

综述

脊柱侧凸合并脊髓病变的手术治疗进展

The progress of surgical treatment for scoliosis associated with intraspinal anomalies

林鹏程¹, 王华锋², 梁珪清², 郑召民³

(1 福建中医药大学 350122 福州市; 2 厦门大学附属福州第二医院脊柱外科 350007 福州市;

3 中山大学附属第一医院脊柱外科 510080 广州市)

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2016.04.14

中图分类号: R682.3, R687.3 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2016)-04-0366-04

随着磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)技术在脊柱外科中的广泛应用,包括拟诊为特发性脊柱侧凸(idiopathic scoliosis, IS)在内的许多脊柱侧凸畸形被发现合并有脊髓病变^[1,2]。目前,关于脊髓病变与脊柱侧凸之间的伴发关系仍不清楚。此外,对于此类合并脊髓病变的脊柱侧凸,在进行脊柱畸形矫正时是否需要处理伴发的脊髓病变、如何处理及何时处理等尚未达成共识。笔者就此相关问题综述如下。

1 脊柱侧凸合并脊髓病变的常见类型

脊柱侧凸合并脊髓病变的常见类型包括脊髓纵裂(split spinal cord malformation, SSCM)、脊髓空洞(syringomyelia)、Chiari 畸形 (Chiari malformation, CM)、脊髓拴系综合征(tethered cord syndrome, TCS)、低位脊髓(low conus)、椎管内肿物(intraspinal masses)及脊膜膨出(spinal meningocele)等^[3]。此外,很大一部分患者同时合并有两种或两种以上的脊髓病变。对于 IS,伴发的脊髓病变以脊髓空洞和/或 Chiari 畸形多见;而对于先天性脊柱侧凸(congenital scoliosis, CS),一项针对白种人和一项针对中国人的研究,均显示以 SSCM 最为常见^[2,4-6]。

2 脊柱侧凸与脊髓病变的伴发关系

由于纳入研究的病例数、侧凸的病因、研究对象的种族及检查技术等方面的不尽相同,脊柱侧凸合并脊髓病变的发生率,不同的文献报道差别巨大,为 4.9%~58%^[2,4-9]。对于 IS,一项以“术前神经系统查体无异常、X 线平片无椎体异常表现、侧凸角度需要手术干预”等为纳入标准的研究显示,9.7%(20/206)的患者 MRI 发现合并有脊髓病变^[2]。而合并脊髓病变与否,在性别比、发病年龄、主弯度数及主弯方向等方面均无统计学差异^[2]。而另外一项总计纳入

2206 例 IS 的多中心、前瞻性研究显示,4.2%的患者合并有脊髓病变,其中 66.7%为脊髓空洞,30.7%为 Chiari 畸形^[4]。胸后凸>40°和发病年龄≤10 岁是合并脊髓病变的危险因素;而弯曲类型、主弯度数、主弯方向、发育成熟度(Risser 征)、性别及体重等因素均与是否合并脊髓病变无关^[4]。与 IS 相比,CS 合并椎管内脊髓病变的发生率较高。一项针对国人的回顾性研究显示,226 例需手术干预的 CS 患者中,43%(99/226)合并脊髓病变,其中以 SSCM 最为常见^[5]。分节不良型和混合型 CS 的脊髓病变发生率显著高于形成障碍型 CS;半椎体位于胸段者合并脊髓病变的发生率显著高于半椎体位于腰段者;合并脊髓病变与神经系统查体阳性率无相关性^[5]。而另一项纳入 202 例白种人 CS 的研究显示,21.8%的患者合并脊髓病变,同样以 SSCM 最为常见^[6]。该研究还发现,脊髓病变大多发生于胸段,合并有肋骨畸形及有多个半椎体的患者伴发脊髓病变的几率较高。

如前所述,对于 IS,伴发的脊髓病变以脊髓空洞和/或 Chiari 畸形多见;而对于 CS,则以合并 SSCM 和/或 TCS 多见。对于脊柱侧凸与脊髓病变的关联性研究较少,且具体病理机制尚未明确。脊髓空洞大致分为两类,一类是伴随 Chiari 畸形的,即 Chari I 型畸形 (Chiari malformation type I, CM I);另一类则不伴有 Chiari 畸形,多有创伤、脑膜炎、脑出血等引起^[10]。对于脊柱侧凸,尤其是 IS,合并的脊髓病变以脊髓空洞和/或 CM I 为主^[2,4]。而脊柱侧凸伴发脊髓空洞的病理机制尚未明确,还需要在遗传、神经生理、肌肉和骨骼发育等方面进行深入研究。SSCM 是一种在胚胎发育过程中因神经管闭合不全引起的先天性脊髓畸形,表现为脊髓或马尾在矢状面上被骨性或纤维性间隔纵向分裂成为两半。SSCM 分为两种类型:SSCM I 型,病变区有两条半脊髓,每一条半脊髓拥有各自的硬脊膜囊,两个硬脊膜囊形成一个鞘,内有骨性或软骨性间隔;SSCM II 型,病变区两条半脊髓位于同一个硬脊膜囊内,中间有纤维间隔^[11]。CS 及 SSCM 均与胚胎期前 8 周发育异常有关,因此在临床上二者常伴发出现^[5,6]。TCS 则是由遗传、发育或后天因素等导致脊髓或圆锥受牵拉,

第一作者简介:男(1992-),硕士在读,研究方向:脊柱外科

电话:(0591)88039166 E-mail:14759155521@163.com

通讯作者:王华锋 E-mail:wanghuafeng2008@163.com

脊髓在一定的牵拉力下缺血、缺氧,进而产生一系列以畸形和神经功能障碍为代表的临床综合征^[12]。SSCM 和 TCS 常相互伴发,伴发的原因主要考虑是骨性或纤维性纵隔分割脊髓,随着年龄的增长以及脊髓和脊柱发育的不等长性,脊髓被分隔、牵拉而导致^[13]。尽管有学者认为脊髓病变可能与遗传、基因突变相关,但目前并没有足够证据证实脊柱侧凸与其伴发的脊髓病变在基因水平上具有某种关联性^[14,15]。

综上,相当一部分脊柱侧凸合并脊髓病变,而发生率与脊柱侧凸的特征存在一定的关联性,但具体机制尚未完全明了。总体而言,CS、早发性脊柱侧凸(early onset scoliosis, EOS)和所谓的非典型脊柱侧凸(如胸椎左侧凸、存在明显的角状后凸等)合并脊髓病变的概率较高^[2,4-9]。此外,如脊柱侧凸患者有不对称的腹壁反射或腱反射、进展性的下肢畸形、感觉减退、背部皮肤异常和马尾神经功能障碍等情况时,合并脊髓病变的可能性较大^[16]。

3 脊柱侧凸合并脊髓病变的治疗策略

3.1 基本原则

当脊柱侧凸具备矫形手术指征,对于伴发的脊髓病变是否需要处理、何时处理、如何处理等方面尚未达成共识。理论上,为减少矫形的神经并发症,应该先解除这种潜在的威胁。因此,早期的文献大多提倡对于合并脊髓病变的脊柱侧凸,都应首先处理脊髓病变,3~6 个月后再进行脊柱畸形矫形手术,目的是防止畸形矫正时的脊髓损伤,避免术后出现神经并发症^[17]。此后,有学者探讨了一期行脊柱矫形和处理合并脊髓病变的可行性。Hamzaoglu 等^[18]于 2007 年报告了一期手术矫形并处理合并脊髓病变(TCS 和 SSCM)的 CS 患者 21 例,其安全性与分期手术相似,并未增加术后并发症。Mehta 等^[19]也比较了一期和分期处理合并 TCS 的脊柱侧凸患者,与分期手术相比,一期手术具有术中出血少、手术时间短、住院周期短、围手术期并发症少等优点,是一种安全可行的方法。然而,随着研究的深入,越来越多的证据表明,并非所有合并脊髓病变的脊柱畸形在矫形手术时都应处理伴发的脊髓病变,尤其是当患者术前查体无明显运动、感觉功能障碍或马尾神经功能障碍时^[20-22]。

3.2 脊柱侧凸合并脊髓空洞和/或 CM I 型畸形的处理

合并脊髓空洞和/或 CM I 的脊柱侧凸常表现为持续进展性,大多数支具治疗无效,常需要手术干预^[23,24]。对合并脊髓空洞和/或 CM I 的脊柱侧凸患者术前应进行详细的神经系统评估。脊髓空洞患者中约 44%可有神经损害症状,表现为不对称的腹壁反射或腱反射、进展性的下肢畸形、肌肉无力、强直、挛缩(斜颈)、肢体发育不对称、感觉减退、枕部或上颈部疼痛及显著的背痛等症状或体征^[16,25]。有明显神经损害症状者,一般提倡先行处理脊髓病变,术式多为后颅窝减压术^[10]。此外,有研究表明,行后颅窝减压术后,患者脊髓空洞的大小变化与脊柱侧凸的发展与纠正以

及神经症状的改变之间可能存在一定的因果关系^[26]。Krieger 等^[27]的研究表明,对于合并 CM I 及脊髓空洞的脊柱侧凸患者,在行后颅窝减压术后 6 个月,89%(70/79)的患者空洞缩小或消失,伴有小脑扁桃体位置的上移;49 例术前侧凸 $<20^\circ$ 的患者,后颅窝减压术后侧凸不再进展;而另外 30 例侧凸 $>25^\circ$ 的患者中,则有 21 例均不同程度的进展,需要进一步行矫形手术干预。而 Brockmeyer 等^[28]的研究表明,若患者在 <10 岁时行后颅窝减压术,可创造脊柱侧凸停止进展甚至好转的机会,进而避免后期的脊柱矫形手术;但若年龄 >12 岁或畸形 $>50^\circ$ 的患者,减压术后侧凸则很难获得改善。

对于无明显神经损害症状的脊髓空洞和/或 CM I,大多数学者认为可不对脊髓空洞行外科处理而直接行矫形手术。Xie 等^[29]报道了 13 例采用后路全脊椎切除术(posterior vertebral column resection, PVCR)治疗合并脊髓空洞和/或 CM I 的脊柱侧凸,在进行脊柱矫形术之前均未处理合并的脊髓病变,术后神经并发症发生率并未因扁桃体下疝及脊髓空洞的存在而增高,因此他认为在脊柱矫形技术日渐成熟的今天,术前行后颅窝减压术的临床意义有限。Sha 等^[30]的研究也发现,对于合并脊髓空洞的脊柱侧凸,撑开矫形术安全有效,无需预防性干预脊髓空洞。Sha 等^[30]在术后至少 1 年的随访还发现,大多数(约 95.5%)患者的脊髓空洞缩小或保持稳定。

但值得警惕的是,对于合并脊髓空洞和/或 CM I 的脊柱侧凸,无论术前是否合并有神经损害症状,其在实施矫形手术时仍面临着更高的神经损伤风险。Godzik 等^[31]将 36 例合并脊髓空洞及 CM I 的脊柱侧凸与青少年特发性脊柱侧凸(adolescent idiopathic scoliosis, AIS)患者进行匹配研究,随访 2 年发现,两组的畸形矫正率和功能改善方面相当,但是合并脊髓空洞和 CM I 的脊柱侧凸与 AIS 的总并发症发生率分别是 33% 和 14%,而神经并发症则分别是 11% 和 0。由此可见,与 AIS 相比,合并脊髓空洞和/或 CM I 的脊柱侧凸矫形手术的脊髓神经损伤发生率显著增加。

3.3 脊柱侧凸合并 SSCM 和/或 TCS 的处理

目前,关于脊柱侧凸合并 SSCM 的处理仍存争议。对于合并有明显进展性神经损害症状的 SSCM I 型,大多数学者推荐先行神经外科干预。但是对于无神经损害症状的 SSCM I 型或 SSCM II 型,是否需要神经外科干预仍意见不一。

1984 年 McMaster 等^[32]回顾分析了 251 例 CS 患者,发现有 18.3% 合并脊髓病变,其中最常见的是 SSCM (41 例);在治疗方面,建议所有合并脊髓病变的脊柱畸形患者,都应首先处理脊髓病变,3~6 个月后再进行脊柱畸形的矫正。在此后的很长一段时间这个观点被学者们广泛接受。然而,随着对疾病的认识加深及外科技术的提高,许多学者进行了其他手术方式的探讨。王亭等^[33]认为对于合并 SSCM I 型的 CS 患者,如果术前无 TCS 的临床表现并且

影像学显示骨性间隔的上下方存在分裂的脊髓,侧凸矫形时不必处理骨性间隔;而对于 SSCM II 型,如术前无进行性加重的神经损害表现,位于单管内分裂的脊髓可以像正常的脊髓一样耐受脊柱矫形。Hui 等^[34]认为,SSCM II 型在脊柱矫形过程中对脊髓不一定产生威胁,可以不予处理;对于 SSCM I 型应一期手术切除骨性间隔,同时进行脊柱畸形的矫正手术。陈博等^[35]也建议对合并 SSCM I 型患者,截骨矫形前先切除骨性纵隔;对合并 SSCM II 型患者直接行截骨矫形术,脊髓纵裂无需处理。而有些学者则认为,即使是合并 SSCM I 型,甚至在 SSCM 与 TCS 同时存在的条件下,若采取短缩截骨的方式,亦无需对 SSCM 和/或 TCS 进行处理^[36,37]。郝定均等^[36]报告了脊柱截骨术治疗先天性脊柱侧凸合并 SSCM 和/或 TCS 患者 29 例,在脊柱侧凸矫形过程中未对 SSCM 和/或 TCS 进行处理,而是通过截骨手术缩短脊柱的骨性结构,从而减小脊髓张力。郝定均等^[36]认为该手术方式具有良好的手术效果和手术安全性,短缩截骨还可改善部分 TCS 的神经功能。最近, Huang 等^[37]报告了采用短缩截骨术治疗合并 TCS 的 CS 21 例,10 例术前合并神经症状者,术后 8 例改善,2 例无变化。Huang 等^[37]认为,短缩截骨 20~25mm,可显著减少脊髓或马尾的牵张力,从而改善患者神经症状。值得注意的是,就 TCS 本身而言,是否手术干预通常参考尿流动力学检查等指标,对于早期出现逼尿肌和括约肌协同失调、排尿障碍等神经源性膀胱表现的患者,尽早行手术治疗,可有效阻止进行性神经损伤;而对于无症状者,是否手术干预仍存争议^[38,39]。由于脊柱短缩截骨术本身也是 TCS 的一种治疗方式,因此,对于合并 TCS 脊柱侧凸行矫形手术时,采取短缩截骨矫形可能可以达到既矫正脊柱畸形又治疗 TCS 的目的^[40]。

对于合并脊髓病变的重度脊柱畸形,有学者尝试了牵引技术的应用,试图提高手术的有效性及其安全性^[22,41,42]。Zhang 等^[22]对 17 例合并无症状性脊髓病变(7 例为 SSCM, 7 例 SSCM 合并 TCS,另 3 例为 TCS)的重度 CS(平均主弯 Cobb 角 125°)患者,术前行为期 6 周的 Halo 重力牵引,而后采取术中 Halo 股骨牵引下 PVCR 矫形术,脊髓病变均未处理,术后矫形满意且无脊髓神经损伤病例。他认为围手术期牵引结合 PVCR 而不处理脊髓病变,对于合并无症状脊髓病变的重度脊柱畸形是一种安全、有效的选择。

4 小结

总之,脊柱侧凸常合并脊髓病变,IS 以脊髓空洞多见,而 CS 则以 SSCM 多见。合并脊髓病变的脊柱侧凸在行矫形手术时,仍面临着较高的神经损伤风险。对于有进展性神经功能损害的脊髓病变,大多数学者建议先行神经外科干预;而对于无症状或轻微症状的脊髓病变,目前仍未达成共识。术前牵引有助于提高脊髓的耐牵拉能力,减少神经损伤风险,对于处理此类病变可能是一种安全、有效地治疗选择。

5 参考文献

- Liu YT, Guo LL, Tian Z, et al. A retrospective study of congenital scoliosis and associated cardiac and intraspinal abnormalities in a Chinese population[J]. Eur Spine J, 2011, 20(12): 2111-2114.
- Singhal R, Perry DC, Prasad S, et al. The use of routine preoperative magnetic resonance imaging in identifying intraspinal anomalies in patients with idiopathic scoliosis: a 10-year review[J]. Eur Spine J, 2013, 22(2): 355-359.
- Musson RE, Warren DJ, Bickle I, et al. Imaging in childhood scoliosis: a pictorial review[J]. Postgrad Med J, 2010, 86(1017): 419-427.
- Diab M, Landman Z, Lubicky J, et al. Use and outcome of MRI in the surgical treatment of adolescent idiopathic scoliosis[J]. Spine, 2011, 36(8): 667-671.
- Shen J, Wang Z, Liu J, et al. Abnormalities associated with congenital scoliosis: a retrospective study of 226 Chinese surgical cases[J]. Spine, 2013, 38(10): 814-818.
- Ghandhari H, Tari HV, Ameri E, et al. Vertebral, rib, and intraspinal anomalies in congenital scoliosis: a study on 202 Caucasians[J]. Eur Spine J, 2015, 24(7): 1510-1521.
- Koc T, Lam KS, Webb JK. Are intraspinal anomalies in early onset idiopathic scoliosis as common as once thought? a two centre United Kingdom study[J]. Eur Spine J, 2013, 22(6): 1250-1254.
- Rajasekaran S, Kamath V, Kiran R, et al. Intraspinal anomalies in scoliosis: an MRI analysis of 177 consecutive scoliosis patients[J]. Indian J Orthop, 2010, 44(1): 57-63.
- Pahys JM, Samdani AF, Betz RR. Intraspinal anomalies in infantile idiopathic scoliosis: prevalence and role of magnetic resonance imaging[J]. Spine, 2009, 34(12): E434-438.
- Alfieri A, Pinna G. Long-term results after posterior fossa decompression in syringomyelia with adult Chiari type I malformation[J]. J Neurosurg Spine, 2012, 17(5): 381-387.
- Pang D, Dias MS, Ahab-Barmada M. Split cord malformation: Part I: a unified theory of embryogenesis for double spinal cord malformations[J]. Neurosurgery, 1992, 31(3): 451-480.
- Yamada S, Won DJ, Pezeshkpour G, et al. Pathophysiology of tethered cord syndrome and similar complex disorders [J]. Neurosurg Focus, 2007, 23(2): E6.
- Babu R, Reynolds R, Moreno JR, et al. Concurrent split cord malformation and teratoma: dysembryology, presentation, and treatment[J]. J Clin Neurosci, 2014, 21(2): 212-216.
- Bassuk AG, Craig D, Jalali A, et al. The genetics of tethered cord syndrome[J]. Am J Med Genet A, 2005, 132A(4): 450-453.
- Urbizu A, Toma C, Poca MA, et al. Chiari malformation type I: a case-control association study of 58 developmental genes[J]. PLoS One, 2013, 8(2): e57241.
- Loder RT, Stasikelis P, Farley FA. Sagittal profiles of the

- spine in scoliosis associated with an Arnold -Chiari malformation with or without syringomyelia [J]. *J Pediatr Orthop*, 2002, 22(4): 483-491.
17. Prahinski JR, Polly DW Jr, McHale KA, et al. Occult intraspinal anomalies in congenital scoliosis [J]. *J Pediatr Orthop*, 2000, 20(1): 59-63.
18. Hamzaoglu A, Ozturk C, Tezer M, et al. Simultaneous surgical treatment in congenital scoliosis and/or kyphosis associated with intraspinal abnormalities[J]. *Spine*, 2007, 32(25): 2880-2884.
19. Mehta VA, Gottfried ON, McGirt MJ, et al. Safety and efficacy of concurrent pediatric spinal cord untethering and deformity correction[J]. *J Spinal Disord Tech*, 2011, 24(6): 401-405.
20. Zhang ZX, Feng DX, Li P, et al. Surgical treatment of scoliosis associated with syringomyelia with no or minor neurologic symptom[J]. *Eur Spine J*, 2015, 24(7): 1555-1559.
21. Hamzaoglu A. Expert's comment concerning Grand Rounds case entitled "Staged corrective surgery for complex congenital scoliosis and split cord malformation" (by Muhammad Asad Qureshi, Ambreen Asad, Ibrahim Farooq Pasha, Arslan Sharif Malik, Vincent Arlet)[J]. *Eur Spine J*, 2009, 18(9): 1255-1256.
22. Zhang ZX, Hui H, Liu TJ, et al. Two-staged correction of severe congenital scoliosis associated with intraspinal abnormalities[J]. *J Spinal Disord Tech*, 2014. [Epub ahead of print]
23. Tokunaga M, Minami S, Isobe K, et al. Natural history of scoliosis in children with syringomyelia[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2001, 83(3): 371-376.
24. Kontio K, Davidson D, Letts M. Management of scoliosis and syringomyelia in children[J]. *J Pediatr Orthop*, 2002, 22(6): 771-779.
25. Inoue M, Minami S, Nakata Y, et al. Preoperative MRI analysis of patients with idiopathic scoliosis: a prospective study[J]. *Spine*, 2005, 30(1): 108-114.
26. Tubbs RS, Beckman J, Naftel RP, et al. Institutional experience with 500 cases of surgically treated pediatric Chiari malformation type I[J]. *J Neurosurg Pediatr*, 2011, 7(3): 248-256.
27. Krieger MD, Falkinstein Y, Bowen IE, et al. Scoliosis and Chiari malformation type I in children[J]. *J Neurosurg Pediatr*, 2011, 7(1): 25-29.
28. Brockmeyer D, Gollogly S, Smith JT. Scoliosis associated with Chiari 1 malformations: the effect of suboccipital decompression on scoliosis curve progression: a preliminary study[J]. *Spine*, 2003, 28(22): 2505-2509.
29. Xie J, Wang Y, Zhao Z, et al. One-stage and posterior approach for correction of moderate to severe scoliosis in adolescents associated with Chiari I malformation: is a prior suboccipital decompression always necessary[J]. *Eur Spine J*, 2011, 20(7): 1106-1113.
30. Sha S, Zhang W, Qiu Y, et al. Evolution of syrinx in patients undergoing posterior correction for scoliosis associated with syringomyelia[J]. *Eur Spine J*, 2015, 24(5): 955-962.
31. Godzik J, Holekamp TF, Limbrick DD, et al. Risks and outcomes of spinal deformity surgery in Chiari malformation, Type 1, with syringomyelia versus adolescent idiopathic scoliosis[J]. *Spine J*, 2015, 15(9): 2002-2008.
32. McMaster MJ. Occult intraspinal anomalies and congenital scoliosis[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1984, 66(4): 588-601.
33. 王亭, 邱贵兴, 沈建雄, 等. 先天性脊柱侧凸合并脊髓分裂症的诊治探讨[J]. *中华外科杂志*, 2005, 25(12): 770-773.
34. Hui H, Tao HR, Jiang XF, et al. Safety and efficacy of 1-stage surgical treatment of congenital spinal deformity associated with split spinal cord malformation[J]. *Spine*, 2012, 37(25): 2104-2113.
35. 陈博, 陶惠人, 袁志, 等. 合并脊髓纵裂的重度僵硬性先天性脊柱侧凸的一期后路脊椎截骨术[J]. *中华骨科杂志*, 2014, 34(3): 251-257.
36. 郝定均, 贺宝荣, 刘团江, 等. 脊柱截骨治疗先天性脊柱侧凸合并脊髓纵裂畸形的安全性和近期疗效 [J]. *中华骨科杂志*, 2013, 33(8): 803-808.
37. Huang JH, Yang WZ, Shen C, et al. Surgical treatment of congenital scoliosis associated with tethered cord by thoracic spine-shortening osteotomy without cord detethering[J]. *Spine*, 2015, 40(20): E1103-1109.
38. Yamada S, Won DJ. What is the true tethered cord syndrome[J]. *Childs Nerv Syst*, 2007, 23(4): 371-375.
39. Kang JK, Lee KS, Jeun SS, et al. Role of surgery for maintaining urological function and prevention of retethering in the treatment of lipomeningomyelocele: experience recorded in 75 lipomeningomyelocele patients [J]. *Childs Nerv Syst*, 2003, 19(1): 23-29.
40. Miyakoshi N, Abe E, Suzuki T, et al. Spine-shortening vertebral osteotomy for tethered cord syndrome: report of three cases[J]. *Spine*, 2009, 34(22): E823-825.
41. Kanagaraju V, Chhabra HS, Srivastava A, et al. A case of severe and rigid congenital thoracolumbar lordoscoliosis with diastematomyelia presenting with type 2 respiratory failure: managed by staged correction with controlled axial traction [J]. *Eur Spine J*, 2014 Nov 7. [Epub ahead of print]
42. Hui H, Zhang ZX, Yang TM, et al. Vertebral column resection for complex congenital kyphoscoliosis and type I split spinal cord malformation[J]. *Eur Spine J*, 2014, 23(6): 1158-1163.

(收稿日期:2015-12-16 末次修回日期:2016-03-25)

(本文编辑 李伟霞)