

## 临床论著

## 多节段 Ponte 截骨与全脊椎截骨矫正复杂脊柱畸形有效性与安全性比较的 Meta 分析

叶小龙<sup>1</sup>, 田慧中<sup>2</sup>, 马 原<sup>2</sup>

(1 新疆医科大学 830054 乌鲁木齐市; 2 新疆医科大学第六附属医院脊柱外科 830092 乌鲁木齐市)

**【摘要】目的:**系统比较多节段 Ponte 截骨与全脊椎截骨(vertebral column resection, VCR)对于矫正复杂脊柱畸形的有效性与安全性。**方法:**计算机检索 2023 年 6 月之前中国知网、万方、维普、PubMed、Cochrane Library、EMBASE 和 CBM 数据库收录的有关 Ponte 截骨和 VCR 矫正复杂脊柱畸形效果对比的临床研究文献, 由 3 位研究人员独立进行文献筛选、资料提取, 综合运用改良后的 Jadad 评分量表和 NOS 评分量表对纳入文献进行质量评价, 纳入指标包括: 手术时间、术中出血量、术后并发症、脊柱主弯 Cobb 角矫正率、脊柱后凸矫正率、SRS-22 量表评分、脊柱主弯 Cobb 角矫正丢失、脊柱后凸畸形矫正丢失, 使用 Revman 5.3 软件进行 Meta 分析。**结果:**共纳入 6 篇文献, 均为队列研究, 其中 1 篇 Jadad 量表评分为 3 分、质量等级评为 B 级, 5 篇 Jadad 以及 NOS 量表评分均大于 5 分。共纳入 198 例复杂脊柱畸形病例, 其中多节段 Ponte 截骨 118 例 (Ponte 截骨), VCR 80 例 (VCR 组)。分析结果显示, Ponte 截骨比 VCR 手术时间更短[OR=-43.08, 95%CI(-58.46, -27.70), Z=5.49, P<0.00001]、术中出血量更少[OR=-214.06, 95%CI(-336.10, -92.02), Z=3.44, P=0.0006]、术后并发症更少[OR=0.13, 95% CI(0.05, 0.31), Z=4.50, P<0.00001], 两组比较均有统计学差异; 两种术式在主弯 Cobb 角矫正率[OR=1.53, 95%CI(-3.24, 6.31), Z=0.63, P>0.05]、后凸矫正率[OR=6.40, 95%CI(-0.35, 13.15), Z=1.89, P>0.05]、SRS-22 量表评分 [OR=-0.06, 95%CI (-0.44, 0.33), Z=0.29, P>0.05]、主弯 Cobb 角矫正丢失 [OR=0.15, 95%CI (-1.08, 1.38), Z=0.24, P>0.05]、脊柱后凸畸形矫正丢失[OR=0.33, 95%CI(-3.44, 4.10), Z=0.17, P>0.05]等无统计学差异。**结论:**多节段 Ponte 截骨与 VCR 对于矫正复杂脊柱畸形的临床疗效一致, 但 Ponte 截骨在手术时间、术中出血量以及术后并发症少于 VCR, 是一种更加安全有效的方法。

**【关键词】**脊柱畸形; 多节段 Ponte 截骨; 全脊椎截骨; 脊柱侧凸; 后凸畸形; Meta 分析

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2023.10.06

中图分类号: R682.3, R687.3 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2023)-10-0907-10

A meta-analysis comparing the efficacy and safety of multi-level Ponte osteotomy and vertebral column resection in correcting complex spinal deformities/YE Xiaolong, TIAN Huizhong, MA Yuan//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2023, 33(10): 907-916

**【Abstract】 Objectives:** To systematically evaluate and compare the efficacy and safety of multi-level Ponte osteotomy and vertebral column resection(VCR) in the correction of complex spinal deformities. **Methods:** The clinical research literatures on the comparison of the effects of two surgical methods (Ponte osteotomy and VCR) on the correction of complex spinal deformities in CNKI, Wanfang, VIP, PubMed, Cochrane Library, EMBASE and CBM databases until June 2023 were retrieved by computer. Three researchers independently screened literatures and extracted data, and comprehensively evaluated the quality of the included literatures by using the modified Jadad scale and Newcastle-Ottawa Scale(NOS). The included indicators were operative time, intraoperative blood loss, postoperative complications, Cobb angle correction rate of main curve, kyphosis correction rate, SRS-22 score, Cobb angle correction loss of main curvae, kyphosis correction loss, and Revman 5.3 software was used for meta-analysis. **Results:** A total of 6 literatures were included, including 1

基金项目: 国家自然科学基金项目(编号: 82260446)

第一作者简介: 男(1989-), 博士研究生在读, 研究方向: 脊柱外科

电话: (0991)2660498 E-mail: 2867930261@qq.com

通讯作者: 马原 E-mail: xjjgyymy@126.com

cohort study with Jadad scale score of 3 and quality grade of B, and 5 cohort studies with Jadad and NOS scale scores of more than 5. A total of 198 patients with complex spinal deformities after operation were included, consisting of 118 cases undergone multi-level Ponte osteotomy(Ponte group) and 80 cases undergone VCR (VCR group). The results showed that comparing with VCR, multi-level Ponte osteotomy had shorter operative time[OR=-43.08, 95%CI(-58.46, -27.70),  $Z=5.49$ ,  $P<0.00001$ ], less blood loss[OR=-214.06, 95%CI(-336.10, -92.02),  $Z=3.44$ ,  $P=0.0006$ ] and less postoperative complications[OR=0.13, 95%CI(0.05, 0.31),  $Z=4.50$ ,  $P<0.00001$ ]; There was no statistical difference in postoperative Cobb angle correction rate [OR=1.53, 95%CI(-3.24, 6.31),  $Z=0.63$ ,  $P>0.05$ ], kyphosis correction rate[OR=6.40, 95%CI(-0.35, 13.15),  $Z=1.89$ ,  $P>0.05$ ], SRS-22 score[OR=-0.06, 95%CI(-0.44, 0.33),  $Z=0.29$ ,  $P>0.05$ ], Cobb angle correction loss[OR=0.15, 95%CI(-1.08, 1.38),  $Z=0.24$ ,  $P>0.05$ ], and correction loss of kyphosis[OR=0.33, 95%CI(-3.44, 4.10),  $Z=0.17$ ,  $P>0.05$ ] between the two groups. **Conclusions:** The clinical effects of multi-level Ponte osteotomy and VCR for the correction of complex spinal deformities are similar, but Ponte osteotomy is better than VCR in operative time, intraoperative blood loss and postoperative complications, which is a more safe and effective method.

**[Key words]** Spinal deformity; Multi-level Ponte osteotomy; Vertebral column resection; Scoliosis; Kyphosis; Meta analysis

**[Author's address]** Xinjiang Medical University, Urumqi, 830054, China

脊柱畸形(spinal deformity)是由于先天性或后天性致病因素<sup>[1]</sup>导致脊柱正常的生理弯曲平衡遭到破坏,造成冠状位、矢状位和横断位畸形<sup>[2]</sup>。多节段脊柱畸形会严重破坏整个脊柱结构的力学完整性,导致失去平衡、胸部畸形、疼痛和肺功能受损,严重者需手术来进行矫正<sup>[3,4]</sup>。对于胸椎复杂畸形的矫正,目前临床治疗手术方法较多<sup>[5]</sup>,其中多节段 Ponte 截骨主要通过切除关节突和部分椎板,是一种出血少、手术风险较低的多节段截骨矫正方式<sup>[6,7]</sup>;全脊椎切除术(vertebral column resection, VCR)具有更高的畸形矫正率和躯干平衡的优点,对严重复杂的脊柱畸形患者具有良好的效果。改良后的单纯后路全椎体切除(posterior vertebral column resection, PVCR),经后路将全椎体进行咬除,再通过器械加压实现脊柱短缩矫正畸形,在冠状面和矢状面提供了最大的矫正<sup>[8]</sup>。但是 VCR 是一种难度很大的骨科手术,神经损伤等严重的术中术后并发症风险较高<sup>[9,10]</sup>,对术者专业技术要求很高<sup>[11]</sup>。复杂脊柱畸形是指脊柱在三维空间存在形态和功能上的异常,通常涉及多个椎体、关节和软组织的病变。目前上述两种截骨手术方法矫正复杂脊柱畸形在临床中应用较为广泛,但两者对比研究相对较少且治疗效果差异性尚存在争议。本研究通过对两种截骨术式对比研究结果数据进行 Meta 分析,比较两种手术方法对于复杂脊柱畸形患者治疗的围手术期并发症及临床疗效,为临床提供循证医学依据。

## 1 资料与方法

### 1.1 文献检索策略

**1.1.1 数据库与检索时间** 检索时间为 2023 年 6 月之前,检索语种为中文、英文。英文数据库从 PubMed、EMBASE、Cochrane Library、CBM 数据库进行检索,中文期刊数据库从中国知网、维普以及万方数据库进行检索。

**1.1.2 检索策略** 检索工作由 3 名研究人员独立完成。英文检索词包括“Multi-level Ponte osteotomy”“Multiple levels asymmetric Ponte osteotomy”“Ponte osteotomy”“Vertebral column resection”“Spinal deformity”“Scoliosis”“Kyphosis”“Pedicule subtraction osteotomy”“Posterior Ponte osteotomy”“Posterior vertebral column resection”;中文检索词包括“多节段 Ponte 截骨”“多节段非对称 Ponte 截骨”“Ponte 截骨”“全脊椎截骨术”“脊柱畸形”“脊柱侧凸”“脊柱后凸”“经椎弓根椎体截骨”“后路 Ponte 截骨”“后路脊柱切除术”。

### 1.2 纳入及排除标准

纳入标准:(1)目前已经公开发表的有关多节段 Ponte 截骨与 VCR 治疗复杂脊柱畸形效果对比的临床研究;(2)研究对象为临床确定为复杂脊柱畸形且已行两种术式之一的患者;(3)干预措施,Ponte 截骨组和 VCR 组手术方式分别为多节段 Ponte 截骨与 VCR;(4)结局指标,组间均衡性较好,具有可比性,有较公认的临床疗效评定标准;(5)保证每组足够的样本量。

排除标准:(1) 无相互对照的手术病例报道;(2) 重复发表及无法获得全文的文献;(3) 无统计分析的叙述性研究;(4) 研究类型不符合的文献(综述、个案报告等)。

### 1.3 筛选和资料提取

3 位研究人员独立评价所有检出的文献,通过初步筛查和二次筛查,完成提取资料工作。从文献研究类型、研究方法、研究对象、年龄、性别、病例数、组间均衡性、随访情况、结局指标等方面对文献质量进行评价。然后交叉对比 3 人评价结果,若 3 人评价结果一致,则采用该结果;若 3 人评价结果不一致,则由 3 人共同讨论,直到得出一致结论。

### 1.4 文献质量评价

文章纳入的随机对照试验参照 Cochrane 手册 (Version 5.1.0) 描述的评价标准进行质量风险评估,包括随机序列的产生、盲法的实施和随机隐藏,其他偏倚等等。分为 A 级(低偏倚)、B 级(中偏倚)和 C 级(高偏倚);队列研究根据改良后的 Jadad 量表 (1~3 分视为低质量,4~7 分视为高质量)和纽卡斯尔-渥太华质量评价量表(Newcastle-Ottawa scale, NOS)进行质量评估,文献总分为 9 分,5 分以下属于低质量文献。

### 1.5 结局指标

(1) 手术时间;(2) 术中出血量;(3) 术后并发症;(4) 主弯 Cobb 角度矫正前后改变;(5) 主弯 Cobb 角度矫正率;(6) 后凸矫正率;(7) SRS-22 量表评分对比;(8) 主弯矫正丢失;(9) 后凸矫正丢失。

### 1.6 统计学处理

二分类变量和连续性变量采用比值比(OR)及其 95%CI 表示。使用 Revman 5.3 软件进行 Meta 分析。统计学结果显示同质性( $P>0.10$ ,  $I^2\leq 50\%$ ),采用固定效应模型进行 Meta 分析;如结果显示异质性( $P\leq 0.10$ ,  $I^2>50\%$ ),即采用随机效应模型进行合并分析。纳入数据无法进行 Meta 分析时,则使用描述性分析。 $P<0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 检索结果

文献筛选及结果见图 1。共检索出 346 篇文章,其中 207 篇中文文献和 139 篇英文文献,筛除

内容雷同或重复的文献。审核文章标题,阅读文章摘要,初筛文献 120 篇。阅读全文后排除不符合纳入标准文献,最终纳入符合要求的文献 6 篇<sup>[12-17]</sup>。共 198 例复杂脊柱畸形术后病例患者病例被纳入本研究,多节段 Ponte 截骨(Ponte 截骨组)118 例,VCR(VCR 组)80 例。

### 2.2 文献基本情况

在纳入的 6 篇文献中,均报道组间基线相似性一致且均未提及盲法;研究中均无退出、失访;纳入研究的基本特征见表 1。NOS 量表对纳入文献的质量评价,详见表 2。脊柱畸形纳入类型与术后并发症类型,详见表 3。

### 2.3 Meta 分析结果

**2.3.1 手术时间** 有 3 篇<sup>[14-16]</sup>文献报告了诊断标准有手术时间的对比,总样本量为 88 例,采用连续性变量,其中 Ponte 截骨组 55 例;VCR 组 33 例。异质性检验  $I^2=0\%$ ,  $P=0.79$ ,采用固定效应模型分析,OR=-43.08,95%CI (-58.46, -27.70), $Z=5.49$ , $P<0.00001$ (图 2)。本研究不存在发表偏倚,VCR 手术时间明显长于 Ponte 截骨。

**2.3.2 术中出血量** 有 3 篇<sup>[14-16]</sup>文献报告了术中出血量的对比,总样本量为 88 例,采用连续性变量,其中 Ponte 截骨组 55 例;VCR 组 33 例。异质性检验  $I^2=49\%$ ,  $P=0.14$ ,采用固定效应模型分析,OR=-214.06,95%CI (-336.10, -92.02), $Z=3.44$ , $P=0.0006$ (图 3)。本研究不存在发表偏倚,VCR 术中出血量明显多于 Ponte 截骨。

**2.3.3 术后并发症** 有 5 篇<sup>[13-17]</sup>文献报告了术后并发症的对比,总样本量为 188 例,采用二分类变量,其中 Ponte 截骨组 113 例;VCR 组 75 例。异质性检验  $I^2=0\%$ ,  $P=0.62$ ,采用固定效应模型分析,OR=0.13,95%CI (0.05, 0.31), $Z=4.50$ , $P<0.00001$ (图 4)。本研究不存在发表偏倚,VCR 组术后并发症明显多于 Ponte 截骨组。

**2.3.4 主弯畸形 Cobb 角度与矫正率对比** 有 5 篇<sup>[12,14-17]</sup>文献报告了矫正前后主弯畸形 Cobb 角度,总样本量为 158 例,采用连续性变量,其中 Ponte 截骨组 93 例;VCR 组 65 例。异质性检验结果,异质性检验  $I^2>50\%$ ,  $P\leq 0.10$ ,故采用随机效应模型进行合并分析,Ponte 截骨组手术前后主弯 Cobb 角比较:OR=58.51,95%CI (46.83, 70.19), $Z=9.82$ , $P<0.00001$ ,VCR 组手术前后主弯 Cobb 角:OR=54.80,95%CI (36.87, 72.72), $Z=5.99$ , $P<$

0.00001 (图 5)。Ponte 截骨和 VCR 手术对主弯 Cobb 角矫正的疗效均显著,治疗效果显著,无明显差异。

有 3 篇<sup>[12,15,16]</sup>文献报告了脊柱主弯畸形 Cobb 角度矫正率的对比,总样本量为 60 例,采用连续性变量,其中 Ponte 截骨组 34 例;VCR 组 26 例。

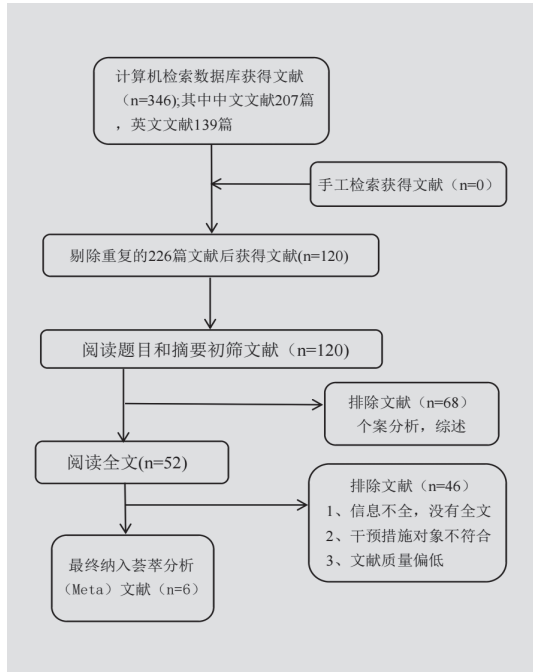


图 1 文献检索流程图。

Figure 1 Flow chart of literature retrieval.

异质性检验  $P=0\%$ ,  $P=0.58$ , 采用固定效应模型分析,  $OR=1.53$ ,  $95\%CI(-3.24, 6.31)$ ,  $Z=0.63$ ,  $P=0.53$  (图 6)。Ponte 截骨和 VCR 手术对主弯畸形 Cobb 角矫正的疗效无明显差异。

**2.3.5 脊柱后凸畸形矫正率的对比** 3 篇<sup>[12,14,16]</sup>文献报告了脊柱后凸畸形矫正率的对比,总样本量为 78 例,采用连续性变量,其中 Ponte 截骨组 50 例;VCR 组 28 例。异质性检验  $P=38\%$ ,  $P=0.20$ , 采用固定效应模型分析,  $OR=6.40$ ,  $95\%CI(-0.35, 13.15)$ ,  $Z=1.89$ ,  $P>0.05$  (图 7)。Ponte 截骨和 VCR 术对脊柱后凸畸形矫正率无明显差异。

**2.3.6 术后 SRS-22 量表评分比较** 3 篇<sup>[12,14,16]</sup>文献报告了 SRS-22 量表评分的对比,异质性分析  $P>50\%$ ,  $P\leq 0.10$ , 存在较强的异质性,可能与纳入的研究文献数据有限相关,采用随机效应模型进行合并分析,合并后亚组间异质性  $P=0\%$ ,  $OR=-0.06$ ,  $95\%CI(-0.44, 0.33)$ ,  $Z=0.29$ ,  $P=0.77$  (图 8)。Ponte 截骨和 VCR 术后 SRS-22 量表评分对比无明显差异。

**2.3.7 术后脊柱主弯畸形矫正丢失的比较** 有 2 篇<sup>[14,16]</sup>文献报告了脊柱主弯畸形矫正丢失的对比,总样本量为 68 例,采用连续性变量,其中 Ponte 截骨组 45 例;VCR 组 23 例。异质性检验  $P=0\%$ ,  $P=0.72$ , 采用固定效应模型分析,  $OR=0.15$ ,  $95\%CI(-1.08, 1.38)$ ,  $Z=0.24$ ,  $P>0.05$  (图 9)。Ponte

表 1 纳入研究的基本特征

Table 1 Basic characteristics of the included studies

|                                  | 患者数量<br>Number of patients |                   | 年龄<br>Age               |                   | 性别(男/女)<br>Gender(M/F)  |                   | 随访时间<br>(月)<br>Follow up<br>time (months) | 结局指标<br>Outcome<br>indicators | 质量评价<br>Quality evaluation |     |
|----------------------------------|----------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|-------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|-----|
|                                  | Ponte截骨组<br>Ponte group    | VCR组<br>VCR group | Ponte截骨组<br>Ponte group | VCR组<br>VCR group | Ponte截骨组<br>Ponte group | VCR组<br>VCR group |                                           |                               | Jadad                      | NOS |
| Han等 <sup>[12]</sup> ,<br>2020   | 5                          | 5                 | 22.4±2.7                | 20.4±5.5          | 4/6(合并)<br>Merge        |                   | 6~24                                      | ④⑤⑥⑦                          | 5                          | 7   |
| Kola等 <sup>[13]</sup> ,<br>2014  | 25                         | 15                | 21.5(均值)(On average)    |                   | 7/33(合并)<br>Merge       |                   | 6~60                                      | ③                             | 3                          | B   |
| Zhang等 <sup>[14]</sup> ,<br>2019 | 26                         | 12                | 26.65±8.4               | 27.92±7.5         | 5/21                    | 2/10              | >24                                       | ①②③④<br>⑥⑦⑧⑨                  | 6                          | 8   |
| 刘仁峰等 <sup>[15]</sup> ,<br>2023   | 10                         | 10                | 13.30±1.82              | 13.10±1.37        | 4/6                     | 4/6               | 13~23                                     | ①②③④<br>⑤                     | 5                          | 7   |
| 张杨璞等 <sup>[16]</sup> ,<br>2019   | 19                         | 11                | 26.32±9.57              | 28.09±7.84        | 5/14                    | 2/9               | >24                                       | ①②③④⑤<br>⑥⑦⑧⑨                 | 6                          | 8   |
| 经亚威等 <sup>[17]</sup> ,<br>2020   | 33                         | 27                | 41.62±4.61              | 40.56±4.46        | 13/20                   | 11/16             | 6                                         | ③④                            | 5                          | 6   |

注:①手术时间;②术中出血量;③术后并发症;④主弯畸形 Cobb 角度矫正前后改变;⑤脊柱主弯畸形 Cobb 角度矫正率;⑥脊柱后凸畸形矫正率;⑦术前术后 SRS-22 量表对比;⑧脊柱主弯畸形矫正丢失;⑨脊柱后凸畸形矫正丢失。

Notes: ①Operation time; ②Surgical blood loss; ③Postoperative complications; ④Cobb angle correction change of main curve before and after correction; ⑤Cobb angle correction rate of major curve; ⑥Correction rate of kyphosis deformity; ⑦Preoperative and post-operative SRS-22 scale comparison; ⑧Loss of correction of major curve deformity; ⑨Loss of correction of kyphosis.

截骨和 VCR 前后脊柱主弯畸形矫正丢失相比无明显差异。

**2.3.8 术后脊柱后凸畸形矫正丢失的比较** 有 2 篇<sup>[14,16]</sup>文献报告了脊柱后凸畸形矫正丢失的对比,总样本量为 68 例,采用连续性变量,其中 Ponte 截骨组 45 例;VCR 组 23 例。异质性检验结果, $I^2=0\%$ , $P=0.83$ ,采用固定效应模型分析, $OR=0.33$ , $95\%CI(-3.44,4.10)$ , $Z=0.17$ , $P>0.05$ (图 10)。Ponte 截骨和 VCR 前后脊柱后凸畸形矫正丢失无明显差异。

## 2.4 敏感性分析

主弯 Cobb 角度矫正率和术后 SRS-22 量表评分中显示出了异质性,采用随机效应模型合并后,结果表明 Ponte 截骨和 VCR 对矫正主弯畸形

Cobb 角疗效均较为明显,治疗效果显著,无明显差异,术后 SRS-22 量表评分对比无明显差异。

## 2.5 发表偏倚分析

由于各项 Meta 分析纳入的文献较少(<10 篇),所以仅对主弯 Cobb 角度矫正率和术后并发症的发表偏倚进行评估,结果显示两者漏斗图基本对称(图 11),提示分析结果较为稳定,说明发表偏倚对结果的影响较小。

## 3 讨论

脊柱畸形是脊柱轴线的三维偏移,包括脊柱的侧凸、后凸以及侧后凸等类型<sup>[18]</sup>,复杂脊柱畸形便是这些类型的重度或叠加,形成的原因较为复杂<sup>[19]</sup>,既可能是先天性脊柱畸形的延续,也可能是退行性病变或其他原因导致的畸形加重<sup>[20]</sup>。当结合病史和临床及放射学检查结果并没有为任何特定的病因提供明确的证据时<sup>[21]</sup>,才诊断为特发性脊柱畸形,而非特发性脊柱畸形主要类型是由于脊椎畸形引起的先天性脊柱侧凸畸形以及由于肌肉失衡引起的神经肌肉侧凸<sup>[22]</sup>。总之,特发性和非特发性脊柱畸形都是导致复杂脊柱畸形的病因。对于胸椎畸形的矫正,目前手术方法较多,其中多节段 Ponte 截骨与 VCR 作为矫正复杂脊柱畸形的手术治疗方法,临床应用较为普遍。多节段 Ponte 截骨在胸椎畸形矫正中优势较为明显,手术适应证包括:①先天性脊柱侧凸、半椎体、蝴蝶椎等,需要通过多节段 Ponte 截骨,以达到矫正畸形

表 2 纳入文献的 NOS 量表  
Table 2 Quality assessment of NOS scale

|                                | 对象选择<br>Selection | 可比性<br>Comparability | 结果评价<br>Outcome assessment | 总分<br>Total score | 质量评价<br>Quality evaluation |
|--------------------------------|-------------------|----------------------|----------------------------|-------------------|----------------------------|
| Han 等 <sup>[12]</sup> , 2020   | ★★★               | ★★                   | ★★                         | 7                 | 高<br>High                  |
| Kola 等 <sup>[13]</sup> , 2014  | ★                 | ★                    | ★                          | 3                 | 较低<br>Lower                |
| Zhang 等 <sup>[14]</sup> , 2019 | ★★★★★             | ★★                   | ★★                         | 8                 | 高<br>High                  |
| 刘仁峰等 <sup>[15]</sup> , 2023    | ★★★★              | ★★                   | ★★                         | 7                 | 高<br>High                  |
| 张杨璞等 <sup>[16]</sup> , 2019    | ★★★★★             | ★                    | ★★★★                       | 8                 | 高<br>High                  |
| 经亚威等 <sup>[17]</sup> , 2020    | ★★★★              | ★★                   | ★                          | 6                 | 中等<br>Medium               |

表 3 脊柱畸形与手术并发症类型

Table 3 Types of spinal deformity and complications

|                                | 脊柱畸形纳入类型<br>Types of spinal deformities included |                   |                        |                    | 术后并发症类型<br>Types of postoperative complications |                    |                          |                    |                          |                    |
|--------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------|------------------------|--------------------|-------------------------------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|
|                                |                                                  |                   |                        |                    | 伤口感染<br>Wound infection                         |                    | 神经损伤<br>Nerve injury     |                    | 其他<br>Others             |                    |
|                                | 特发性脊柱侧凸<br>Idiopathic scoliosis                  | 先天性<br>Congenital | 神经肌肉型<br>Neuromuscular | 症状性<br>Symptomatic | Ponte 截骨组<br>Ponte group                        | VCR 组<br>VCR group | Ponte 截骨组<br>Ponte group | VCR 组<br>VCR group | Ponte 截骨组<br>Ponte group | VCR 组<br>VCR group |
| Han 等 <sup>[12]</sup> , 2020   | 3                                                | 7                 | 0                      | 0                  | 0                                               | 0                  | 0                        | 0                  | 0                        | 0                  |
| Kola 等 <sup>[13]</sup> , 2014  | 27                                               | 9                 | 3                      | 1                  | 0                                               | 0                  | 0                        | 4                  | 2                        | 5                  |
| Zhang 等 <sup>[14]</sup> , 2019 | 38                                               | 0                 | 0                      | 0                  | 3(总共)(In total)                                 |                    | 1(总共)(In total)          |                    | 1(总共)(In total)          |                    |
| 刘仁峰等 <sup>[15]</sup> , 2023    | 0                                                | 20                | 0                      | 0                  | 1                                               | 2                  | 0                        | 0                  | 2                        | 3                  |
| 张杨璞等 <sup>[16]</sup> , 2019    | 30                                               | 0                 | 0                      | 0                  | 1                                               | 2                  | 0                        | 1                  | 0                        | 1                  |
| 经亚威等 <sup>[17]</sup> , 2020    | 60                                               | 0                 | 0                      | 0                  | 1                                               | 2                  | 0                        | 2                  | 0                        | 1                  |

的目的;②青少年和成人脊柱侧凸,可以通过多节段 Ponte 截骨,使侧凸得到一定程度的矫正;③退行性脊柱疾病,如椎间盘突出、椎管狭窄等,可通过多节段 Ponte 截骨扩大椎管,缓解脊髓和神经根受压,改善症状<sup>[10]</sup>。VCR 手术适应证包括:①对于严重的前后位半椎体、蝴蝶椎等严重脊柱畸形,VCR 可以一次性矫正多个节段的畸形,达到更好的矫正效果;②先天性半椎体、楔形椎等,需要通过 VCR 来一次性解决多个节段的畸形问题;③对创伤、肿瘤等原因导致的脊柱畸形,VCR 可以矫正脊柱畸形,改善患者的生活质量<sup>[11]</sup>。

本研究检索 2023 年 6 月之前所有比较 Ponte

截骨与 VCR 对于复杂脊柱畸形治疗效果的对照研究的中英文文献,共获得符合条件的文献 6 篇。纳入的研究中基本未提及盲法,但样本采用队列研究方法以及基线一致,不易导致研究偏倚,所以风险较低。在纳入的 6 篇文献中,研究类型均属于回顾性队列研究<sup>[12-17]</sup>,研究中均无退出、失访;Meta 分析结果显示,Ponte 截骨比较 VCR 手术时间更短、术中出血量以及术后并发症更少,这样的结果可能与 VCR 更加彻底全面的椎体切除方式从而导致的的手术时间更长、出血量以及术后并发症更多有关<sup>[23]</sup>;Ponte 截骨术是由 Ponte 等<sup>[24]</sup>于 1984 年首度提出,迄今为止,这项截骨矫正手术方法已被

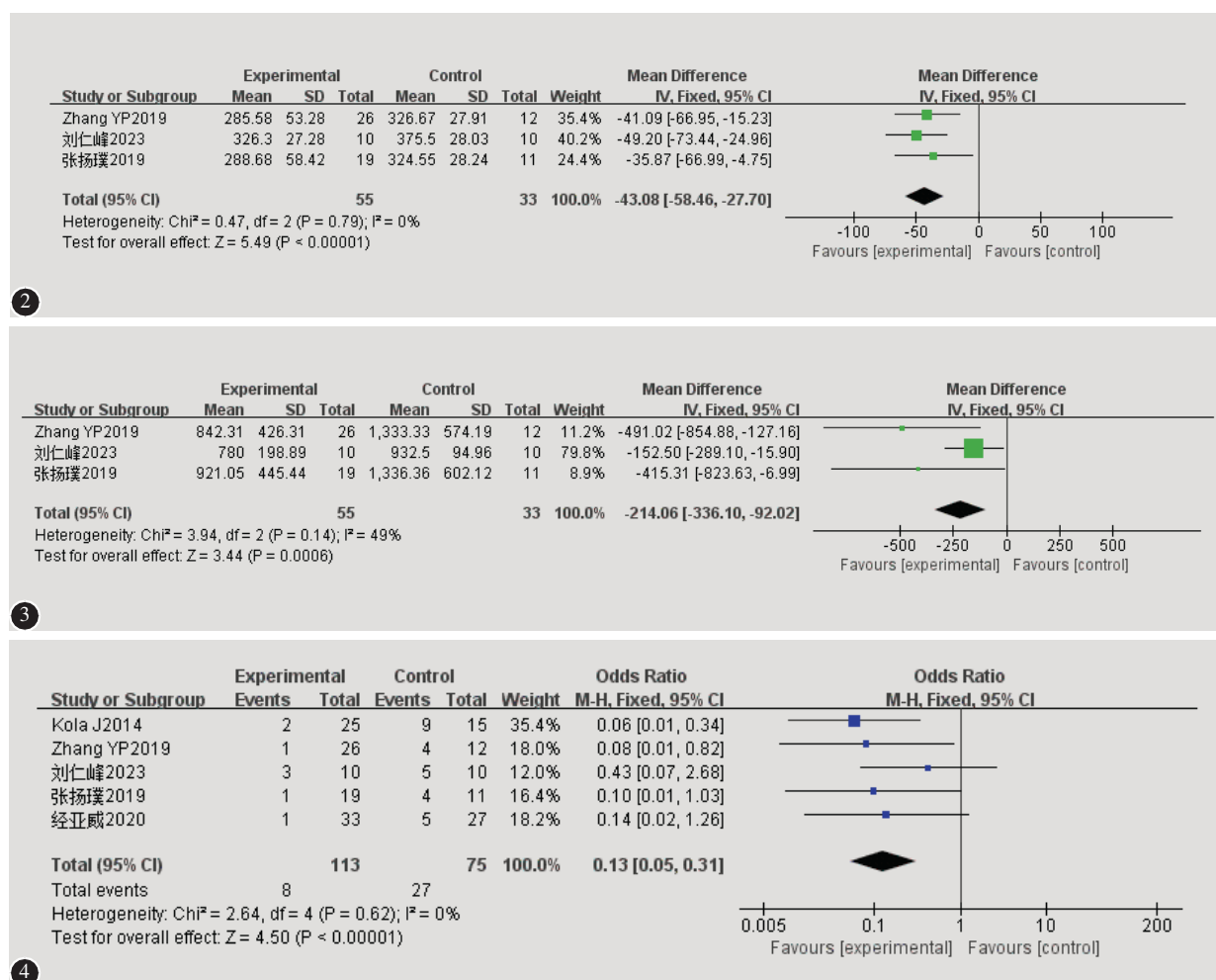


图 2 Ponte 截骨与 VCR 手术时间比较的森林图 Experimental(实验组):Ponte 截骨;Control(对照组):VCR。图 3 Ponte 截骨与 VCR 术中出血量比较的森林图 Experimental(实验组):Ponte 截骨;Control(对照组):VCR。图 4 Ponte 截骨与 VCR 术后并发症比较的森林图 Experimental(实验组):Ponte 截骨;Control(对照组):VCR。

**Figure 2** Forest plot comparison of Ponte osteotomy and VCR surgery time Experimental(experimental group): Ponte osteotomy; Control group: VCR. **Figure 3** Forest plot of bleeding volume comparison between Ponte osteotomy and VCR operation Experimental (experimental group): Ponte osteotomy; Control group: VCR. **Figure 4** Forest plot of Ponte osteotomy and VCR postoperative complications Experimental(experimental group): Ponte osteotomy; Control group: VCR.

广泛用于治疗脊柱畸形领域,特别是对于胸椎畸形矢状位的矫正,提倡在多个节段进行后路切除术以矫正过度的脊柱后凸,在后来的临床实践中,再次提出多节段不对称 Ponte 截骨术的概念,适

用于凸面较宽的复杂脊柱后凸<sup>[25]</sup>;Ponte 截骨截骨量相对于 VCR 减少了很多,同时还可以在进行多节段截骨前提下保证出血量相对较少,适用于矫正复杂脊柱畸形,它可以沿着刚性曲线的顶点安

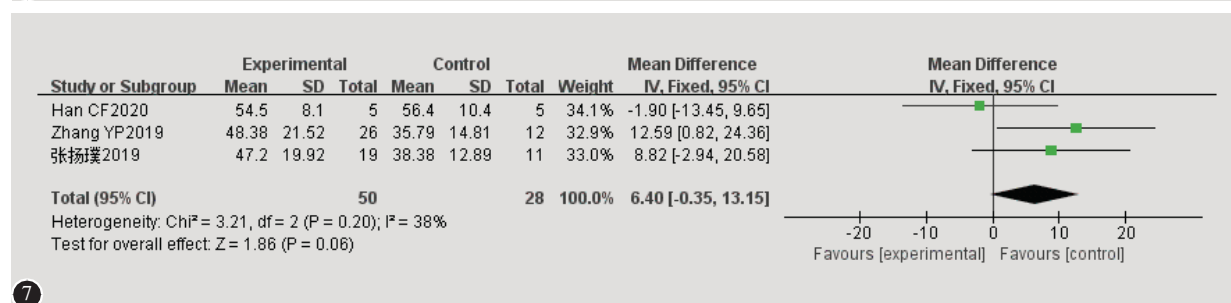
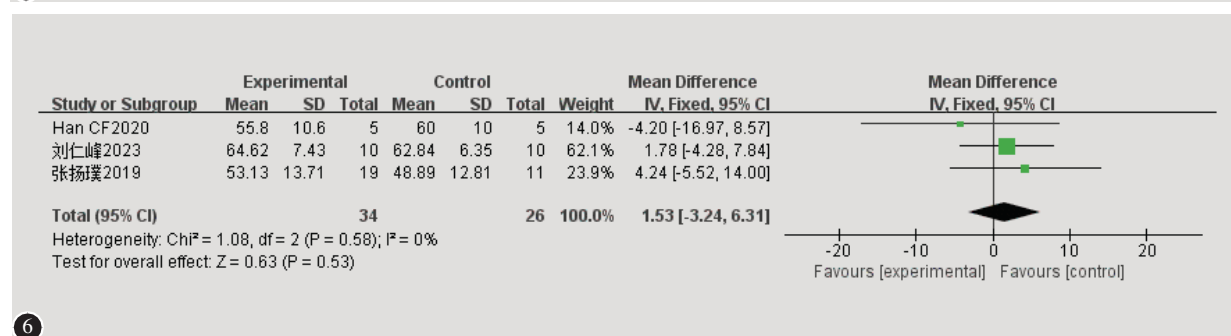
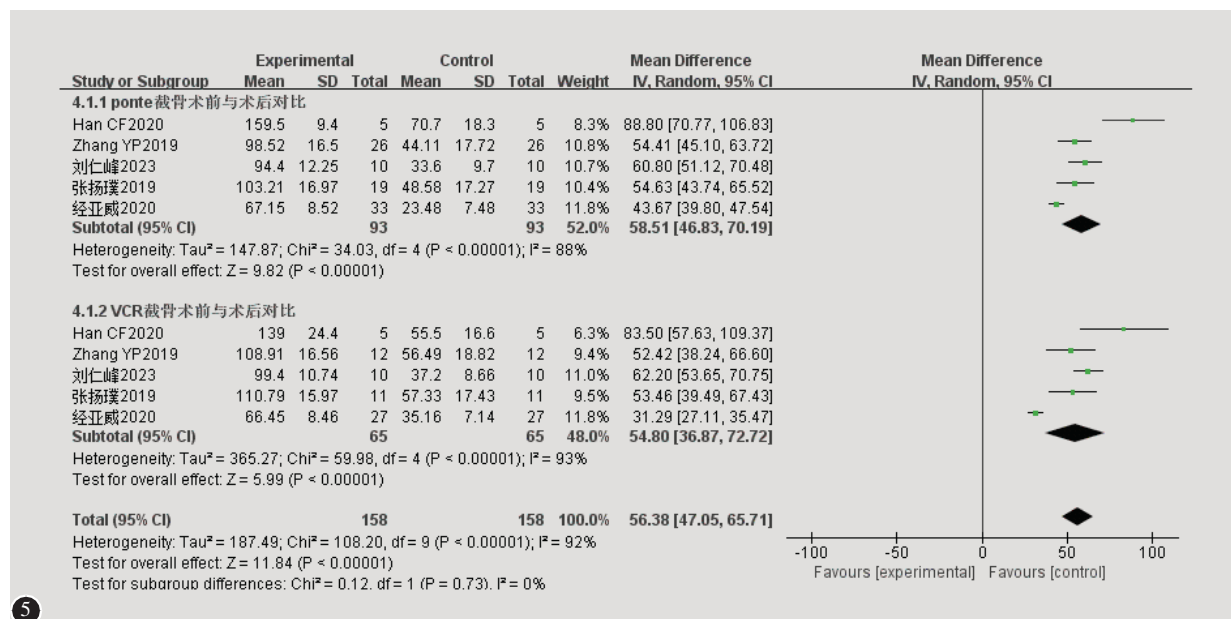


图5 Ponte 截骨与 VCR 手术前后对于矫正主弯畸形 Cobb 角度比较的森林图 Experimental(实验组):Ponte 截骨;Control (对照组):VCR。图6 Ponte 截骨与 VCR 对于矫正主弯畸形 Cobb 角度矫正率比较的森林图 Experimental(实验组):Ponte 截骨;Control (对照组):VCR。图7 Ponte 截骨与 VCR 对于矫正脊柱后凸 (Kyphosis) 畸形矫正率比较的森林图 Experimental(实验组):Ponte 截骨;Control(对照组):VCR。

**Figure 5** Forest plot of Cobb angle comparison between Ponte osteotomy and VCR before and after operation for correction of main curve deformity Experimental(experimental group): Ponte osteotomy; Control group: VCR. **Figure 6** Forest plot of Ponte osteotomy and VCR for the correction rate of Cobb angle in the correction of main curve deformity Experimental(experimental group): Ponte osteotomy; Control group: VCR. **Figure 7** Forest plot of Ponte osteotomy and VCR for correction rate of kyphosis deformity Experimental(experimental group): Ponte osteotomy; Control group: VCR.

全快速地进行,以增强曲线的柔韧性从而矫正脊柱后凸或侧凸。尽管 VCR 截骨更加彻底,但 VCR 截骨仅去除了局部截骨区域的畸形因素,并没有改善截骨区域的柔韧性,这或许是两种术式在矫正结果上无明显差异的原因之一<sup>[26]</sup>。

1922 年 MacLennan<sup>[27]</sup>第一次描述了椎体切除术,包括顶端体切除术,用于治疗严重的脊柱畸

形,在接下来的时间里,先天性脊柱畸形的椎体切除仅限于半椎体切除术。1965 年,Hodgson<sup>[28]</sup>采用椎体切除术治疗结核导致的脊柱后凸,对 2 例患者中采用前开楔形截骨结合肋骨支柱植骨融合术进行了矫正。Bradford<sup>[29]</sup>在 20 世纪 80 年代末首次描述了 13 例患有严重脊柱畸形的患者应用 VCR 进行矫正。在最初进行手术的病例中,Bradford 和

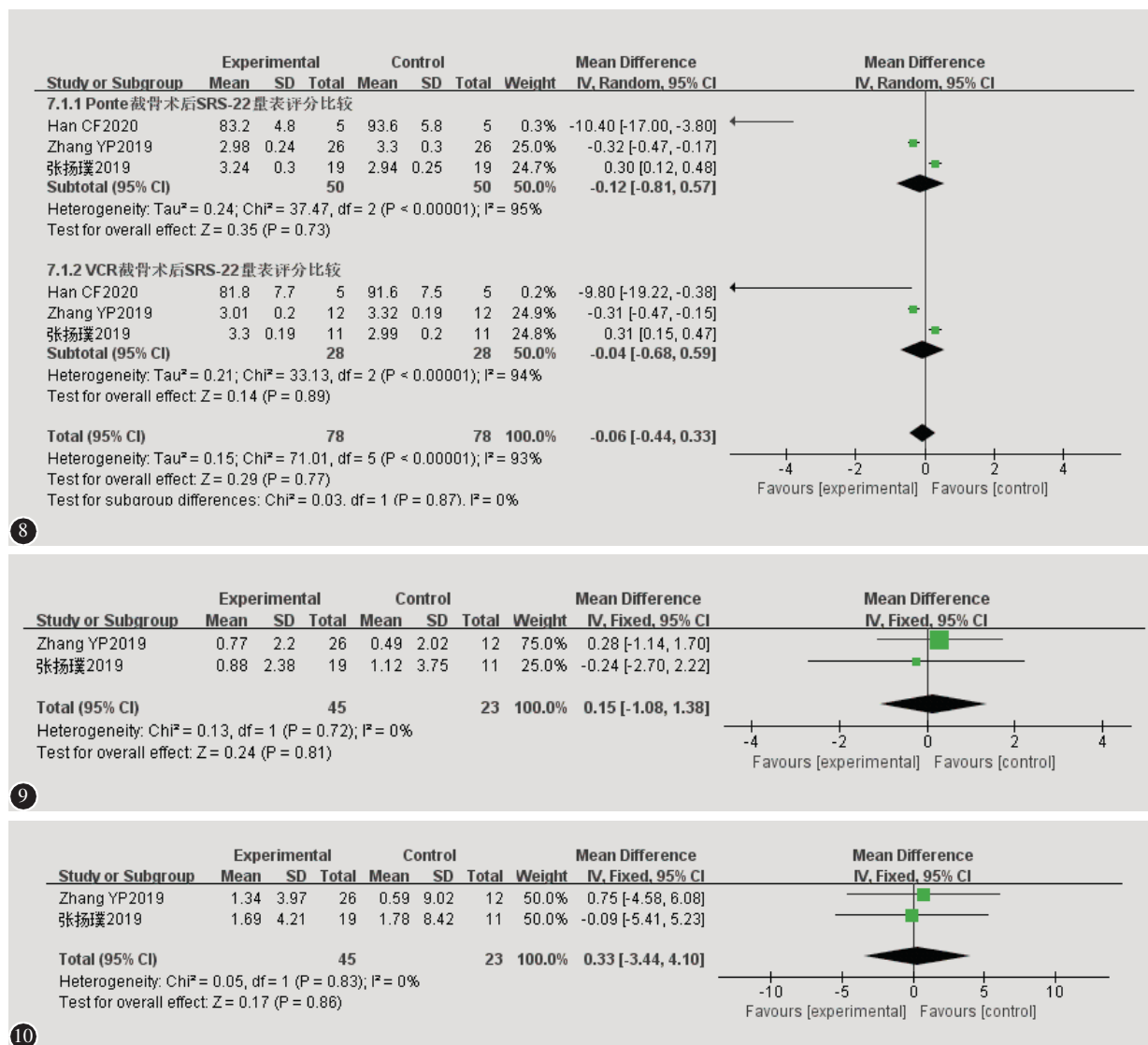


图 8 Ponte 截骨与 VCR 术后 SRS-22 量表比较的森林图 Experimental(实验组):Ponte 截骨;Control(对照组):VCR。图 9 Ponte 截骨与 VCR 对于术后脊柱主弯畸形矫正丢失比较的森林图 Experimental (实验组):Ponte 截骨;Control (对照组):VCR。图 10 Ponte 截骨与 VCR 对于术后脊柱后凸畸形矫正丢失比较的森林图 Experimental(实验组):Ponte 截骨, Control(对照组):VCR。

**Figure 8** Forest plot of SRS-22 scale comparison after Ponte osteotomy and VCR Experimental group: Ponte osteotomy; Control group: VCR. **Figure 9** Forest plot of Ponte osteotomy and VCR for the postoperative loss of correction of spinal main curvature deformity Experimental(experimental group): Ponte osteotomy; Control group: VCR. **Figure 10** Forest plot of Ponte osteotomy and VCR for the postoperative loss of correction of kyphosis Experimental group: Ponte osteotomy; Control group: VCR.

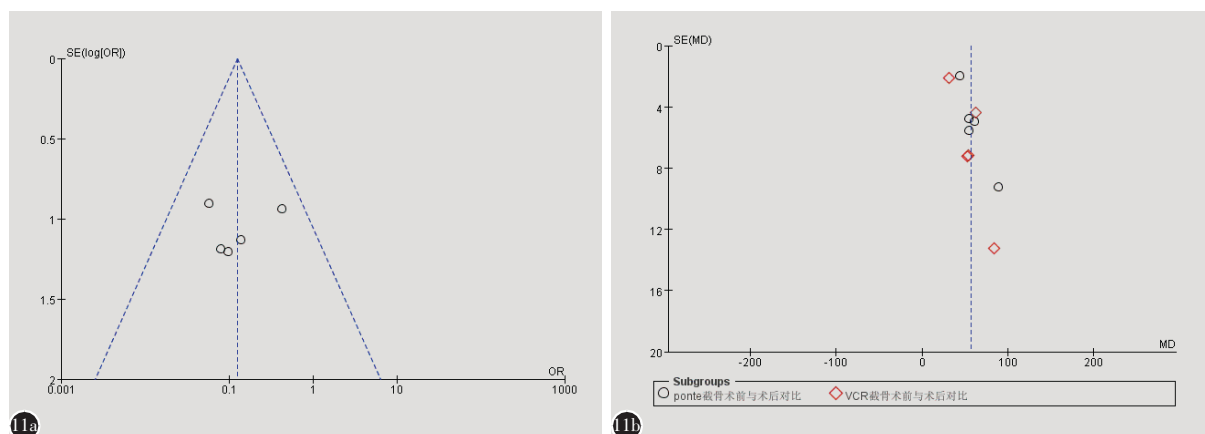


图 11 主弯 Cobb 角度矫正率(a)和术后并发症(b)漏斗图。

Figure 11 Funnel chart of Cobb angle correction rate(a) of main curve and postoperative complications(b).

Boachie-Adjei<sup>[30]</sup>报告了 16 例患者,接受了分期环向 VCR 截骨矫正后,最终矫正率平均为 43%,所有患者均达到矢状位矫正;另一项的研究表明<sup>[31]</sup>,一期前后路半椎体切除关节融合术治疗先天性脊柱侧凸,联合手术耐受性良好,在有限的随访时间内,先天性脊柱侧凸没有进展。为了减少手术时间和环向 VCR 相关脊髓神经并发症的风险,Suk<sup>[32]</sup>等首次描述了 PVCR。Song 等<sup>[33]</sup>进一步研究表明,PVCR 拥有较高的矫正率可能是由于脊髓具有良好的顺应性,而对于成人患者,术前牵引和术中调整脊髓张力有助于保护神经。到目前为止,PVCR 仍然代表了治疗复杂脊柱畸形最后截骨手段的金标准。在本 Meta 分析研究中,两种术式在术后脊柱主弯 Cobb 角矫正率、脊柱后凸矫正率、SRS-22 量表评分、脊柱主弯 Cobb 角矫正丢失、脊柱后凸畸形矫正丢失方面无显著性差异。值得一提的是,本次 Meta 分析引入了脊柱主弯 Cobb 角矫正丢失、脊柱后凸畸形矫正丢失的指标对比,术前脊柱畸形严重、僵硬、手术矫形方案欠妥、螺钉松动以及术后患者的生长发育等情形均可导致术后矫形丢失<sup>[34]</sup>,理论上 Cobb 角度丢失控制在 10°以内即可认为矫形成功<sup>[35]</sup>。

本研究也存在以下局限性:术后脊柱主弯 Cobb 角矫正率、后凸矫正率、SRS-22 量表评分中出现了异质性,这可能与纳入数据样本量较少,并且诊断与疗效标准不完全统一有关。例如在术后 SAS-22 量表评分中可能因患者主观心理情绪、评价人员的评价方式方法等因素介入,反映的量化数值可能会导致轻微的差异,所以在纳入的数据

合成分析中存在一定的异质性,对研究结果的真实性的可能会造成影响,但两种手术方式治疗效果明显且疗效方向相同。敏感性分析结果显示,异质性的来源可能是限于手术医生的专业水平、患者健康水平的差异性以及术后患者自身评价的主观性。发表偏倚分析提示分析结果较为稳定,说明发表偏倚对结果的影响较小。研究结果对临床治疗提供了有意义的参考价值。未来还需要进行多样本、多中心、多结果指标的队列研究数据用以进一步验证。

#### 4 参考文献

1. Cho W, Shepard N, Arlet V. The etiology of congenital scoliosis:genetic vs. environmental: a report of three monozygotic twin cases[J]. Eur Spine J, 2018, 27(Suppl 3): 533-537.
2. Qiu Y, Wang S, Wang B, et al. Incidence and risk factors of neurological deficits of surgical correction for scoliosis: analysis of 1373 cases at one Chinese institution[J]. Spine, 2008, 33(5): 519-526.
3. Engelbert RH, Uiterwaal CS, van der Hulst A, et al. Scoliosis in children with osteogenesis imperfecta: influence of severity of disease and age of reaching motor milestones[J]. Eur Spine J, 2003, 12(2): 130-134.
4. Lenke LG, Sides BA, Koester LA, et al. Vertebral column resection for the treatment of severe spinal deformity [J]. Clin Orthop Relat Res, 2010, 468(3): 687-699.
5. 马涌, 欧勇, 马原. 不同截骨方式修复强直性脊柱炎后凸畸形的有限元分析[J]. 中国组织工程研究, 2017, 21(19): 3038-3043.
6. Dorward IG, Lenke LG. Osteotomies in the posterior-only treatment of complex adult spinal deformity: a comparative review[J]. Neurosurg Focus, 2010, 28(3): E4.

7. Geck MJ, Macagno A, Ponte A, et al. The Ponte procedure: posterior only treatment of Scheuermann's kyphosis using segmental posterior shortening and pedicle screw instrumentation [J]. *Spinal Disord Tech*, 2007, 20(8): 586-593.
8. Suk SI, Kim JH, Kim WJ, et al. Posterior vertebral column resection for severe spinal deformities[J]. *Spine*, 2002, 27: 2374-2382.
9. Xie J, Zhang Y, Wang Y, et al. The risk factors of neurologic deficits of one-stage posterior vertebral column resection for patients with severe and rigid spinal deformities [J]. *Eur Spine J*, 2014, 23(1): 149-156.
10. Gottlich C, Sponseller PD. Ponte osteotomy in pediatric spine surgery [J]. *JBJS Essent Surg Tech*, 2020, 10 (3): e19.00001.
11. Ould-Slimane M, Nabian MH, Simon AL, et al. Posterior vertebral column resection for pediatric rigid spinal deformity [J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2022, 108(6): 102797.
12. Han CF, Hai Y, Yin P, et al. In vivo deformation of the spine canal before and after surgical corrections of severe and rigid kyphoscoliosis[J]. *J Orthop Translat*, 2020, 23: 1-7.
13. Jegede KJ, Kim Y, Zheng Z, et al. 大于 90° 的重度脊柱侧凸患者的单纯后路椎弓根螺钉内固定治疗[J]. *中国骨与关节杂志*, 2014, 3(12): 890-895.
14. Zhang YP, Tao LM, Hai Y, et al. One-stage posterior multiple-level asymmetricalponte osteotomies versus single-level posterior vertebral column resection for severe and rigid adult idiopathic scoliosis[J]. *Spine*, 2019, 44(20): E1196-E1205.
15. 刘仁峰, 王正光, 谭伟, 等. 采用后路多棒内固定治疗重度先天性上胸段脊柱侧弯畸形的疗效 [J]. *骨科临床与研究杂志*, 2023, 8(3): 142-147.
16. 张扬璞, 海涌, 陶鲁铭, 等. 多节段非对称 Ponte 截骨与全脊椎截骨术治疗重度僵硬性成人特发性脊柱侧后凸的影像学差异分析[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2019, 29(6): 498-504.
17. 经亚威, 徐继胜, 陈坤峰. 多节段非对称 Ponte 截骨治疗重度僵硬性特发性脊柱侧后凸的效果[J]. *河南医学研究*, 2020, 29(22): 4089-4091.
18. Trobisch P, Suess O, Schwab F. Idiopathic scoliosis[J]. *Dtsch Arztebl Int*, 2010, 107(49): 875-883.
19. Sanders JO, Khoury JG, Kishan S, et al. Predicting scoliosis progression from skeletal maturity: a simplified classification during adolescence[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2008, 90(3): 540-553.
20. Suk SI, Kim JH, Kim SS, et al. Thoracoplasty in thoracic adolescent idiopathic scoliosis[J]. *Spine*, 2008, 33(10): 1061-1067.
21. Lenke LG, O'Leary PT, Bridwell KH, et al. Posterior vertebral column resection for severe pediatric deformity: minimum two year follow-up of thirty-five consecutive patients [J]. *Spine*, 2009, 34(20): 2213-2221.
22. Glassman SD, Carreaon LY, Shaffrey CI, et al. The costs and benefits of nonoperative management for adult scoliosis [J]. *Spine*, 2010, 35(5): 578-582.
23. Saifi C, Laratta JL, Petridis P, et al. Vertebral column resection for rigid spinal deformity[J]. *Global Spine J*, 2017, 7 (3): 280-290.
24. Ponte A. Surgical treatment of Scheuermann's hyperkyphosis[M]. Italy: Auto Gaggi, 1984: 75-80.
25. Geck MJ, Macagno A, Ponte A, et al. The Ponte procedure: posterior only treatment of Scheuermann's kyphosis using segmental posterior shortening and pedicle screw instrumentation[J]. *J Spinal Disord Tech*, 2007, 20(8): 586-593.
26. Ponte A, Orlando G, Siccardi GL. The true Ponte osteotomy: by the one who developed it[J]. *Spine Deform*, 2018, 6(1): 2-11.
27. MacLennan A. Scoliosis[J]. *Br Med J*, 1922, 2: 865-866.
28. Hodgson AR. Correction of fixed spinal curves: a preliminary communication[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1965, 47: 1221-1227.
29. Bradford DS. Vertebral column resection[J]. *Orthop Trans*, 1987, 11: 502.
30. Boachie-Adjei O, Bradford DS. Vertebral column resection and arthrodesis for complex spinal deformities [J]. *J Spinal Disord*, 1991, 4(2): 193-202.
31. Bradford DS, Boachie-Adjei O. One-stage anterior and posterior hemivertebral resection and arthrodesis for congenital scoliosis[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1990, 72(4): 536-540.
32. Suk SI, Chung ER, Lee SM, et al. Posterior vertebral column resection in fixed lumbosacral deformity[J]. *Spine*, 2005, 30(23): E703-E710.
33. Song ZB, Zhang ZQ, Yang XC, et al. Posterior vertebral column resection for severe spinal deformity correction: comparison of pediatric, adolescent, and adult groups[J]. *Comput Intell Neurosci*, 2022, 2022: 5730856.
34. Oba H, Ebata S, Takahashi J, et al. Loss of pelvic incidence correction after long fusion using iliac screws for adult spinal deformity: cause and effect on clinical outcome [J]. *Spine*, 2019, 44(3): 195-202.
35. Safain MG, Hwang S, King J, et al. Loss of correction in spinal cord injury-related scoliosis after pedicle screw fixation[J]. *Childs Nerv Syst*, 2014, 30(4): 673-680.

(收稿日期:2023-07-23 修回日期:2023-10-08)

(英文编审 谭 啸)

(本文编辑 姜雅浩)