

临床论著

青少年特发性脊柱侧凸患者顶椎区脊髓位置变化及其临床意义

侯 刚, 陈建庭, 张 宇, 张育斌, 何 炜

(南方医科大学南方医院脊柱骨病科 510515 广东省广州市)

【摘要】目的:分析青少年特发性脊柱侧凸(AIS)患者顶椎区脊髓偏移和旋转情况,并探讨其临床意义。方法:在 28 例 AIS 患者横断面 MRI 图像上测量顶椎区脊髓中心到椎管前、后内壁及凹、凸侧内壁的距离和脊髓、椎体的旋转角度,将脊髓旋转与椎体旋转的关系按 Maruta 分型分为 O 型、U 型和 R 型,并分析脊髓在椎管内的位置及脊髓位置与 Cobb 角、脊髓旋转角度、椎体旋转角度之间的相关性。结果:顶椎区脊髓中心距脊柱凹侧、凸侧椎管内壁距离分别为 $7.13 \pm 1.89\text{mm}$ 、 $13.68 \pm 2.93\text{mm}$,距凹侧距离明显小于距凸侧距离($t=-9.56, P<0.01$);距椎管内壁前、后缘距离分别为 $7.50 \pm 1.63\text{mm}$ 、 $6.99 \pm 1.61\text{mm}$,两者比较无显著性差异($t=1.22, P=0.23$)。椎体旋转角度为 $17.53^\circ \pm 6.70^\circ$,脊髓旋转角度为 $16.46^\circ \pm 9.16^\circ$,O 型 8 例,U 型 13 例,R 型 7 例。脊髓旋转角度与椎体旋转角度、Cobb 角及脊髓中心到凸凹侧椎管内壁的差值之间均呈正相关(分别为 $r=0.45, P=0.01$; $r=0.43, P=0.02$; $r=0.64, P<0.01$),与脊髓中心到椎管内壁前后缘的差值之间无显著相关性($r=0.28, P=0.15$)。结论:AIS 患者顶椎区脊髓向凹侧偏移,椎体与脊髓都存在旋转,脊髓的旋转方向因人而异。在行后路脊柱矫形椎弓根螺钉置入时,应特别注意凹侧脊髓及神经根,避免损伤。

【关键词】青少年特发性脊柱侧凸;脊髓偏移;脊髓旋转;MRI

doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2009.12.03

中图分类号:R682.3 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2009)-12-0894-05

Variation and its clinical relevance of the spinal cord at the apex of the curve in adolescent idiopathic scoliosis/HOU Gang, CHEN Jianting, ZHANG Yu, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2009, 19(12):894-898

【Abstract】Objective: To analyze the shift and rotation of spinal cord at the apex of the curve in adolescent idiopathic scoliosis (AIS) by MRI and explore its clinical relevance. Method: The MRI images from twenty-eight cases of AIS were collected and analyzed. The distance between the center of spinal cord and the four inner wall of vertebral canal, and the rotational angle of the spinal cord and vertebral body at the apex of the curve in AIS were recorded respectively. According to the relationship between the rotational angle of the spinal cord and vertebral body, the patients were classified into three distinct groups termed as type O, type U and type R. The relationship between rotation and shift of the spinal cord at apical region, as well as the rotation of vertebra, Cobb angle were analyzed either. Result: The average distance from the center of spinal cord to the inner wall of vertebral canal on the convex side was $13.68 \pm 2.93\text{mm}$, and $7.13 \pm 1.89\text{mm}$ on the concave side, with the latter less than the former ($t=-9.56, P<0.01$). The average distance from the center of spinal cord to the anterior inner wall and posterior inner wall of vertebral canal was $7.50 \pm 1.63\text{mm}$ and $6.99 \pm 1.61\text{mm}$ respectively with no significant difference ($t=1.22, P=0.23$) noted. The average rotational angle of vertebral was $17.53^\circ \pm 6.70^\circ$ with the spinal cord average tilt angle of $16.46^\circ \pm 9.16^\circ$. There were 8 cases of type O, 13 cases of type U, 7 cases of type R. The spinal cord tilt was statistically correlated with the rotation angle of vertebral, Cobb angle and the distance variation from the center of spinal cord to the inner wall of vertebral canal on convex and concave side respectively ($r=0.45, P=0.01$; $r=0.43, P=0.02$; $r=0.64, P<0.01$), while the spinal cord shift was not statistically correlated with the distance variation from the center of spinal cord to the anterior

第一作者简介:男(1982-),在读硕士,研究方向:脊柱外科

电话:(020)62787190 E-mail:ganggang1015@yahoo.com.cn

通讯作者:陈建庭 E-mail:chenjt99 @vip.sina.com

and posterior inner wall of vertebral canal ($r=0.28, P=0.15$). **Conclusion:** The shift of spinal cord to concavity occurred at the apex of the curve in AIS and the rotation of spinal cord occurred individually. It should be cautious to avoid injury to the spinal cord and nerve roots while implanting pedicle screw during posterior approach.

【Key words】 Adolescent idiopathic scoliosis; Spinal cord shift; Spinal cord rotation; MRI

【Author's address】 Department of Orthopedic and Spinal Surgery, Nanfang Hospital, Southern Medical University, Guangzhou, 510515, China

青少年特发性脊柱侧凸(AIS)是一种原因尚未明确的脊柱畸形,不仅存在脊柱骨性结构在矢状面、冠状面及横截面的三维畸形,而且还包括肌肉、韧带、椎间盘及脊髓的形态变化^[1]。在发生特发性脊柱侧凸时脊髓在横断面出现两种位置变化即脊髓偏移与脊髓旋转^[2,3]。目前很少有文献对特发性脊柱侧凸患者脊髓在椎管内的位置进行研究。我们通过对 28 例 AIS 患者进行 MRI 图像上脊髓在椎管内位置的测量,对脊髓位置的变化及其临床意义进行初步探讨。

1 资料与方法

1.1 一般资料

以我院 2005 年 1 月~2008 年 12 月收治的 AIS 患者为研究对象。患者均经过详细体格检查、X 线片、MRI 及 CT 检查,排除先天性、神经肌源性等因素,确诊为 AIS。女性 22 例,男性 6 例,年龄为 10~18 岁,平均 14.6 ± 2.0 岁,脊柱侧凸 Cobb 角 $30^\circ \sim 124^\circ$,平均 $55.96^\circ \pm 22.70^\circ$ 。顶椎在 T8~L1。按照 Lenke 分型:Lenke I 型 12 例,III 型 8 例,V 型 8 例。主弯为右弯者 21 例,主弯为左弯者 7 例。28 例患者的 MRI 图像均可清晰显示胸弯及胸腰弯顶椎区脊髓形态。

1.2 研究方法

患者均行 MRI 检查。检查设备为 Siemens Vision Plus 1.5T 和 GE Signa EX-C ITE 3.0T 高场超导型磁共振扫描仪。常规行自旋回波(SE) T1WI (TR 450~500ms, TE 12ms)、快速自旋回波(TSE) T2WI (TR 4000~5000ms, TE 112ms) 矢状位、轴位及冠状位扫描,层厚 3~10mm。扫描时患者平躺于检查台上,骨盆平面与检查台平面平行,即平行于水平面,扫描过程中患者保持平躺姿势,扫描平面与终板平面平行。数据测量在第一军医大学网络中心开发研制的 JW-PACS 图像存储及传输系统上进行,顶椎区神经根出口平面 MRI 横断面 T2 加权像可清楚显示脊髓及神经根的位置。

测量数据包括脊髓在椎管内的位置、椎体在横断面的旋转角度和脊髓在横断面的旋转角度。脊髓在椎管内的位置由脊髓中心到椎管内壁前、后缘和凸、凹侧椎管内壁的距离来表示(图 1),将 4 个神经根出口对角线的交点作为脊髓的中心。椎体前缘用两侧椎弓根与椎体交点的连线来表示,后缘用与前缘连线平行且与椎管后方相切的直线来表示。椎体的左右缘为平行于椎弓根且与椎管相切的直线。距前后缘的差值为正表示脊髓靠近椎管后缘,差值为负代表脊髓靠近椎体前缘。主弯为左弯者,距左缘距离为距凸侧的距离,距右缘的距离为距凹侧的距离;主弯为右弯者恰好相反。距凸凹侧差值为正表示脊髓靠近椎管凹侧,差值为负表示脊髓靠近椎管凸侧。椎体的旋转角度用 Ho 等^[4]提出的两椎板内壁的交点与两侧椎板、椎弓根内壁的交点连线的角平分线与矢状面的夹角表示(图 2)。脊髓旋转角度通过在横断面上脊髓表面 4 个神经根出口来确定,连接脊髓前缘的 2 个神经根出口为脊髓的腹线,连接脊髓后缘的 2 个神经根出口为脊髓的背线,腹线与背线中点的连线即为脊髓的中轴线,中轴线与矢状面的交角为脊髓的旋转角度(图 2)^[5]。所有测量数据重复测量 3 次,取平均值。

按照 Maruta 等提出的分型^[6],将脊髓旋转与椎体旋转的关系分为 3 型:O 型,脊髓旋转方向与椎体旋转方向相同,且脊髓旋转角度大于椎体旋转角度;U 型,脊髓旋转方向与椎体旋转方向相同,且脊髓旋转角度小于椎体旋转角度;R 型,脊髓旋转方向与椎体旋转方向相反。

1.3 数据处理

用 SPSS 13.0 软件进行数据处理,脊髓中心点距椎管内壁前、后缘距离和距凹、凸侧椎管内壁距离均用配对 t 检验进行分析。脊髓位置与 Cobb 角、脊髓旋转角度、椎体旋转角度之间的相关性分析用 Spearman 相关来描述。 $P < 0.05$ 为有统计学意义。

2 结果

28例患者的侧凸 Cobb 角、椎体旋转角度、脊髓旋转角度和脊髓中心到椎管内壁前后缘距离、凹凸侧椎管内壁距离见表 1。脊髓中心距凹侧距离明显小于距凸侧距离($t=-9.56, P<0.01$), 脊髓中心距椎管内壁前缘距离与后缘距离之间无显著性差异($t=1.22, P=0.23$)。

脊髓旋转角度与椎体旋转角度、Cobb 角及脊髓中心到凹凸侧椎管内壁的差值之间均呈正相关(分别为 $r=0.45, P=0.01; r=0.43, P=0.02; r=0.64, P<0.01$; 图 3、4、5), 与脊髓中心到椎管前后缘的差值之间无显著相关性($r=0.28, P=0.15$, 图 6)。按脊髓旋转与椎体旋转的关系分型, O 型 8 例, U 型 13 例, R 型 7 例, 在 3 型中脊髓旋转角度与脊髓中心到凹凸侧椎管内壁的差值之间均呈显著正相关

(O、R、U 型分别为 $r=0.59, P=0.04; r=0.64, P=0.02; r=0.89, P<0.01$; 图 7), 即随着脊髓旋转角度的增大脊髓中心到椎管凹凸侧的差值也增大, 脊髓越偏向一侧凹侧。

表 1 28 例患者侧凸顶椎区的影像学测量结果

	范围	$\bar{x} \pm s$
侧凸 Cobb 角($^{\circ}$)	30~124	55.96 $\pm$ 22.70
椎体旋转角度($^{\circ}$)	5.31~32.28	17.53 $\pm$ 6.70
脊髓旋转角度($^{\circ}$)	2.58~42.14	16.46 $\pm$ 9.16
脊髓中心到椎管内壁前缘距离(mm)	4.32~10.63	7.50 $\pm$ 1.63
脊髓中心到椎管内壁后缘距离(mm)	4.45~10.78	6.99 $\pm$ 1.61 ^①
脊髓中心到凹侧椎管内壁距离(mm)	4.25~13.68	7.13 $\pm$ 1.89
脊髓中心到凸侧椎管内壁距离(mm)	3.98~19.84	13.68 $\pm$ 2.93 ^②

注:①与侧凸顶椎区脊髓中心距椎管内壁前缘距离比较, $t=1.22, P=0.23$; ②与侧凸顶椎区脊髓中心距凹侧距离比较 $t=-9.56, P<0.01$

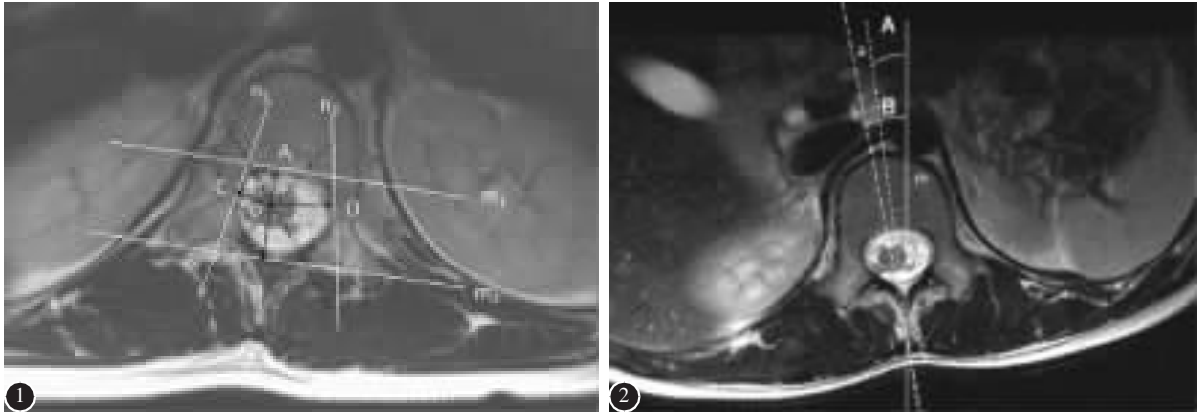


图 1 脊髓在椎管内位置的测量方法(a、b、c、d 为脊髓 4 个神经根出口, ad 和 bc 为连接两对角神经根出口的直线, 点 O 为直线 ad 与 bc 的交点; 直线 m1 为两侧椎弓根与椎体交点的连线, 直线 m2 为与直线 m1 平行且在椎管后缘与椎管相切的直线, 直线 n1、n2 分别为与两侧椎弓根平行且与椎管相切的直线; A、B、C、D 分别为脊髓中心 O 到椎管前、后、左、右壁的距离) 图 2 椎体旋转与脊髓旋转的测量方法(虚线 a 为椎体的中轴线, 虚线 b 为脊髓的中轴线, 直线 m 为矢状面中垂线; 角 A 为椎体旋转角度, 角 B 为脊髓旋转角度)

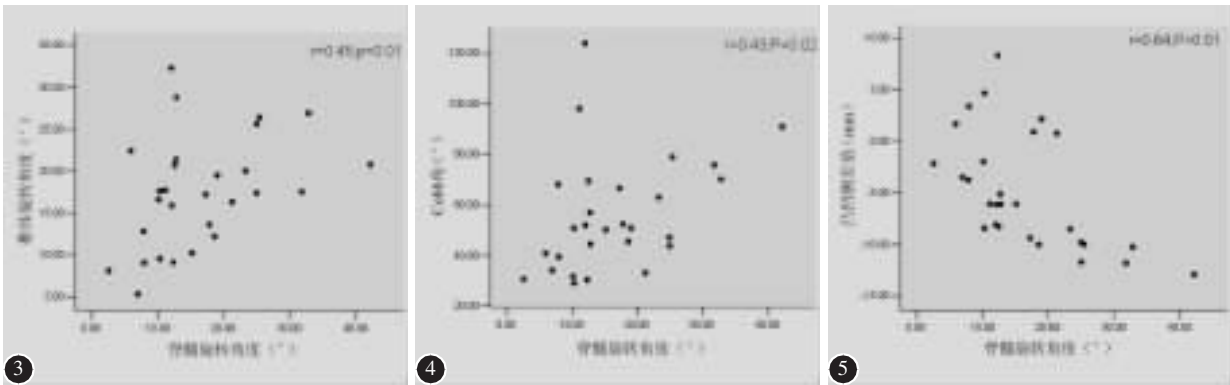


图 3 脊髓旋转角度与椎体旋转角度的相关性分析 图 4 脊髓旋转角度与 Cobb 角的相关性分析 图 5 脊髓旋转角度与脊髓中心到凹凸侧椎管内壁的差值的相关性分析

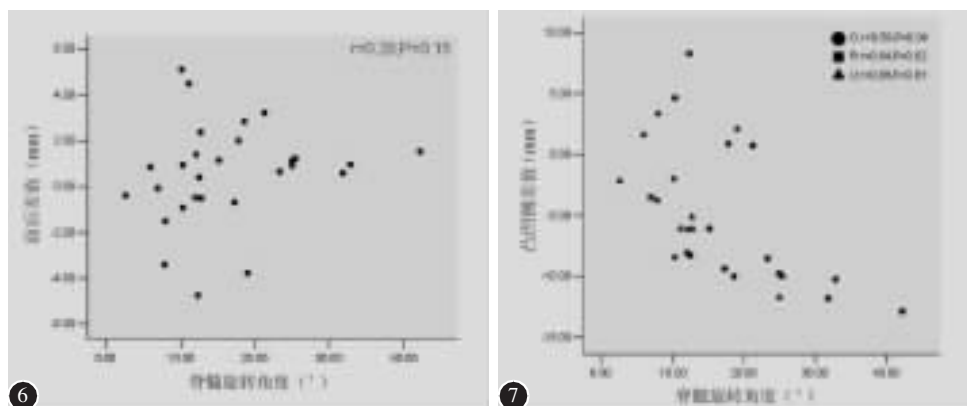


图6 脊髓旋转角度与脊髓中心到椎管前后内壁的差值的相关性分析 图7 脊髓旋转角度与3种旋转关系中脊髓中心到凹凸侧椎管内壁的差值的相关性分析

3 讨论

有研究表明,生长发育异常、神经肌肉性因素、结缔组织异常、生长不对称、基因表达异常等均被认为与AIS的发生发展相关,但其确切病因尚未明确^[7]。近年来,由于影像技术的发展及病因学研究的进一步深入,有学者开始关注AIS患者脊髓形态的变化^[5,6,8]。MRI技术的发展为脊髓形态的研究提供了便利,MRI作为一种非侵袭性的检查手段优于脊髓造影及CT,而且在图像质量和分辨率方面都是两者不可比拟的^[9]。本研究使用的顶椎区横断面MRI T2加权像可清楚显示椎管轮廓及脊髓形态,更重要的是可以显示神经根出口的位置,为脊髓在椎管内位置的测量及脊髓中轴的确定提供了可能,从而使脊髓旋转的测量得以实现。

由于椎体的旋转,脊髓在椎管内的位置也发生变化。通常脊髓随着脊柱的旋转而偏向凹侧、远离凸侧,在顶椎区尤为明显^[9]。有学者对顶椎横断面脊髓在椎管内的位置进行了研究,发现在T5~T12节段椎管内,脊髓与凸侧椎弓根之间的距离显著大于与凹侧椎弓根之间的距离,即脊髓向凹侧椎弓根偏移,且以顶椎区最为显著,向两侧端椎区逐渐递减;顶椎区脊髓偏移与主胸弯Cobb's角和顶椎相对偏移存在显著正相关^[9]。该研究用与椎弓根轴线平行的两条线间的距离来表示脊髓距该椎弓根内壁的距离,其中一条线为与椎弓根内壁相切的线,另一条为与脊髓相切的线。我们在较为严重的脊柱侧凸患者的MRI图像上观察到,由于脊髓向凹侧极度偏移,导致脊髓形态发生改变,给脊髓位置的测量带来一定的误差。所以本研究

改进了测量方法,选择脊髓中心到凹凸两侧椎管内壁和椎管前后内壁的距离来表示脊髓在椎管内的位置。脊髓中心可由中央管位置确定,在中央管位置显示不清的图像上,4个神经根出口对角线的交点可作为脊髓的中心。我们的研究结果显示,脊髓中心距凹侧椎管内壁的距离明显小于凸侧,差异有统计学意义。脊髓中心距椎管前缘的距离大于距后缘的距离,但差异无统计学意义。我们认为脊髓中心距椎管前后缘的距离与脊柱在矢状面的弧度有关,而本研究中侧凸顶椎多位于胸椎后凸和腰椎前凸的移行区。有研究表明,在AIS患者中胸椎生理后凸角度减小^[8]。这些都是导致脊髓中心到椎管前后缘距离无差异的原因。脊髓的偏移是伴随着侧凸的发展和椎体旋转而发生的^[9]。本研究结果也印证了脊髓向凹侧偏移这一规律。

Maruta等^[9]通过脊髓造影的方法研究了特发性脊柱侧凸患者脊髓的旋转情况,并将脊髓旋转角度与椎体旋转角度之间的关系分为三种类型。Dohn等^[9]利用MRI图像对10例AIS患者进行了脊髓旋转的测量,发现脊髓的旋转角度为 $3^{\circ} \sim 39^{\circ}$,脊髓旋转角度与侧凸Cobb角、脊髓的左右径和前后径之间存在相关性。本研究应用Dohn等的研究方法在MRI T2加权像上对28例AIS患者顶椎区脊髓的旋转情况进行测量,结果显示O型和U型共21例,即脊髓旋转与椎体旋转方向是相同的。对于脊髓旋转原因的解释,我们认为神经根和齿状韧带的牵拉是主要因素。而本研究中R型有7例,证明脊髓旋转与椎体旋转之间存在3种关系。

本研究结果表明,脊髓的旋转与脊髓的偏移

之间存在相关性;在 3 个类型的脊髓旋转与椎体旋转关系中,脊髓旋转角度与脊髓中心到椎管凸凹侧椎管内壁距离的差值之间都存在较强相关性,即随着脊髓旋转角度的增大,脊髓中心到凸凹侧椎管内壁的差值减小,脊髓越偏向凹侧。AIS 发展过程中,脊髓会随着椎体的旋转而旋转,同时由于神经根及齿状韧带的牵拉,脊髓又会出现一定的偏移,脊髓的偏移和旋转是相伴发生的,脊髓的偏移和旋转之间存在较强的正相关。虽然脊髓旋转的方向不同,但每一方向的旋转中都证明与偏移存在正相关。脊髓的旋转与偏移与特发性脊柱侧凸的发生发展之间是否有关,是否由于脊髓的因素加速了侧凸的进展,还需进一步研究。

矫形内固定融合手术是治疗脊柱侧凸最有效、最确切的方式^[10]。临床上在针对 AIS 进行畸形矫正手术时,必须考虑脊髓的因素。随着经后路椎弓根螺钉内固定技术的发展,越来越多的矫形手术采用这种技术。而在进行椎弓根螺钉置入时,由于存在椎体的旋转,使得椎弓根螺钉置入的难度和危险性大大增加^[11]。如何安全置钉尤其是避免损伤脊髓已经引起了临床医师的广泛关注,这也是脊柱侧凸矫形手术的一个难点所在。本研究发现脊髓向凹侧偏移,脊髓靠近凹侧椎弓根内壁。而且在脊髓偏移的同时还伴随着脊髓在椎管内旋转,在 O 型和 U 型旋转类型中,随着脊髓的旋转脊髓的腹侧也相应的转到脊柱的凹侧。如果出现椎弓根螺钉误置,尤其是突破椎弓根内壁的情况下,脊髓凹侧的腹部将首当其冲受累。临床上会出现一侧脊髓前角受损的症状。而在 R 型中,首先受到损伤的将会是脊髓的背侧,临床上可能会出现一侧脊髓后角受损的症状。因而,可通过临床上出现的症状来推测术中出现的错误。更重要的是,可通过常规术前 MRI 检查了解脊髓在椎管内的位置情况,从而制定更加详细周密的手术方案。由此可见,了解脊髓的旋转与偏移对避免手术导致脊髓损伤有一定的意义。

AIS 患者的矫正手术常会涉及到椎体的去旋转^[12],而椎体旋转与脊髓旋转之间存在 3 种类型的关系,在这 3 种类型中,脊髓的旋转是否都会随着椎体旋转的矫正而得到矫正,是否会随着椎体

旋转的矫正脊髓会变得更加扭曲,仍需进一步的研究。

4 参考文献

1. Goldberg CJ, Moore DP, Fogarty EE, et al. Scoliosis: a review[J]. *Pediatr Surg Int*, 2008, 24(2): 129-144.
2. Porter RW. Idiopathic scoliosis: the relation between the vertebral canal and the vertebral bodies [J]. *Spine*, 2000, 25(11): 1360-1366.
3. Liljenqvist UR, Allkemper T, Hackenberg L, et al. Analysis of vertebral morphology in idiopathic scoliosis with use of magnetic resonance imaging and multiplanar reconstruction[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2002, 84(3): 359-368.
4. Ho EK, Upadhyay SS, Chan FL, et al. New methods of measuring vertebral rotation from computed tomographic scans: an intraobserver and interobserver study on girls with scoliosis[J]. *Spine*, 1993, 18(9): 1173-1177.
5. Dohn P, Vialle R, Thevenin-Lemoine C, et al. Assessing the rotation of the spinal cord in idiopathic scoliosis: a preliminary report of MRI feasibility [J]. *Childs Nerv Syst*, 2009, 25(4): 479-483.
6. Maruta T, Minami S, Kitahara H, et al. Rotation of the spinal cord in idiopathic scoliosis [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2004, 86(2): 220-224.
7. Kouwenhoven JW, Castelein RM. The pathogenesis of adolescent idiopathic scoliosis: review of the literature [J]. *Spine*, 2008, 33(26): 2898-2908.
8. Chu WC, Lam WM, Ng BK, et al. Relative shortening and functional tethering of spinal cord in adolescent scoliosis: result of asynchronous neuro-osseous growth, summary of an electronic focus group debate of the IBSE [J]. *Scoliosis*, 2008, 3(8): 263-268.
9. 孙旭, 邱勇, 朱泽章, 等. 青少年特发性胸椎侧凸患者的脊髓偏移及临床意义 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2007, 15(21): 1617-1620.
10. 陈建庭, 翁科捷, 金大地, 等. 三维矫形手术治疗青少年特发性脊柱侧凸[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2008, 18(3): 177-181.
11. Modi HN, Suh SW, Fernandez H, et al. Accuracy and safety of pedicle screw placement in neuromuscular scoliosis with free-hand technique[J]. *Eur Spine J*, 2008, 17(12): 1686-1696.
12. Modi HN, Suh SW, Song HR, et al. Correction of apical axial rotation with pedicular screws in neuromuscular scoliosis[J]. *J Spinal Disord Tech*, 2008, 21(8): 606-613.

(收稿日期: 2009-07-02 修回日期: 2009-10-21)

(英文编审 蒋欣)

(本文编辑 李伟霞)