

Clinical Research Progress of Spinal Osteotomy for Correction of Spine Kyphosis

Yunfei Ouyang¹, Yan Wang², Yonggang Zhang², Xuesong Zhang², Peng Huang², Guoquan Zheng²

¹2011 Doctor Class, Chinese PLA General Hospital, Beijing

²Department of Orthopedics, Chinese PLA General Hospital, Beijing

Email: yunfeioyang@hotmail.com

Received: Dec. 5th, 2015; accepted: Dec. 28th, 2015; published: Dec. 31st, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Severe spinal deformity often requires surgical correction. The application of the spinal osteotomy is indispensable. Traditional osteotomies can be divided into: Smith-Petersen Osteotomy (SPO), Pedicle Subtraction Osteotomy (PSO) and Vertebral Column Resection (VCR). Different deformities use different osteotomies. Severe deformity may use two or more osteotomies. The spine corrective surgery of severe deformity is difficult. Occurrence rate of complications of the nerve damage is high. Proper osteotomy and the doctor's surgical experience are the keys to successful operation. Professor Wang in Department of Orthopedics, Chinese PLA General Hospital has created a new osteotomy named Vertebral Column Decancellation (VCD) in recent years which obtains some successful experience in the correction of the severe spinal deformity. This article comprehensively introduced the development and the clinical application of osteotomy in correction of spinal deformity from the history, the classification and the new progress of the osteotomy.

Keywords

Spinal Deformity, Osteotomy, Kyphosis

脊柱后凸畸形手术截骨临床研究进展

欧阳云飞¹, 王岩², 张永刚², 张雪松², 黄鹏², 郑国权²

¹解放军总医院2011级博士队, 北京

²解放军总医院骨科, 北京

Email: yunfeioyang@hotmail.com

收稿日期: 2015年12月5日; 录用日期: 2015年12月28日; 发布日期: 2015年12月31日

摘要

严重的脊柱后凸畸形往往需要手术矫正, 脊柱截骨技术的应用必不可少。传统截骨术可分为: SPO、PSO、以及VCR等截骨术式, 不同的畸形采用不同的截骨术, 严重的畸形可能会采用两种以上截骨术式。重度脊柱畸形的截骨矫正手术难度大, 神经损伤的并发症发生率较高, 恰当的截骨术式和医生的手术经验是手术成功的关键所在。解放军总医院骨科王岩教授近年来开创的新术式(VCD)截骨在矫正重度脊柱畸形方面取得了一些成功经验。本文从截骨术的历史到截骨术的分类, 以及当前截骨术的新进展全面介绍截骨术矫正脊柱后凸畸形的发展和临床应用。

关键词

脊柱畸形, 截骨术, 后凸畸形

1. 引言

重度脊柱畸形往往被认为是多平面复杂性脊柱畸形, 伴有侧凸、后凸及前凸中的一种或多种, 其椎体间柔韧性明显下降, 脊柱严重不平衡, 只有手术才能较好的恢复生理上整体性和局部性的平衡。对于脊椎破坏性病变形成的角状畸形、重度强直性脊柱炎形成的僵硬畸形等, 脊柱截骨可能是唯一可矫形的途径[1]。为了全面系统地向读者介绍脊柱截骨技术, 我们首先来回顾一下脊柱截骨术的历史:

2. 检索策略

英文主要资料库包括: PubMed、Cochrane 图书馆、EMBASE 和 Web of science。检索策略: pyogenic granuloma and burns, 语种为英语的文章。中文资料库包括: 中文生物医学文献数据库、中国期刊全文数据库、中文科技期刊数据库、中国优秀博硕士学位论文全文数据库。检索策略: 脊柱后凸畸形和截骨术, 检索时间段至 2014 年 12 月, 无发表类型限制。纳入标准: 脊柱后凸畸形, 并有截骨截骨矫形技术。检索结果: 中文: 6 篇, 英文: 24 篇。

3. 历史

1922 年 MacLennan 首次提出了全椎体切除的脊柱截骨术(vertebral column resection, VCR) [2], 他采用后路顶椎 VCR 配合支具治疗严重脊柱侧凸; 1945 年 Smith-Petersen 等率先描述了后路一到两个节段的椎板截骨矫正 Scheuermann 病的后凸畸形和僵硬性脊柱侧后凸畸形, 后被命名为(Smith-Petersen osteotomy, SPO) [3], 其以椎间盘后缘为支点, 缩短了脊柱后柱而延长了脊柱前柱, 从而极大的提高了畸形的柔韧性和手术矫正率; 1984 年 Ponte 报告了 Ponte 截骨术[4], 其在单一水平的 SPO 截骨基础上发展了多水平的 SPO 截骨矫正严重的 Scheuermann 病后凸畸形, 主要在矫正节段进行了更广泛的脊柱松解, 多水平的 SPO 截骨又被称作 SPOs 截骨;

20 世纪 40 年代, Michele 和 Krueger 从脊柱后方通过椎弓根进行椎体病变的活检和椎体感染的引流[5]。80 年代经椎弓根脊柱截骨术(pedicle subtraction osteotomy, PSO) [6]、蛋壳截骨技术(Transpedicular eggshell osteotomy) [7]同时出现, 这些技术统归 PSO 截骨, 它们在矫正较大脊柱畸形上优于 SPO 截骨;

研究表明：SPO 或 PSO 在轻、中度僵硬脊柱畸形或脊柱侧凸翻修手术中可取得较好疗效，而在重度、僵硬的脊柱侧后凸畸形治疗中，由于截骨范围有限，往往不能取得满意的畸形矫正和躯干平衡恢复。1987 年 Bradford 等报告了应用椎体切除术(vertebral column resection, VCR)治疗 26 例特发性脊柱畸形患者[8]，随后又报告了应用前后路联合 VCR 治疗严重僵硬型脊柱畸形[9]。以后为了降低手术并发症单纯后路全脊椎切除截骨术(posterior vertebral column resection, PVCR)逐渐流行，2002 年 Suk 等采用后路全脊椎切除截骨术(PVCR)治疗严重脊柱畸形[10]，与前后路联合 VCR 相比，PVCR 所需手术时间缩短，失血量大大减少，该手术方式主要是结合了脊柱肿瘤切除方式，首先去除后路结构，通过向两侧咬除肋横突关节和部分肋骨近端，由两侧进行骨膜下剥离，显露前方椎体并将其全部咬除，再通过器械加压实现脊柱短缩矫形。目前该术式被泛应用于[11]-[13]：1) 严重僵硬型侧后凸畸形；2) 僵硬型冠状面或矢状面失代偿的严重结构性脊柱畸形；3) 胸椎角状后畸形等。虽有大量应用 PVCR 治疗严重脊柱畸形获得满意矫形效果的报告，但是其常见的神经并发症不容忽视[14]-[19]。后路 VCR 截骨被业界公认为能够获得最大矫正的截骨技术同时手术难度也很具挑战性。

为了寻求更安全的截骨方式，2006 年到 2009 年间，王岩等融合了 VCR 与 PSO 技术发展出一种改良的后路全椎体截骨术(multilevel modified vertebral column resection, MVCR) [20]-[22]在治疗成人严重的僵硬先天性后凸畸形、Pott's 畸形获得满意疗效；2010 年他们又在大量临床工作的基础上首创了新式的脊柱去松质骨截骨术(vertebral column decancellation, VCD) [23] [24]，该技术在去松质骨的前提下巧妙地保留部分松质骨充当“Bony cage”，有效地避免了畸形过程中脊柱过度短缩带来的不良影响，脊柱截骨的安全性得到很大提高。

脊柱截骨术前评估有助于术者选择合适的截骨方法，然而截骨范围和的选择取决于许多复杂的因素，首要因素是脊柱畸形的类型(侧凸、后凸、前凸以及任何与脊柱冠状面、矢状面失衡相关的因素)，其它因素还包括脊柱曲度、柔韧性、骨密度、手术预期目标以及术者的经验和手术保障水平等[25]。

关于脊柱截骨术的术式，有学者按照截骨矫形后的三柱变化把临床常用的截骨方法概括为：开张型、闭合型和闭合-开张型截骨。本章节主要延续截骨术发展的历史将其总结为：SPO、PSO、VCR 以及 VCD 等截骨术式。

4. 结果

4.1. SPO 截骨术

4.1.1. 适应症

SPO 截骨术最初被建议用来治疗强直性脊柱炎引起的后凸畸形。因为前方骨化可通过折骨术来进行前方的张开。这允许通过单水平截骨获得较大的矫正度数。截骨的支点是椎体后缘和后纵韧带。矫正度数取决于前方张开的角度。主动脉钙化是该术式的禁忌症，因为该术式有潜在造成主动脉破裂的风险。目前多用于单水平需要矫正 10° ~ 15° 的病例。SPO 的理想适应症是长的圆滑的后凸畸形如休门氏病[26]。其他常见的应用为强硬性侧凸病人行后方截骨松解[27]。

4.1.2. 手术方法

Smith-Petersen 截骨最早采用单节段截骨矫正强直性脊柱炎和 Scheuermann 病的后凸畸形，随着技术的演变和改良，形成多节段 SPO 截骨和不对称性截骨等技术，其适应证逐渐扩大到平背综合征、固定的矢状面畸形和冠状面失衡的矫正。这项技术主要包括后方韧带(棘上韧带、棘间韧带、黄韧带)、部分棘突、上下椎板和小关节突关节的切除来达到后方松解，这样可以通过闭合截骨间隙来进行矢状面的矫形。通常截骨间隙宽度为 10~15 mm，后方截骨 1 mm 代表矫正角度约为 1° 。截骨完成后通过折弯手术床和双

侧加压技术使截骨间隙闭合，闭合之前进行上下椎板的穹窿减压，预防闭合过程对神经组织产生卡压，闭合完成后对后方骨结构去皮质植骨。

Ponte 截骨术也称作多节段的 SPO 截骨术(SPOs)，主要在矫正节段进行了更广泛的脊柱松解。李明等报告了 Ponte 截骨和 Smith-Petersen 截骨矫正僵硬性 AIS 的疗效比较，认为 Ponte 截骨和 SPO 截骨，结合后路全椎弓根螺钉均能安全有效地矫正僵硬性 AIS。相比于 SPO 截骨组，Ponte 截骨组能提高胸主弯的冠状面矫正率，同时取得良好的冠状面平衡和矢状面的生理胸椎后凸。且 Ponte 截骨术能提供更多局部的自体植骨量、增加植骨融合面积[28]。

4.2. PSO 截骨术

1985 年 Thomasen 首次报告了经椎弓根的楔形截骨技术[6]，同年 Heining 报告了经椎弓根的蛋壳技术截骨 7，二者均是去除脊柱后方结构并对椎体进行楔形截骨来矫正脊柱畸形，Ponte 截骨术可以理解为多水平的 Smith-Petersen 截骨，Lenke 将二者统归为 PSO 截骨[25]。

4.2.1. 适应症

主要适用于矫正因创伤、骨质疏松症、结婚及强直性脊柱炎等所致的脊柱后凸畸形，单节段的 PSO 截骨可获得 30°~50°的矫正量。

4.2.2. 手术方法

经椎弓根的楔形截骨术通过切除后方椎板、椎弓根、横突，并“V”形切除前方椎体，直达前方皮质骨，以椎体前皮质骨为矫正轴，通过后方的闭合将前中柱截骨处之楔形空隙闭合。此法脊柱前缘并不张开，椎前软组织在矫形时所受的牵张力小，减少了前纵韧带和腹主动脉撕裂的危险；同时因截骨接触面积大，可防止脊柱滑脱和不稳，亦有利于截骨面愈合，被称为“闭合式截骨”。目前已成为矫正强直性脊柱炎后凸畸形最常用的手术方法。经椎弓根截骨(PSO)包括经双侧椎弓根去除所选椎体的骨松质以弱化椎体，用最小的力造成椎板和椎体后部的后方压缩，通过操控手术台后伸脊柱以及将器械从梁臂力里施压于脊柱，在直视下使两相邻椎体的后弓相互靠近。

蛋壳技术 Heining 等 1985 年报道了“蛋壳”截骨技术，其核心是通过椎弓根将椎体的松质骨或椎间盘楔形去除，使椎体后部只剩下一薄层骨皮质，形似“蛋壳”，将其向前打断后通过椎体前壁为支点闭合截骨矫形，其实质仍是椎弓根椎体截骨。Murrey 等[29]。

回顾分析了 59 例应用蛋壳技术治疗的患者，获得近乎 100%的融合率，而无神经损伤并发症。

开合式楔形截骨椎弓根椎体截骨椎前柱张开的变异术式，即中柱闭合-前柱张开术。

4.3. VCR 截骨术

4.3.1. 适应症

脊椎切除截骨术(vertebral columnresection, VCR)主要适用于治疗重度脊柱凸畸形以获得最大矫正效果。椎体切除术的适应证包括固定的躯干偏移，冠状面弯曲大于 80°的僵硬性脊柱畸形。凹凸侧椎体长度不对称且不能由单纯截骨获得矫形的畸形。切除椎体的数目取决于畸形的程度。对于锐角畸形，顶椎区单个椎体切除可能就足够。如果畸形长而广泛，那可能就需要切除顶椎队 2~3 个椎体，以便在获得平衡矫正时不牵拉脊髓[30]。据 Bradford 和 Tribus 报道[9]，椎体截骨可以纠正冠状面失代偿的 82%，矢状面失代偿的 85%，可以使侧凸改善 52%，T1 倾斜及骨盆倾斜分别改善 11.5°和 7°(分别为 65%和 55%)。

4.3.2. VCR 截骨术

脊椎切除截骨术(vertebral columnresection, VCR)主要是同期或分期的前后路手术。前路手术主要是经

胸或胸腹联合的畸形凸侧入路，结扎节段血管、用骨刀凿在椎体的骨皮质上开口，撬开皮质，去除松质骨，切除椎间盘直至后纵韧带。一点点地切除椎体直到硬脊膜。在前路手术可以切除凸侧的推弓根；但是凹侧的椎弓根只能安全切除一部分，然后川明胶海绵覆盖硬脊膜，将由切除椎体及肋骨制备的骨移植植物松散地放置在椎体内，再将骨膜瓣复位以包容移植骨。在后路手术中，暴露预计要固定区域。这时可以行凸侧胸廓成形术；对极其严重的畸形可额外行凹侧肋骨切除术，这样可方便后续的脊柱手术操作。脊柱预固定点置钉。随后将前路已切除椎体所对应的椎弓以及残留的椎弓根一起切除。然后用双棒矫正畸形。

后路椎体截骨术(posterior vertebral column resection, PVCR)

1) 单纯从后路进行全椎体切除术因其创伤明显低于传统 VCR 截骨所以比较流行。结合了脊椎肿瘤切除方式，首先去除脊柱后方结构，通过向两侧咬除肋横突关节和部分肋骨近端，由两侧进行骨膜下剥离，显露前方椎体并将其全部咬除，再通过器械加压实现脊柱短缩畸形，由于前中柱去除的骨性结构较多，稳定性被彻底破坏，一般需要进行结构支撑性植骨或非支撑性植骨，以重建前中柱的稳定性。

2) 半椎体切除术(后路椎体切除术)这种技术同蛋壳技术类似。包括切除半椎体椎弓、再经椎弓根去除椎体的松质骨。但不需要切除半椎体的骨皮质因为施加于凸侧的加压力可以使剩余的骨皮质壳塌陷，半椎体两侧的椎间盘及终板均要切除。切除含有半椎体的两个椎体间凹侧的椎间盘比较困难，但是在可部分保留作为铰链以防止脊柱严重的偏移。在胸椎，同半椎体肋骨结合的基底部必须切除。总之。这个手术过程是安全的，因为脊髓已经转移到弯曲的凸侧。这样就允许有足够的空间在直视脊髓的情况下切除椎弓根及椎体。放置的内固定器械允许通过撑开和加压来矫正畸形。

3) 改良后路椎体截骨术(multilevel modified vertebral column resection, MVCR)王岩等[21]报告的后路全椎体截骨术，该手术方式融合了 PVCR 和蛋壳技术以及脊柱肿瘤整体切除等切除技术的优点，通过扩大的蛋壳技术实现前方椎体或多个椎体和邻近椎间盘的彻底切除，从松质骨入手，形成空壳，再由内向外磨薄硬壳，最后彻底去除椎管四周的两层骨皮质结构，实现脊椎的全切。由于可以采用磨钻进行精细操作，该技术可控制性强，损伤神经结构的几率小，不仅可以做单个顶椎的切除，而且可以方便进行顶椎附近多个椎体的全切。另外，由于其操作程序化好，与 PVCR 相比较，后期去除脊椎的后方结构、最后去除椎管的内壁和后壁，均可以明显减少手术中的出血量。

4.4. VCD 截骨术

4.4.1. 适应症

主要适用于顶椎区楔形变或压缩骨折的重度角状脊柱畸。

4.4.2. 手术技术

先行相邻两椎体蛋壳截骨，向头端和尾端扩大，切除椎体内松质骨，头尾端显露至上下终板，外侧壁需显露到白色的皮质骨。再咬除脊髓前残留皮质骨与终板，切除椎间盘使上下椎体间贯通，向外推挤皮质骨使之塌陷，最后通过悬梁臂及旋棒技术闭合截骨间隙使畸形脊柱得以矫正。脊柱去松质骨截骨技术也是闭合-开张式截骨，其相较于 VCR，优点在于：1) 处理椎体时是从内到外，操作更安全，无需处理节段血管，血管相关并发症更少。2) 畸形椎体残留的松质骨可充当“骨性 Cage”的作用，有效控制了脊柱短缩，其功能等同于传统 VCR 技术里的钛网，局部融合效果更加确切。3) 多节段脊柱去松质骨截骨后，在矫正畸形至最终凹侧壁断开或张开，仍可保留部分骨性接触，脊柱稳定性并没有下降，神经损伤概率下降。该作者报告了 32 例重度畸形患者，术前平均 108°，术后矫正至 42°，矫正率 61%；仅 4 例患者出现并发症，2 例一过性神经症状，1 例脑脊液漏，1 例硬膜外血肿，并发症发生率较 VCR 明显下

降[23]。

5. 展望

截骨术式的发展使脊柱截骨技术进一步丰富和完善，现代三维矫形内固定与脊柱截骨术联合应用已使僵硬性脊柱畸形治疗达到了一个新的水平。手术并发症也有进一步降低，良好的设备和有经验的手术医生仍是完成手术的两个关键因素。

资助信息

本研究未受到任何团体和任何形式资助。

参考文献 (References)

- [1] 王岩. 对脊柱畸形截骨矫治及退行性脊柱畸形治疗的认识[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2011, 21(9): 706-707.
- [2] Lennan, M. (1922) Scoliosis. *British Medical Journal*, **2**, 865-866.
- [3] Smith-Petersen, M.N., Larson, C.B. and Aufrance, O.E. (1945) Osteotomy of the Spine for Correction of Flexion Deformity in Rheumatoid Arthritis. *The Journal of Bone and Joint Surgery British Volume*, **27**, 1-11.
- [4] Ponte, A., Vero, B. and Siccaldi, G.L. (1984) Surgical Treatment of Scheuermann's Hyperkyphosis. In: Winter, RB., Ed., *Progress in Spinal Pathology: Kyphosis*, Aulo Gaggi, Bologna, 75-80.
- [5] Michele, A. and Krueger, F.J. (1949) A Surgical Approach to the Vertebral Body. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, **31**, 873-878.
- [6] Thomasen, E. (1985) Vertebral Osteotomy for Correction of Kyphosis in Ankylosing Spondylitis. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, **194**, 142-152. <http://dx.doi.org/10.1097/00003086-198504000-00019>
- [7] Heining, C.F. and Luque, E.R. (1984) Segmental Spine Instrumentation. Slack Incorporated Thorofare, New Jersey, 5, 221-234.
- [8] Byrd 3rd, J.A., Scoles, P.V., Bradford, D.S., et al. (1987) Adult Idiopathic Scoliosis Treated by Anterior and Posterior Spinal Fusion. *The Journal of Bone and Joint Surgery American Volume*, **69**, 843-850.
- [9] Bradford, D.S. and Tribus, C.B. (1997) Vertebral Column Resection for the Treatment of Rigid Coronal Decompensation. *Spine*, **22**, 1590-1599. <http://dx.doi.org/10.1097/00007632-199707150-00013>
- [10] Suk, S.I., Kim, J.H., Kim, W.J., et al. (2002) Posterior Vertebral Column Resection for Severe Spinal Deformities. *Spine*, **27**, 2374-2382. <http://dx.doi.org/10.1097/00007632-200211010-00012>
- [11] Lenke, L.G., O'Leary, P.T., Bridwell, K.H., Sides, B.A., Koester, L.A. and Blanke, K.M. (2009) Posterior Vertebral Column Resection for Severe Pediatric Deformity: Minimum Two-Year Follow-Up of Thirty-Five Consecutive Patients. *Spine*, **34**, 2213-2221. <http://dx.doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181b53cba>
- [12] Suk, S.I., Chung, E.R., Kim, J.H., Kim, S.S., Lee, J.S. and Choi, W.K. (2005) Posterior Vertebral Column Resection for Severe Rigid Scoliosis. *Spine*, **30**, 1682-1687. <http://dx.doi.org/10.1097/01.brs.0000170590.21071.c1>
- [13] Lenke, L.G., Sides, B.A., Koester, L.A., Hensley, M. and Blanke, K.M. (2010) Vertebral Column Resection for the Treatment of Severe Spinal Deformity. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, **468**, 687-699. <http://dx.doi.org/10.1007/s11999-009-1037-x>
- [14] 史亚民, 金大地, 王岩, 王以朋, 吕国华, 海涌, 邱勇. 全脊椎截骨或切除术矫治脊柱侧后凸畸形的相关问题探讨[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2007, 17(4): 250-251.
- [15] Smith, J.S., Wang, V.Y. and Ames, C.P. (2008) Vertebral Column Resection for Rigid Spinal Deformity. *Neurosurgery*, **63**, 177-182. <http://dx.doi.org/10.1227/01.NEU.0000320429.32113.85>
- [16] Lenke, L.G., Newton, P.O., Sucato, D.J., Shufflebarger, H.L., Emans, J.B., Sponseller, P.D., et al. (2013) Complications Following 147 Consecutive Vertebral Column Resections for Severe Pediatric Spinal Deformity: A Multicenter Analysis. *Spine*, **38**, 119-132.
- [17] Kim, S.S., Cho, B.C., Kim, J.H., Lim, D.J., Park, J.Y., Lee, B.J. and Suk, S.I. (2012) Complications of Posterior Vertebral Resection for Spinal Deformity. *Asian Spine Journal*, **6**, 257-265. <http://dx.doi.org/10.4184/asj.2012.6.4.257>
- [18] 季明亮, 邱勇. 后路全脊椎切除截骨矫形术神经并发症的危险因素及预防进展[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2011, 21(4): 334-337.
- [19] Sponseller, P.D., Jain, A., Lenke, L.G., Shah, S.A., Sucato, D.J., Emans, J.B. and Newton, P.O. (2012) Vertebral

Column Resection in Children with Neuromuscular Spine Deformity. *Spine*, **37**, E655-E661.

<http://dx.doi.org/10.1097/brs.0b013e318244460d>

- [20] 王岩, 张永刚, 张雪松, 肖嵩华, 王征, 毛克亚, 刘郑生, 刘保卫, 陆宁, 朱守荣, 张西峰, 黄鹏. 单纯后路多个全脊椎切除矫治严重脊柱侧、后凸畸形[J]. 脊柱外科杂志, 2007, 5(2): 65-68.
- [21] Wang, Y., Zhang, Y.G., Zhang, X.S., Huang, P., Xiao, S.H., Wang, Z., *et al.* (2008) A Single Posterior Approach for Multilevel Modified Vertebral Column Resection in Adults with Severe Rigid Congenital Kyphoscoliosis: A Retrospective Study of 13 Cases. *European Spine Journal*, **17**, 361-372. <http://dx.doi.org/10.1007/s00586-007-0566-9>
- [22] Wang, Y., Zhang, Y.G., Zhang, X.S., Wang, Z., Mao, K.Y., Chen, C., *et al.* (2009) Posterior-Only Multilevel Modified Vertebral Column Resection for Extremely Severe Pott's Kyphotic Deformity. *European Spine Journal*, **18**, 1436-1441. <http://dx.doi.org/10.1007/s00586-009-1067-9>
- [23] 王岩, 张永刚, 郑国权, 肖嵩华, 张雪松, 王征. 脊柱去松质骨截骨治疗僵硬性脊柱侧凸的有效性及安全性分析[J]. 中华外科杂志, 2010, 48(22): 1701-1704.
- [24] Wang, Y. and Lenke, L.G. (2011) Vertebral Column Decancellation for the Management of Sharp Angular Spinal Deformity. *European Spine Journal*, **20**, 1703-1710. <http://dx.doi.org/10.1007/s00586-011-1771-0>
- [25] Lenke, L.G. and Cho, W. (2010) Vertebral Osteotomies—Review of Current Concepts. *US Musculoskeletal Review*, **5**, 46-49.
- [26] Kim, K.T., Park, K.J. and Lee, J.H. (2009) Osteotomy of the Spine to Correct the Spinal Deformity. *Asian Spine Journal*, **3**, 113-123. <http://dx.doi.org/10.4184/asj.2009.3.2.113>
- [27] Dorward, I.G. and Lenke, L.G. (2010) Osteotomies in the Posterior-Only Treatment of Complex Adult Spinal Deformity: A Comparative Review. *Neurosurgical Focus*, **28**, E4. <http://dx.doi.org/10.3171/2009.12.FOCUS09259>
- [28] 刘祥胜, 朱晓东, 白玉树, 吴大江, 吴冰, 易红蕾, 李明, 王达义. Ponte 截骨与 SPO 截骨联合后路全椎弓根螺钉系统矫正僵硬性青少年特发性胸椎侧凸的疗效比较[J]. 中国矫形外科杂志, 2012, 20(15): 1350-1355.
- [29] Murrey, D.B., Brigham, C.D., Kiebzak, G.M., Finger, F. and Chewning, S.J. (2002) Transpedicular Decompression and Pedicle Subtraction Osteotomy (Eggshell Procedure): A Retrospective Review of 59 Patients. *Spine*, **27**, 2338-2345. <http://dx.doi.org/10.1097/00007632-200211010-00006>
- [30] Heary, R.F. and Albert, T.J. (2007) *Spinal Deformities: The Essentials*. Thieme Medical Publishers, Stuttgart, 252-256.