

DOI: <https://doi.org/10.17816/PTORS77239>

脊柱截骨术在治疗椎体外侧切面受损的先天性脊柱侧弯儿童中的应用研究(初步结果)

Sergei V. Vissarionov, Marat S. Asadulaev, Mikhail A. Khardikov, Anton S. Shabunin,
Nikita O. Khusainov, Kirill A. Kartavenko

H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, Saint Petersburg, Russia

论证。椎体外侧表面分割异常导致脊柱出现渐进性畸形。唯一有效的治疗方法是各种变体的手术。本文考虑了用于治疗先天性脊柱侧弯和椎体侧表面分割障碍患者的矫正性椎骨切开术的方法。

目的是评估使用矫正性椎骨切开术对患有先天性脊柱侧位表面受损的儿童进行手术治疗的结果。

材料与方法。2014年9月至2020年9月,在H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery进行了一项单中心回顾性研究。研究中包括33名患者:17名女孩和16名男孩。年龄范围为36至211个月。所有患者都接受了单阶段矫正性楔形椎骨切开术。统计学处理是通过使用Wilcoxon *t*检验比较分布差异的意义。

结果。术前Cobb脊柱畸形的中位数为31°,四分位数间期(IQR)为30.5。根据Cobb标准,手术治疗前脊柱侧弯畸形的中值为29°,IQR为29.5。矫正脊柱侧弯部分的畸形为64%。(干预后的中位值为5° Cobb, IQR为14.5)。矫正胸椎病理性前凸为42%(根据Cobb,干预后的中值为17°,IQR为14.5)。结果具有统计学意义($p < 0.05$)。

结论。矫正性楔形椎骨切开术是一种有效的手术治疗,适用于椎体外侧表面分割受损的先天性脊柱畸形儿童。这种方法平均实现了64%的脊柱侧弯畸形矫正和42%的病态前凸矫正。

关键词:先天性脊柱侧弯;分割障碍;儿童;外科治疗;椎骨切开术;脊柱。

引用本文:

Vissarionov SV, Asadulaev MS, Khardikov MA, Shabunin AS, Khusainov NO, Kartavenko KA. 脊柱截骨术在治疗椎体外侧切面受损的先天性脊柱侧弯儿童中的应用研究(初步结果). *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery*. 2021;9(4):417-426. DOI: <https://doi.org/10.17816/PTORS77239>

DOI: <https://doi.org/10.17816/PTORS77239>

Spinal osteotomy for children with congenital scoliosis with unilateral unsegmented bar: Preliminary results

Sergei V. Vissarionov, Marat S. Asadulaev, Mikhail A. Khardikov, Anton S. Shabunin, Nikita O. Khusainov, Kirill A. Kartavenko

H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopaedics and Trauma Surgery, Saint Petersburg, Russia

BACKGROUND: Segmentation disorder of the vertebral body lateral surfaces develops progressive spinal deformity. Surgical interventions in different variants are the only effective way of treatment. Thus, this study reviews the use of corrective vertebrectomy in patients with congenital scoliosis with impaired segmentation of the vertebral body lateral surfaces.

AIM: To evaluate the surgical treatment outcomes in children with congenital scoliosis with impaired segmentation of the vertebral body lateral surfaces.

MATERIALS AND METHODS: A single-center retrospective study following the Department of spine surgery and neurosurgery from 2014 to 2020 included 33 patients with 17 girls and 16 boys. The age range was 36–211 months. All patients underwent a one-stage corrective wedge vertebrectomy. Statistical processing was performed by comparing the reliability of differences in distributions using the Wilcoxon *t*-criterion.

RESULTS: The median Cobb preoperative scoliotic deformity was 31° (interquartile interval [IQR] = 30.5). The median preoperative lordotic deformity was 29° Cobb (IQR = 29.5). The correction magnitude of the scoliotic deformity component was 64% (median value after intervention: 5° according to Cobb, IQR = 14.5). The correction magnitude of pathological thoracic spine lordosis was 42% (median value after intervention: 17° according to Cobb, IQR = 14.5). The obtained results were statistically significant ($p < 0.05$).

CONCLUSIONS: Corrective wedge vertebrectomy is an effective method for surgical treatment of children with congenital spinal deformity with impaired segmentation of the vertebral body lateral surfaces. This treatment method achieves an average of 64% correction of scoliotic deformity and 42% correction of pathological lordosis.

Keywords: congenital scoliosis; unsegmented bar; children; surgical treatment; vertebrectomy; spine.

To cite this article:

Vissarionov SV, Asadulaev MS, Khardikov MA, Shabunin AS, Khusainov NO, Kartavenko KA. Spinal osteotomy for children with congenital scoliosis with unilateral unsegmented bar: Preliminary results. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery*. 2021;9(4):417–426. DOI: <https://doi.org/10.17816/PTORS77239>

УДК 616.711-007.55-053.1-089.85

DOI: <https://doi.org/10.17816/PTORS77239>

Остеотомия позвоночника в лечении детей с врожденным сколиозом при нарушении сегментации боковых поверхностей тел позвонков (предварительные результаты)

С.В. Виссарионов, М.С. Асадулаев, М.А. Хардииков, А.С. Шабунин, Н.О. Хусаинов, К.А. Картавенко

Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии имени Г.И. Турнера, Санкт-Петербург, Россия

Обоснование. Нарушение сегментации боковых поверхностей тел позвонков приводит к развитию прогрессирующей деформации позвоночника. Единственным эффективным способом лечения является хирургический в различных вариантах. В работе рассмотрен метод корригирующей вертебротомии, использованный при лечении пациентов с врожденным сколиозом и нарушениями сегментации боковых поверхностей тел позвонков.

Цель — оценить результаты хирургического лечения детей с врожденным сколиозом на фоне нарушения сегментации боковых поверхностей тел позвонков с применением корригирующей вертебротомии.

Материалы и методы. Моноцентровое ретроспективное исследование на базе клиники патологии позвоночника и нейрохирургии НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера за период с сентября 2014 по сентябрь 2020 г. В исследование включены 33 пациента: 17 девочек и 16 мальчиков. Возрастной диапазон — от 36 до 211 мес. Всем пациентам выполняли оперативное вмешательство в объеме одномоментной корригирующей клиновидной вертебротомии. Статистическую обработку материала проводили путем сравнения достоверности различий распределений с помощью *t*-критерия Уилкоксона.

Результаты. Медианное значение величины сколиотической деформации по Cobb до операции — 31°, межквартирный интервал (IQR) — 30,5. Медианное значение величины лордотической деформации до хирургического лечения — 29° по Cobb, IQR — 29,5. Величина коррекции сколиотического компонента деформации — 64 % (медианное значение после вмешательства — 5° по Cobb, IQR — 14,5). Величина коррекции патологического лордоза грудного отдела позвоночника — 42 % (медианное значение после вмешательства — 17° по Cobb, IQR — 14,5). Полученные результаты были статистически достоверными ($p < 0,05$).

Заключение. Корригирующая клиновидная вертебротомия является эффективным методом хирургического лечения детей с врожденной деформацией позвоночника при нарушении сегментации боковых поверхностей тел позвонков. Данный метод позволяет достигнуть в среднем 64 % коррекции сколиотической деформации и 42 % коррекции патологического лордоза.

Ключевые слова: врожденный сколиоз; нарушение сегментации; дети; хирургическое лечение; вертебротомия; позвоночник.

Как цитировать:

Виссарионов С.В., Асадулаев М.С., Хардииков М.А., Шабунин А.С., Хусаинов Н.О., Картавенко К.А. Остеотомия позвоночника в лечении детей с врожденным сколиозом при нарушении сегментации боковых поверхностей тел позвонков (предварительные результаты) // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2021. Т. 9. № 4. С. 417–426. DOI: <https://doi.org/10.17816/PTORS77239>

论证

椎体外侧表面的单侧阻断是一种先天性的脊柱异常，其特点是畸形的快速发展[1,2]。椎体前表面的部分阻塞导致病理性脊柱后凸，而椎体后部和侧部的节段障碍则导致病理性脊柱后凸的发生[3,4]。当椎体侧表面的分割受到干扰时，所谓的无分割条就被说成是两个或多个椎体的未分化的侧表面(图1)。

异常的一个可能的原因可能是怀孕前三个月的胎儿发育受损[1]。畸形的发展机制是由间质代表的初级椎体的节段被单侧破坏。这样就形成了一个无节段的杆状物，将两个或多个相邻的椎骨连接起来，而另一侧生长带和部分椎间盘则保持正常发育[5,6]。在这种情况下，畸形是由于椎体在凹面和凸面的生长方向不同而造成的。通常，现有的肋骨突起会导致肋骨的不对称发育，并加剧畸形[4,7]。

在俄罗斯联邦，先天性脊柱畸形伴有单侧椎体侧表面分割障碍的患者的确切发生率尚不清楚[7—9]。

胸部畸形合并肋骨异常，在无节段的杆部一侧有多个突起，导致发展为进行性呼吸衰竭。根据一些作者的观点，这是降低先天性脊柱侧弯患者生活质量和寿命的最重要因素[3, 6, 10]。然而，对幼儿呼吸功能的客观评估问题还没有得到充分研究[7, 8]。

对于椎体外侧表面分割受损的先天性脊柱畸形患者，保守治疗是完全无效的[1, 4, 7]。

在自然过程中，这种畸形变体的脊柱畸形发展迅速，每年可达8—10°，导致在学龄早期已经形成严重和僵硬的弯曲[1]，并决定了需要进行手术治疗[4, 9]。



图1 示意图—椎体外侧表面的分割紊乱

对于椎体外侧表面节段受损的患者，手术治疗的一种选择是在18个月大时进行手术，破坏非节段棒对侧的生长带和椎间盘[3]。这种预防性手术避免了脊柱畸形的发展，并最终减少了青少年时期明确的矫正手术中神经系统并发症的风险[3]。这种手术方案的负面影响是损害胸椎的生长和发育，进而损害肺部发育[7, 9]。

为了解决胸廓发育不良的问题，人们提出了使用可分散的肋骨与胸骨、肋骨与椎骨和肋骨与骨盆结构的分阶段手术干预方法。根据一些作者的观点，这可以减缓脊柱畸形的发展，并通过增加生长和肺部发育的空间来改善生活质量[8, 11, 12]。然而，这些干预措施的结构不稳定和修改手术的比率很高[9]。

脊柱畸形顶点的一阶段矫正性多级截骨术通常是手术治疗的最后阶段，在患儿骨骼生长的末期进行[12, 13]。然而，最近，由于脊柱植入物和麻醉的改进，这种治疗方法也可以用于幼儿。

对有椎体外侧表面分割障碍的儿童进行手术治疗是一个复杂的专题问题，没有明确的解决方案[9]。

本研究介绍了33名脊柱先天性畸形儿童的手术治疗结果，背景是椎体外侧表面的分割障碍，以及根据文献记载的手术治疗方法和结果。

目的是评估使用矫正性椎骨切开术对患有先天性脊柱侧位表面受损的儿童进行手术治疗的结果。

材料与方法

本文是一项回顾性的单中心队列研究。分析了2014年9月至2020年1月在脊柱病理和神经外科接受一阶段矫正性椎骨切开术的先天性脊柱侧弯患者的手术治疗结果。平均随访期为3年，平均为1.5至6年。

椎体侧分节病(未分节棒)是指由椎体侧表面的骨块、横突和同一水平的后部骨结构发育异常引起的脊柱先天性畸形。

纳入标准:由椎体外侧表面分割受损引起的先天性脊柱畸形;胸椎中的非节段性杆件的定位;没有神经系统疾病;手术干预的形式是进行一个阶段的矫正性椎骨切开术(wedge osteotomy)(图2),然后进行后方器械固定;干预时年龄在2岁以上、18岁以下的患者。

排除标准:由于脊柱异常的其他变体导致的脊柱畸形;脊髓和椎管的发育异常;神经系统

缺失;严重的合并内脏器官的体表病变;患者或患者代表拒绝接受手术治疗和参与研究。

该研究基于33名先天性脊柱畸形患者的临床记录、放射学检查(X射线、多层计算机断层扫描)和磁共振成像数据,这些患者都有椎体外侧的分割障碍。患者的性别分布如下:女孩为17名,男孩为16名。手术治疗时的平均年龄为107.5个月。(最小为36个月,最大为211个月;M=101)。根据N.P. Gundobin提出的分类法,患者按照年龄进行分配(图3)。

如表1和图3所示,患者中年龄较小的儿童居多,表明严重的脊柱畸形在早期就已经形成并发展。

所有患者在术前和术后都接受了全面的临床和放射检查。术后的动态随访以每年两次的频率进行。在两个相互垂直的投影下进行的脊柱X线片被用来确定异常的变体、无节段杆的定位和范围,并根据手术干预前后的Cobb法评估脊柱畸形的脊柱侧弯和脊柱前凸部分的大小。多螺旋计算机断层扫描用于排除椎管内病变,明确无节段棒的范围,计划椎体切除和脊柱植入物的水平,并确认金属构造的正确位置。磁共振成像能够排除脊髓和椎管的畸形。

数据的统计处理是在Wolfram Mathematica 11.0中进行的。所研究的参数采用夏皮罗-威尔克检验法进行正态分布检验。各参数双侧显著性水平均为 $p>0.05$,说明不可能采用正态分布的标准,故以分布直方图的形式给出结果(见图3),并采用中位数和四分位间隔。采用Wilcoxon符号秩次准则评估差异的统计学意义。

所有患者在脊柱畸形的顶部进行单阶段楔形矫正性椎骨切开术,然后使用双棒多支撑金属结构对畸形进行矫正和稳定。

外科干预技术。从背侧入路沿脊柱棘突投影中线做皮肤切口,然后进行脊柱背侧结构的骨骼化。在目视检查和使用放射不透明标签造影后,确定椎骨切开术的位置(在椎体水平)。在相邻椎体内形成通道以安装椎弓根螺钉。在没有经椎弓根固定的可能性时,使用椎板钩。X线检查支撑体位置是否正确后,行椎骨切开术。将椎体横突、畸形凸侧部分弓和肋骨碎片从肋椎关节处切除2.0 cm。然后,使用Folkman勺子和鼻甲刀对椎体进行楔形切除,顶点面对曲率的凹侧,同时保留颅和尾骨板。然后,将根据脊柱

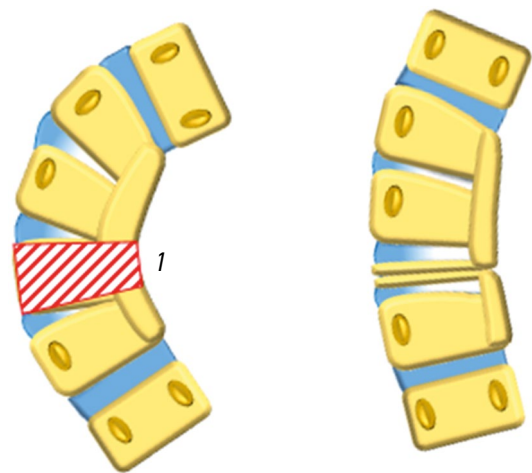


图2 在无节段杆的顶点进行单阶段矫正性椎骨切开术的示意图。1—椎骨切开术区

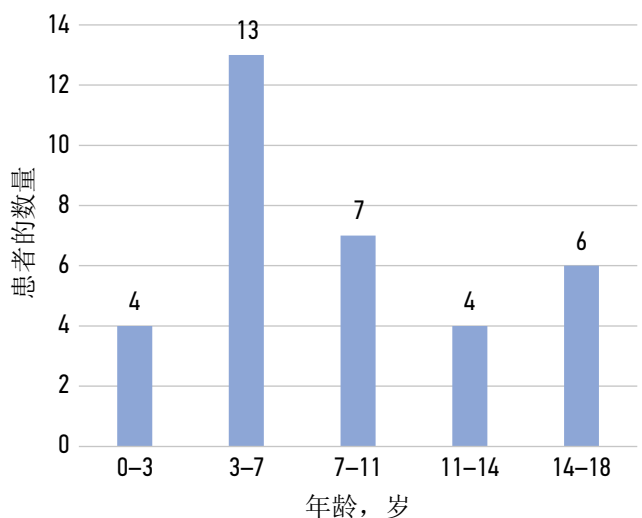


图3 按年龄组划分的患者分布柱状图

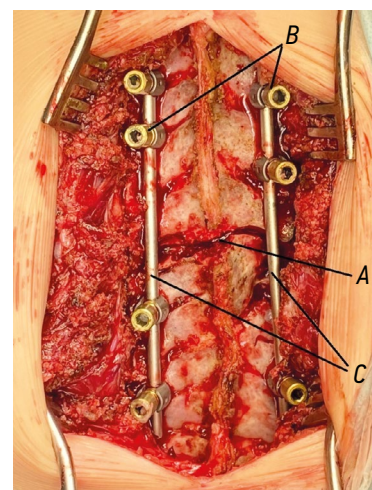


图4 楔形椎骨切开术后的手术干预区视图: A—椎骨切开术区; B—支架元件安装在变形的两侧,装有固定杆; C—经节段矫正后,根据脊柱的生理轮廓弯曲杆

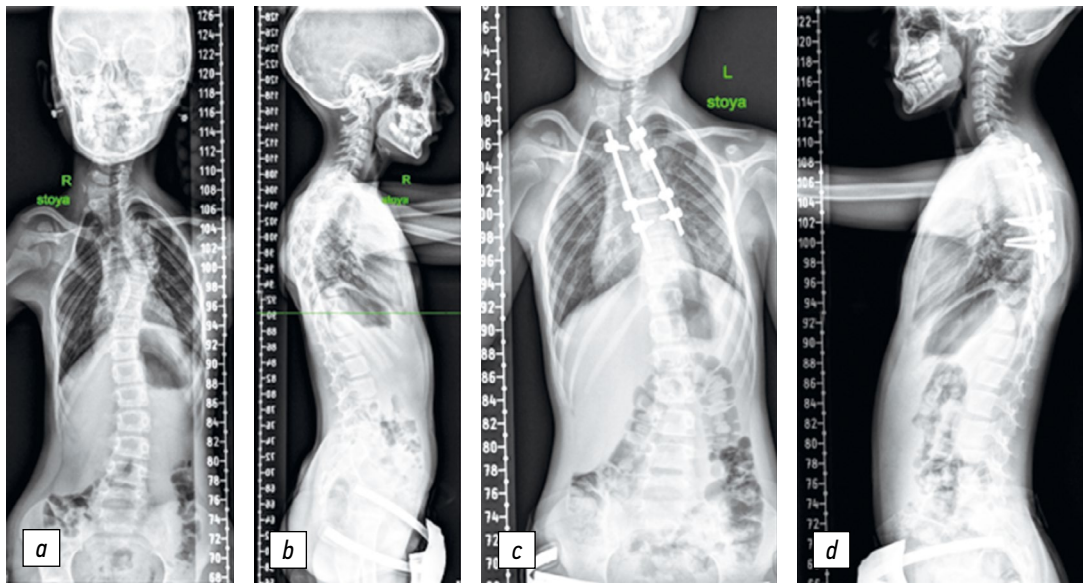


图5 手术前 (a, b) 和手术后 (c, d) 脊柱直侧投影的全景X光片。患者, 9岁, 楔形矫正性椎骨切开后, 用多支撑矫正系统对脊柱畸形进行矫正和稳定

生理剖面弯曲的棒固定在安装在变形体两侧的支撑元件中, 并进行节段矫正 (图4)。通过术中X线摄影评估矫正的幅度和支撑元件位置的正确性 (图5)。手术干预以自体结构脊柱融合完成, 引流创面并缝合。

结果

在所有患者中, 脊柱的先天性畸形是由于胸椎的脊柱节段异常造成的。纳入研究的患者在手术时的中位数 (M) 年龄为101个月, 年龄范围为36至211个月。

患者的畸形顶点定位在 Th_4 - Th_9 椎体, 并且总是对应于包括在无节制杆中的内侧椎体运动节段。

无节制棒的平均椎体数量为6个 (4至8个胸椎)。

先天性脊柱侧弯畸形的进展和病理性脊柱前凸是手术干预的指征, 以矫正脊柱的弯曲。胸椎的病理性前凸是由先天性弯曲的性质以及在儿童成长过程中该水平的椎体和脊柱整体的骨性结构的异常发育引起的。

平均Cobb脊柱畸形为 31.4° (最小 20° , 最大 80°), 中位数为 31° , 四分位数范围 (IQR) 为 30.5 。手术治疗前胸椎病理性前凸的平均值为 34.7° (最小 15° , 最大 56°), 根据Cobb标准, 中位数为 29° , IQR为 29.5 。在这种变异的先天性畸形患者中, 没有观察到术前的结构性补偿抗药性。表1显示了各年龄组的平均局部脊柱畸形的分布。

所有患者都接受了手术治疗, 在弯曲的顶点进行了楔形椎骨切开术, 然后对畸形进行了矫正并稳定了所取得的效果。手术治疗的主要目的是矫正脊柱的先天性畸形, 为恢复或改善胸椎的正面和矢状轮廓创造条件。

脊柱畸形部分的矫正率为61% (中位矫正率为84%) (干预后的中位值为 5° Cobb, IQR为14.5)。脊柱前凸矫正值为42% (中位数矫正41%) (根据Cobb, 干预后的中位数为 17° , IQR14.5)。这些数值按年龄组的分布情况见表2。当使用Wilcoxon t 检验比较不同分布的显著性时, $p < 0.05$ 。

在年轻和中年患者中, 术后使用紧身衣以促进适应。本研究没有评估矫形器对畸形矫正的影响。

对患者进行了2至6年的随访, 术后平均随访时间为3年。每6个月进行一次对照检查和脊柱的X光片检查。观察期间, 未见变形进展, 1例患者因脊柱初始变形超过 100° , 不符合矫形方案, 导致金属结构失稳。

所有参数双侧显著性水平均为 $p > 0.05$, 说明不可能采用正态分布的标准, 因此以分布直方图的形式给出结果, 并计算中位数和四分位数区间。

用Wilcoxon t 检验来比较各分布之间差异的可靠性, 结果显示, 手术前后脊柱畸形的数值有显著差异 ($p < 0.05$)。这些数值的分布图显示在图6中。

在术后早期, 有两名在 Th_2 - Th_5 椎体处使用无节段棒的患者出现了并发症, 表现为经椎体楔形切除术一侧的单侧上肢力量下降和出现霍纳综

表1 手术前研究对象脊柱畸形的程度

畸形	患者年龄, 岁				
	0-3岁	3-7岁	7-11岁	11-14岁	14-18岁
局部脊柱侧凸畸形	23.8	28.6	31.7	45.3	33.2
局部脊柱前凸畸形	32.8	30.8	37.9	41.8	40.3

表1 研究患者术后脊柱畸形的程度

年龄, 岁	畸形, 度		变形矫正, %	
	局部脊柱侧凸	局部脊柱前凸	局部脊柱侧凸	局部脊柱前凸
0-3	13.3	21.8	44.2	33.6
3-7	8.5	15.1	70.2	51.0
7-11	12.4	17.0	60.8	58.4
11-14	14.0	24.5	69.1	41.3
14-18	13.7	29.8	58.8	26.0

合征。经过保守治疗, 这两名患者的神经系统症状在术后14天时都已消退。在一名患者中, 术后3个月观察到金属制品的不稳定, 表现为杆件断裂, 这是由于不正确的矫形方法造成的。在所有其他患者中, 根据多螺旋CT扫描, 在整个随访期间, 金属结构的位置是稳定和正确的。

纳入研究的患者中, 仪器阻断的平均长度从5到9个椎体不等, 平均为6个椎体。

在随访期间, 纳入研究的患者中没有发生已实现的脊柱畸形矫正的损失。

讨论

椎体侧分节障碍是导致严重和迅速发展的椎体畸形的椎体异常之一。最快的进展速度出现在儿童积极成长的时期[9, 14]。

数量有限的研究, 以及该疾病的各种临床和放射学表现, 使我们无法就手术矫正这一畸形的先天性脊柱畸形的最佳方法得出明确的结论[6, 12, 15]。

在实践中, 我们发现的所有研究都是4到20个儿童先天性脊柱畸形的小系列病例, 背景是椎体外侧表面的分割障碍和肋骨融合。

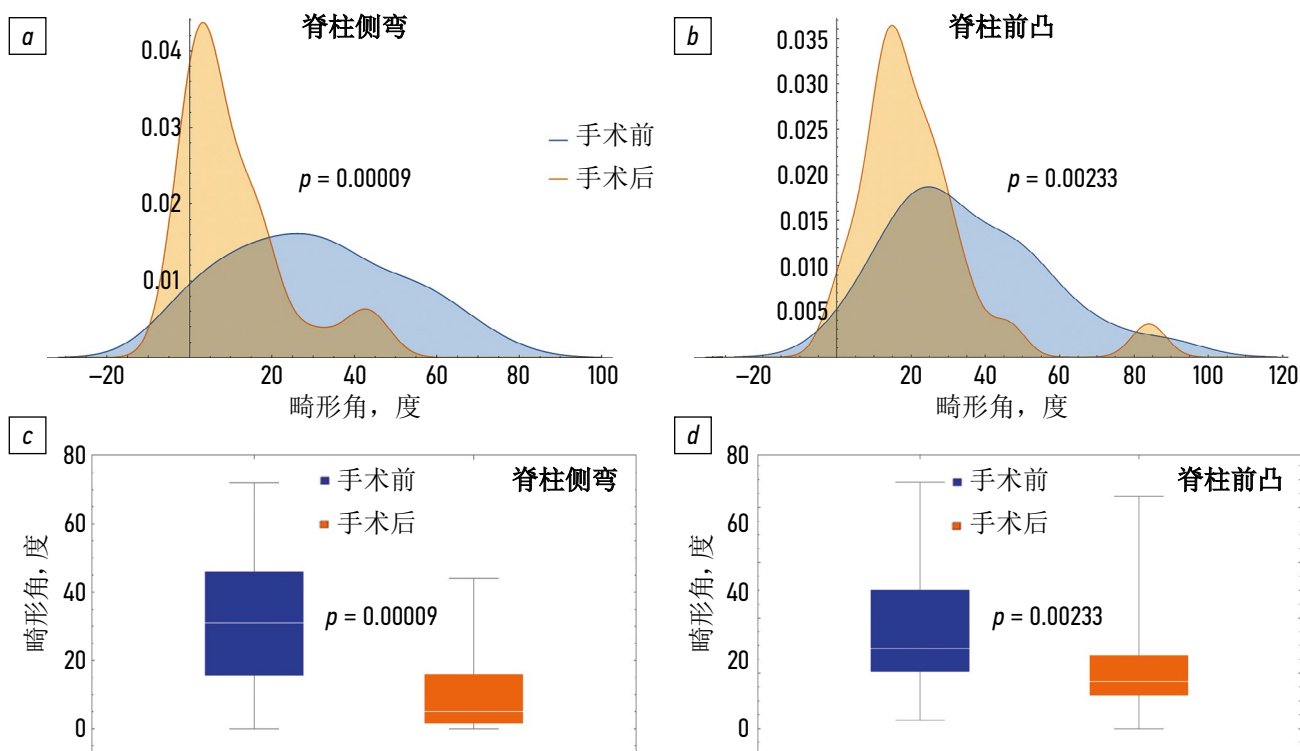


图6 干预前后胸椎畸形(脊柱侧凸、脊柱前凸)值分布: a, c—脊柱侧弯患者的直方图和箱形图的应变角度值的分布; b, d—病态脊柱前凸患者的应变角度值的直方图和箱形图分布

严重脊柱畸形(包括先天性畸形)的经典手术治疗包括360°方法[13],即切除椎间盘,然后进行背侧器械治疗;这种技术目前具有历史意义,近年来没有被使用[16]。由于胸椎生长受限,这些病人不可避免地有肺部发育障碍,由于继发性肺动脉高压的发展,会导致生活质量和寿命下降[8]。

为了解决这个问题,在20世纪80年代末提出了一些装置,可以同时发展胸腔器官和间接矫正先天性畸形。其缺点是需要在全身麻醉下进行分阶段牵引,金属结构的失稳率很高,以及由于植入区皮肤的营养障碍而产生的感染性并发症[17,18]。

在年轻患者中实施矫正性椎骨切开术一直受到器械固定时间延长的限制,这也干扰了胸椎的正常发育过程[17,19]。然而,随着脊柱植入物、手术干预技术的改进、麻醉辅助设备的提供和血液拯救技术的出现,这种类型的手术干预越来越多地用于年轻患者[9]。

MacLennan在1922年首次以切除半椎体的方式描述脊柱的截骨术。这种手术治疗方法后来经历了一些变化和修改,采取了各种形式。作者报告了畸形的矫正、平衡的恢复和极低的并发症发生率[1,6]。现代的、低调的节段性器械的出现,使得在儿科病人中使用现代的、高效的手术技术成为可能[8]。

因此,C. Li和J. Shen[19]分别介绍了31名和12名严重脊柱侧弯患者(平均98°)的治疗结果。在研究过程中,患者在脊柱畸形的高度接受了前路释放,然后对手术节段进行后路固定。手术干预的结果是将最初的弯曲度平均矫正了50%。同时,作者指出,胸腔器官受伤后,创伤程度高,并发症也多。

Chao Li等人提出的一种可能的手术治疗方法:从背侧入路,在未截断的条状区域外进行两级截骨,结合释放曲率凹面的肋椎关节[1]。作者描述了10名患者的治疗结果,他们的平均年龄为17.1岁。据作者称,额部平面的平均矫正程度为66%,平均脊柱后凸矫正程度为61%。

S. I. Suk等人[20]在治疗胸椎先天性畸形与椎体分割障碍方面采用了一种不同的方法。在16名患者中,通过后置VCR,然后再进行后置固定,对先天性椎体畸形进行了矫正。手术治疗使畸形得到了近60%的矫正(手术前脊柱畸形部

分的平均值为109° Cobb;手术后,为46° Cobb)。然而,作者指出,由于截骨时不可避免的平移和压迫脊髓,严重并发症(包括持续的神经系统并发症)的发生率很高(高达25%)。

我们的结果证明了单阶段矫正性椎骨切开术对脊柱畸形且椎体分割受损的小儿患者的有效性。通过经椎体固定,金属结构的长度被降到了最低,并获得了显著的矫正效果,为胸椎的继续生长和发育提供了条件。我们观察到的最低数量的并发症表明,这种技术是相对安全的。我们研究的缺点是病人数量少,这可以解释为这种类型的畸形发病率低。

结论

脊柱畸形的快速发展和缺乏对单侧椎体外侧表面节段性障碍患者的通用手术治疗方法,需要寻找最理想的手术干预方案。对脊柱畸形且椎体外侧切面受损的小儿患者进行单阶段矫正性椎骨切开术是一种有效的手术治疗方法,可避免严重的神经系统并发症。采用这种方法,61%的脊柱侧弯成分和41%的脊柱畸形得到了矫正,这为术后近阶段的脊柱发育创造了最佳条件。在整个随访期间,没有一个病人需要进行分阶段的手术干预。

对患有这种变异畸形的儿童进行单阶段矫正性椎骨切开术的初步结果表明,有可能有效地矫正先天性畸形,并为脊柱在生理上有利的位位置进一步发育和所取得的治疗结果的稳定性提供条件。

附加信息

资金来源。没有资金来源。

利益冲突。作者声明,不存在与本文发布有关的明显和潜在利益冲突。

伦理审查。该研究方案得到了俄罗斯联邦卫生部 H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopaedics and Trauma Surgery伦理委员会的批准(2020年11月20日第20-3号记录)。

已获得患者代表的书面同意以处理和发布个人数据。

作者贡献。S. V. Vissarionov—负责制定目标和开发研究设计,对病人进行外科治疗。M. S. Asadulaev—负责撰写论文的所有部分,数据收集和分析,文献分析。M. A. Khardikov—负责数据收集和分析,文献分析,分步编辑文章

文本, 编写参考文献目录。A.S. Shabunin—负责对收到的数据进行统计处理, 逐步编辑文章文本, 将摘要和作者的信息翻译成英文。N.O. Khusainov—负责文章文本的阶段性和最终编辑, 对病人进行手术治

疗。K.A. Kartavenko—负责文章文本的逐步编辑、数据收集和病人的手术治疗。

所有作者都对文章的研究和准备做出了重大贡献, 在发表前阅读并批准了最终版本。

REFERENCES

- Li C, Fu Q, Zhou Y, Yu H, Zhao G. Surgical treatment of severe congenital scoliosis with unilateral unsegmented bar by concave costovertebral joint release and both-ends wedge osteotomy via posterior approach. *Eur Spine J.* 2012;21(3):498–505. DOI: 10.1007/s00586-011-1972-6
- Stevenson A, McCarthy S, Kalmey J, Kulesza R. Anatomical dissection of a cadaver with congenital scoliosis. *Folia Morphol (Warsz).* 2014;73(3):389–394. DOI: 10.5603/FM.2014.0058
- Kolesov SV. *Hirurgiya deformacij pozvonochnika.* P. Mironova, ed. Moscow: Avtorskaya Akademiya; 2014.
- Vissarionov SV, Baidurashvili AG, Khusainov NO, et al. Comparative analysis of the results for surgical treatment of patients with congenital thoracic spine deformities (preliminary results). *Modern Problems of Science and Education.* 2018;(2). (In Russ.). DOI: 10.17513/spno.27440
- McMaster MJ, McMaster ME. Prognosis for congenital scoliosis due to a unilateral failure of vertebral segmentation. *J Bone Joint Surg Am.* 2013;95(11):972–979. DOI: 10.2106/JBJS.L.01096
- Winter RB. Congenital thoracic scoliosis with unilateral unsegmented bar, convex hemivertebrae, and fused concave ribs with severe progression after posterior fusion at age 2: 40-year follow-up after revision anterior and posterior surgery at age 8. *Spine (Phila Pa 1976).* 2012;37(8):E507–510. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31824ac401
- Ryabykh SO, Ul'rikh EV. Thoracic insufficiency syndrome in congenital scoliosis. *Vestn Khir Im I I Grek.* 2011;170(4):73–78. (In Russ.)
- Mikhailovsky MV, Suzdalov VA. Thoracic insufficiency syndrome in infantile congenital scoliosis. *Hirurgiâ pozvonochnika (Spine Surgery).* 2010;(3):20–28. (In Russ.) DOI: 10.14531/ss2010.3.20-28
- Vissarionov SV, Khusainov NO, Kokushin DN. Analysis of results of treatment without-of-spinebased implants in patients with multiple congenital anomalies of the spine and thorax. *Pediatric, Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery.* 2017;5(2):5–12. DOI: 10.17816/PTORS525-12
- Ha KY, Suh SW, Kim YH, Kim SI. Long-term management of congenital lordoscoliosis of the thoracic spine. *Eur Spine J.* 2017;26(Suppl 1):47–52. DOI: 10.1007/s00586-016-4711-1
- Murphy RF, Pacult MA, Barfield WR, et al. Experience with definitive instrumented final fusion after posterior-based distraction lengthening in patients with early-onset spinal deformity: single center results. *J Pediatr Orthop B.* 2019;28(1):10–16. DOI: 10.1097/BPB.0000000000000559
- Lattig F, Taurman R, Hell AK. Treatment of early-onset spinal deformity (EOSD) with VEPTR: A challenge for the final correction spondylodesis – a case series. *Clin Spine Surg.* 2016;29(5):E246–251. DOI: 10.1097/BSD.0b013e31826eaf27
- Iyer S, Duah HO, Wulff I, et al.; FOCOS Spine Research Group. The use of halo gravity traction in the treatment of severe early onset spinal deformity. *Spine (Phila Pa 1976).* 2019;44(14):E841–E845. DOI: 10.1097/BRS.0000000000002997
- Lonstein JE. Long-term outcome of early fusions for congenital scoliosis. *Spine deformity.* 2018;6(5):552–559.
- Hensinger RN. Congenital scoliosis: etiology and associations. *Spine (Phila Pa 1976).* 2009;34(17):1745–1750. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181abf69e
- Ryabykh SO, Filatov EYu, Savin DM. Three column vertebrectomy outside the apical zone as a method for correction of cervicothoracic junction deformities: analysis of clinical series and literature data. *Hirurgiâ pozvonochnika (Spine Surgery).* 2017;14(3):15–22. DOI: 10.14531/ss2017.3.15-22
- Dayer R, Ceroni D, Lascombes P. Treatment of congenital thoracic scoliosis with associated rib fusions using VEPTR expansion thoracostomy: a surgical technique. *European Spine Journal.* 2014;23(4):424–431. DOI: 10.1007/s00586-014-3338-3
- Akbarnia BA, Emans JB. Complications of growth-sparing surgery in early onset scoliosis. *Spine.* 2010;35(25):2193–2204.
- Li C, Zhou Y, Fu Q et al. Treating severe and rigid kyphoscoliosis with posterior thoracic intervertebral space release and wedge osteotomy. *Chin J Orthop.* 2008;28(6):448–452. DOI: 10.3321/j.issn:0253-2352.2008.06.003
- Suk SI, Chung ER, Kim JH, et al. Posterior vertebral column resection for severe rigid scoliosis. *Spine.* 2005;30(14):1682–1687. DOI: 10.1097/01.brs.0000170590.21071.c1

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Li C., Fu Q., Zhou Y. et al. Surgical treatment of severe congenital scoliosis with unilateral unsegmented bar by concave costovertebral joint release and both-ends wedge osteotomy via posterior approach // *Eur. Spine J.* 2012. Vol. 21. No. 3. P. 498–505. DOI: 10.1007/s00586-011-1972-6
- Stevenson A., McCarthy S., Kalmey J., Kulesza R. Anatomical dissection of a cadaver with congenital scoliosis // *Folia Morphol.* (Warsz). 2014. Vol. 73. No. 3. P. 389–94. DOI: 10.5603/FM.2014.0058
- Колесов С.В. Хирургия деформаций позвоночника / под ред. П. Миронова. Москва: Авторская академия, 2014.
- Виссарионов С.В., Баиндурашвили А.Г., Хусаинов Н.О. и др. Особенности лучевой картины у детей с врожденной деформацией грудного отдела позвоночника на фоне нарушения сегментации боковых поверхностей тел позвонков // *Травматология и ортопедия России.* 2018. № 2. DOI: 10.17513/spno.27440
- McMaster M.J., McMaster M.E. Prognosis for congenital scoliosis due to a unilateral failure of vertebral segmentation // *J. Bone Joint Surg. Am.* 2013. Vol. 95. No. 11. P. 972–929. DOI: 10.2106/JBJS.L.01096. PMID: 23780534
- Winter R.B. Congenital thoracic scoliosis with unilateral unsegmented bar, convex hemivertebrae, and fused concave ribs with severe progression after posterior fusion at age 2: 40-year follow-up after revision anterior and posterior surgery at age 8 // *Spine (Phila Pa 1976).* 2012. Vol. 37. No. 8. P. E507–510. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31824ac401
- Рябых С.О., Ульрих Э.В. Синдром торакальной недостаточности при врожденном сколиозе // *Вестник хирургии.* 2011. № 4. С. 73–78.

8. Михайловский М.В., Суздалов В.А. Синдром торакальной недостаточности при инфантильном врожденном сколиозе // Хирургия позвоночника. 2010. № 3. С. 20–28. DOI: 10.14531/ss2010.3.20-28
9. Виссарионов С.В., Хусаинов Н.О., Кокушин Д.Н. Анализ результатов хирургического лечения детей с множественными аномалиями развития позвонков и грудной клетки с использованием внепозвоночных металлоконструкций // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2017. Т. 5. № 2. С. 5–12. DOI: 10.17816/PTORS525-12
10. Ha K.Y., Suh S.W., Kim Y.H., Kim S.I. Long-term management of congenital lordoscoliosis of the thoracic spine // *Eur. Spine J.* 2017. Vol. 26. Suppl. 1. P. 47–52. DOI: 10.1007/s00586-016-4711-1
11. Murphy R.F., Pacult M.A., Barfield W.R. et al. Experience with definitive instrumented final fusion after posterior-based distraction lengthening in patients with early-onset spinal deformity: single center results // *J. Pediatr. Orthop. B.* 2019. Vol. 28. No. 1. P. 10–16. DOI: 10.1097/BPB.0000000000000559
12. Lattig F., Taurman R., Hell A.K. Treatment of early-onset spinal deformity (EOSD) with VEPTR: A challenge for the final correction spondylodesis – a case series // *Clin. Spine Surg.* 2016. Vol. 29. No. 5. P. E246–251. DOI: 10.1097/BSD.0b013e31826eaf27
13. Iyer S., Duah H.O., Wulff I. et al; FOCOS Spine Research Group. The use of halo gravity traction in the treatment of severe early onset spinal deformity // *Spine (Phila Pa 1976)*. 2019. Vol. 44. No. 14. P. E841–E845. DOI: 10.1097/BRS.0000000000002997
14. Lonstein J.E. Long-term outcome of early fusions for congenital scoliosis // *Spine deformity*. 2018. Vol. 6. No. 5. P. 552–559.
15. Hensinger R.N. Congenital scoliosis: etiology and associations // *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009. Vol. 34. No. 17. P. 1745–1750. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181abf69e
16. Рябых С.О., Филатов Е.Ю., Савин Д.М. Трехколонные вертебротомии вне апикальной зоны как способ коррекции деформаций шейно-грудного перехода: анализ клинической серии и данных литературы // Хирургия позвоночника. 2017. Т. 14. № 3. С. 15–22. DOI: 10.14531/ss2017.3.15-22
17. Dayer R., Ceroni D., Lascombes P. Treatment of congenital thoracic scoliosis with associated rib fusions using VEPTR expansion thoracostomy: a surgical technique // *Eur. Spine J.* 2014. Vol. 23. No. 4. P. 424–431. DOI: 10.1007/s00586-014-3338-3
18. Akbarnia B.A., Emans J.B. Complications of growth-sparing surgery in early onset scoliosis // *Spine*. 2010. Vol. 35. No. 25. P. 2193–2204.
19. Li C., Zhou Y., Fu Q. et al. Treating severe and rigid kyphoscoliosis with posterior thoracic intervertebral space release and wedge osteotomy // *Chin. J. Orthop.* 2008. Vol. 28. No. 6. P. 448–452. DOI: 10.3321/j.issn:0253-2352.2008.06.003
20. Suk S.I., Chung E.R., Kim J.H. et al. Posterior vertebral column resection for severe rigid scoliosis // *Spine*. 2005. Vol. 30. No. 14. P. 1682–1687. DOI: 10.1097/01.brs.0000170590.21071.c1

AUTHOR INFORMATION

Sergei V. Vissarionov, MD, PhD, D.Sc.,
Professor, Corresponding Member of RAS;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4235-5048>;
eLibrary SPIN: 7125-4930; ResearcherID: P-8596-2015;
Scopus Author ID: 6504128319; e-mail: vissarionovs@gmail.com

* **Marat S. Asadulaev**, MD, PhD student;
address: 64-68 Parkovaya str., Pushkin,
Saint Petersburg, 196603, Russia;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1768-2402>;
eLibrary SPIN: 3336-8996; Scopus Author ID: 57191618743;
e-mail: marat.asadulaev@yandex.ru

Mikhail A. Khardikov, MD, PhD student;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8269-0900>;
Scopus Author ID: 57203014683; eLibrary SPIN: 3378-7685;
e-mail: denica1990@bk.ru

Anton S. Shabunin, Research Associate;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8883-0580>;
eLibrary SPIN: 1260-5644; Scopus Author ID: 57191623923;
e-mail: anton-shab@yandex.ru

Nikita O. Khusainov, MD, PhD, Research Associate;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3036-3796>;
eLibrary SPIN: 8953-5229; ResearcherID: AAM-4494-2020;
Scopus Author ID: 57193274791; e-mail: nikita_husainov@mail.ru

Kirill A. Kartavenko, MD, PhD,
paediatric orthopaedic surgeon;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6112-3309>;
eLibrary SPIN: 5341-4492; Scopus Author ID: 57193272063;
e-mail: med-kart@yandex.ru

ОБ АВТОРАХ

Сергей Валентинович Виссарионов, д-р мед. наук,
профессор, чл.-корр. РАН;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4235-5048>;
eLibrary SPIN: 7125-4930; ResearcherID: P-8596-2015;
Scopus Author ID: 6504128319; e-mail: vissarionovs@gmail.com

* **Марат Сергеевич Асадулаев**, аспирант;
адрес: Россия, 196603, Санкт-Петербург,
Пушкин, ул. Парковая, д. 64–68;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1768-2402>;
eLibrary SPIN: 3336-8996; Scopus Author ID: 57191618743;
e-mail: marat.asadulaev@yandex.ru

Михаил Александрович Харди́ков, аспирант;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8269-0900>;
Scopus Author ID: 57203014683; eLibrary SPIN: 3378-7685;
e-mail: denica1990@bk.ru

Антон Сергеевич Шабунин, научный сотрудник;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8883-0580>;
eLibrary SPIN: 1260-5644; Scopus Author ID: 57191623923;
e-mail: anton-shab@yandex.ru

Никита Олегович Хусаинов, канд. мед. наук, научный сотрудник;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3036-3796>;
eLibrary SPIN: 8953-5229; ResearcherID: AAM-4494-2020;
Scopus Author ID: 57193274791; e-mail: nikita_husainov@mail.ru

Кирилл Александрович Картавенко, канд. мед. наук,
врач — травматолог-ортопед;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6112-3309>;
eLibrary SPIN: 5341-4492; Scopus Author ID: 57193272063;
e-mail: med-kart@yandex.ru

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку