle H, Berthonnaud E, et al. Sagittal spinopelvic balance in normal children and adolescents[J]. Eur Spine J, 2007, 16(2):227-234.
- 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.

(收稿日期:2010-11-26 修回日期:2011-02-09)

(英文编审 蒋欣/刘思麒)

(本文编辑 李伟霞)