

· 临床论著 ·

MRI 扩散张量成像确定退行性脊柱侧凸责任节段的价值

王 前, 高 鹏, 陈 建, 唐鹏宇, 凡 进, 殷国勇*

(南京医科大学第一附属医院骨科, 江苏南京 210029)

摘要: [目的] 探讨 MR 扩散张量成像 (magnetic resonance imaging with diffusion tensor imaging, MRI-DTI) 在确定成人退行性脊柱侧凸 (adult degenerative scoliosis, ADS) 患者责任节段中的应用价值。[方法] 选取 2017 年 6 月—2019 年 9 月本院退变性脊柱侧凸患者 36 例纳入研究, 均行常规 MRI 及 MRI-DTI 检查, 比较有症状神经根及无症状神经根 FA 值的差异, 采用 ODI、JOA、VAS 评分及影像学参数评价临床疗效。[结果] ADS 患者症状神经根与无症状神经根 FA 值存在显著差异 ($P < 0.05$), MRI-DTI 神经根定位与患者症状或神经阻滞定位基本相符。随时间推移, 患者的 ODI、VAS-BP、VAS-LP 评分显著降低 ($P < 0.05$), 而 JOA 评分显著增加 ($P < 0.05$)。术后不同时间的 JOA、ODI、VAS-BP、VAS-LP 评分差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。影像测量方面, 术后 Cobb 角、LL 角、SS 角、PT 角、椎间隙高度和椎间孔面积较术前明显改善 ($P < 0.05$)。[结论] MRI-DTI 可作为判定症状神经根节段的依据, 并与临床症状高度一致。根据 MRI-DTI 结果定位责任节段, 进行精准神经根减压, 临床疗效良好。

关键词: 退行性脊柱侧凸, 责任节段, 定位, MRI 扩散张量成像, 手术治疗

中图分类号: R681.3 文献标志码: A 文章编号: 1005-8478 (2022) 03-0225-05

Significance of MRI diffusion tensor imaging to determine responsible segments in degenerative scoliosis // WANG Qian, GAO Peng, CHEN Jian, TANG Peng-yu, FAN Jin, YIN Guo-yong. Department of Orthopedics, The First Affiliated Hospital, Nanjing Medical University, Nanjing 210029, China

Abstract: [Objective] To investigate the significance of magnetic resonance imaging with diffusion tensor imaging (MRI-DTI) for identifying the responsible segments of adult degenerative scoliosis (ADS). [Methods] A total of 36 patients who were undergoing surgical treatment for ADS in our hospital from June 2017 to September 2019 were enrolled in this study. All patients received conventional preoperative MRI and MRI-DTI examinations, and the differences of fractional anisotropy (FA) values between symptomatic and asymptomatic nerve roots were compared. In addition, ODI, JOA, VAS scores and imaging parameters were used to evaluate the clinical efficacy. [Results] There were significant differences in FA values between symptomatic nerve roots and asymptomatic nerve roots in ADS patients ($P < 0.05$). The MRI-DTI nerve root location was basically consistent with symptoms or nerve block location. The ODI, VAS-BP and VAS-LP scores significantly decreased ($P < 0.05$), while JOA scores significantly increased over time ($P < 0.05$). However, there were no significant changes in JOA, ODI, VAS-BP and VAS-LP scores among different postoperative time points ($P > 0.05$). In terms of image measurement, the Cobb angle, lumbar lordosis (LL), sacral slope (SS), pelvic tilt (PT), intervertebral space height and intervertebral foramina area significantly improved after operation compared with those preoperatively ($P < 0.05$). [Conclusion] MRI-DTI might be used as the basis to determine the nerve root segment related to symptoms, and is highly consistent with clinical symptoms. According to MRI-DTI results, responsible segments were located and precise nerve root decompression was performed, with good clinical efficacy.

Key words: degenerative scoliosis, responsible segment, localization, magnetic resonance imaging with diffusion tensor imaging (MRI-DTI), surgical treatment

随着人口老龄化的加剧, 成人退行性脊柱侧凸 (adult degenerative scoliosis, ADS) 发病率有上升的趋势^[1]。不同于特发性脊柱侧凸, ADS 的患者常合并有腰椎退变及神经根受压的症状。所以针对 ADS 患

者治疗, 不仅要纠正脊柱侧凸角度, 同时还要定位症状神经根进行减压, 以缓解神经症状^[2]。既往对于神经根的定位常常依据症状, 但根据症状定位存在一定的误差^[3]。在普通的腰椎退变病例中, 腰椎

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2022.03.07

作者简介: 王前, 主治医师, 博士, 研究方向: 脊柱外科, (电话)13851412056, (电子信箱)wq6233@163.com

* 通信作者: 殷国勇, (电子信箱)guoyong_yin@sina.com

核磁共振常常作为重要的影像参考。但是对于 ADS 患者, 由于脊柱旋转畸形, 常规 MRI 并不能准确选取椎间盘水平进行扫描, 且普通核磁并不能对神经进行功能成像^[4]。因此, 选用更好的影像技术能够更准确地定位症状神经根, 这对 ADS 患者神经根减压节段的选取至关重要。

MRI 扩散张量成像 (magnetic resonance imaging with diffusion tensor imaging, MRI-DTI) 可以为周围神经提供有价值的定量数据, 同时定量的评估神经功能状态^[5]。MRI-DTI 成像主要是通过各项异性分数 (fractional anisotropy, FA) 和表观扩散系数 (apparent diffusion coefficient, ADC) 定量来反应周围神经的病理变化, 在腰椎退变引起的神经根病变中提供有效的参数^[6]。而有研究表明, FA 值相较于 ADC 值更能准确的评估神经根受压迫时的功能^[7]。因此, MRI-DTI 相关参数用于症状神经根定位相比常规 MR 成像更具有敏感性和特异性^[8]。此外, 已有研究证实了腰椎退变性疾病患者临床症状与 MRI-DTI 参数之间存在密切的相关性^[9]。但既往有关 MRI-DTI 的报道都是针对单节段腰椎退变的病例研究^[6, 10], 对于在退变性脊柱侧凸中的多节段退变并没有相关报道。而对于腰椎多节段退变的患者, 精准定位责任节段, 尽可能缩小手术范围, 有助于改善疗效^[11]。因此, 本研究利用 MRI-DTI 对 ADS 患者进行影像学诊断, 从而探讨 MRI-DTI 在 ADS 疾病中责任节段定位的临床意义。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

纳入标准: (1) 腰背部疼痛, 伴有神经根性症状; (2) 影像学结果显示存在退变性脊柱侧凸, Cobb 角 $>20^\circ$; (3) 正规保守治疗无效, 需要手术治疗; (4) 资料完整且获得随访者。

排除标准: (1) 由脊柱骨折、强直性脊柱炎、脊柱结核等疾病或手术造成的脊柱侧凸; (2) 既往脊柱外伤、手术史; (3) 存在脊柱感染、肿瘤、神经系统疾病; (4) 有严重基础疾病不耐受手术者。

1.2 一般资料

2017年6月—2019年9月, 共36例退变性脊柱侧凸患者符合上述标准, 纳入本研究, 其中, 男16例, 女20例; 年龄50~72岁, 平均 (56.69 ± 9.61) 岁。术前进行临床评估及常规 X 线片、CT、MRI 检查 (图 1a~1d)。本研究获得医院伦理委员会批准,

所有患者均签署知情同意书。

1.3 神经根定位

先根据症状及体征进行责任神经根定位^[12]。对于根据症状体征无法准确定位神经根的病例, 通过神经根封闭术来明确责任神经根。与 Liang 等^[13]的方法相同, 采取透视下经椎间孔注射 1%利多卡因 1 ml 的方式 (图 1e), 若患者症状基本缓解, 则判定为责任神经根; 若无缓解, 则排除神经根受累可能。判定神经根有无受累及神经根封闭术均由本院高年资脊柱外科医生进行。

1.4 术前影像学分析

普通 MRI 及 MRI-DTI 均采用 GE Discovery 3.0T MR 仪进行扫描。使用 GE Advantage 4.6 工作站进行 FA 值的测定及神经扩散张量纤维束成像 (DTT)。测定 L₃ 到 S₁ 各神经根的 FA 值。测定 FA 值时每根神经根选取三个感兴趣亚区域 (ROI), 分别位于神经根关节下区、椎间孔区和椎间孔外区。并根据 DTT 结果确定症状侧神经是否异常, 如中断、稀疏、色相减少等 (图 1f)。ROI 位置和 DTT 神经根重建由两名经验丰富的放射科医生进行。两名放射科医生对研究设计和临床数据均不知情。对得出的结果进行组内及组间的一致性评价。

1.5 手术方法

全身麻醉后, 患者取俯卧位。取正中切口, 常规暴露椎板及关节突。经透视下置入适当大小椎弓根螺钉, 选取合适长度钛棒, 临时装棒固定。根据侧凸情况, 选择截骨的节段, 切除拟截骨间隙的棘突和棘上、棘间韧带, 并切除下关节突。凹侧撑开, 凸侧压缩复位, 矫形满意后, 逐一锁紧螺帽。根据 MRI-DTI 结果进行责任节段开窗减压。切除增生关节突、增生黄韧带、突出椎间盘, 行侧隐窝及神经根管扩大减压。减压节段行椎间植骨融合, 置入适当大小的椎间融合器, 适当加压, 锁紧螺帽。透视下确定矫形满意, 反复冲洗, 放置引流管, 逐层缝合切口。

1.6 评价指标

记录术前神经根定位阻滞检查结果和 MRI-DTI 成像检查结果。记录围手术期资料。采用腰痛视觉模拟评分 (visual analogue score-back pain, VAS-BP)、下肢痛视觉模拟评分 (visual analogue score-leg pain, VAS-LP)、日本骨科协会 (Japanese Orthopedic Association, JOA) 腰椎评分和 Oswestry 功能障碍评分 (Oswestry Disability Index, ODI) 评价临床效果。

行全脊柱正侧位 X 线片检查, 测量腰椎 Cobb 角、腰椎前凸角 (lumbar lordosis, LL)、骶骨斜角

(sacral slope, SS) 和骨盆倾斜角 (pelvic tilt, PT) [14, 15]。测量术前术后融合节段椎间隙高度 (disc height, DH)。行 CT 检查测量椎管面积。

1.7 统计学方法

采用 SPSS 25.0 软件进行统计分析。计量资料以

$\bar{x} \pm s$ 表达, 资料符合正态分布时, 组间比较采用独立样本 t 检验, 组内不同时间点间比较采用单因素方差分析, 两两比较采用 LSD 法。资料呈非正态分布时, 采用秩和检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

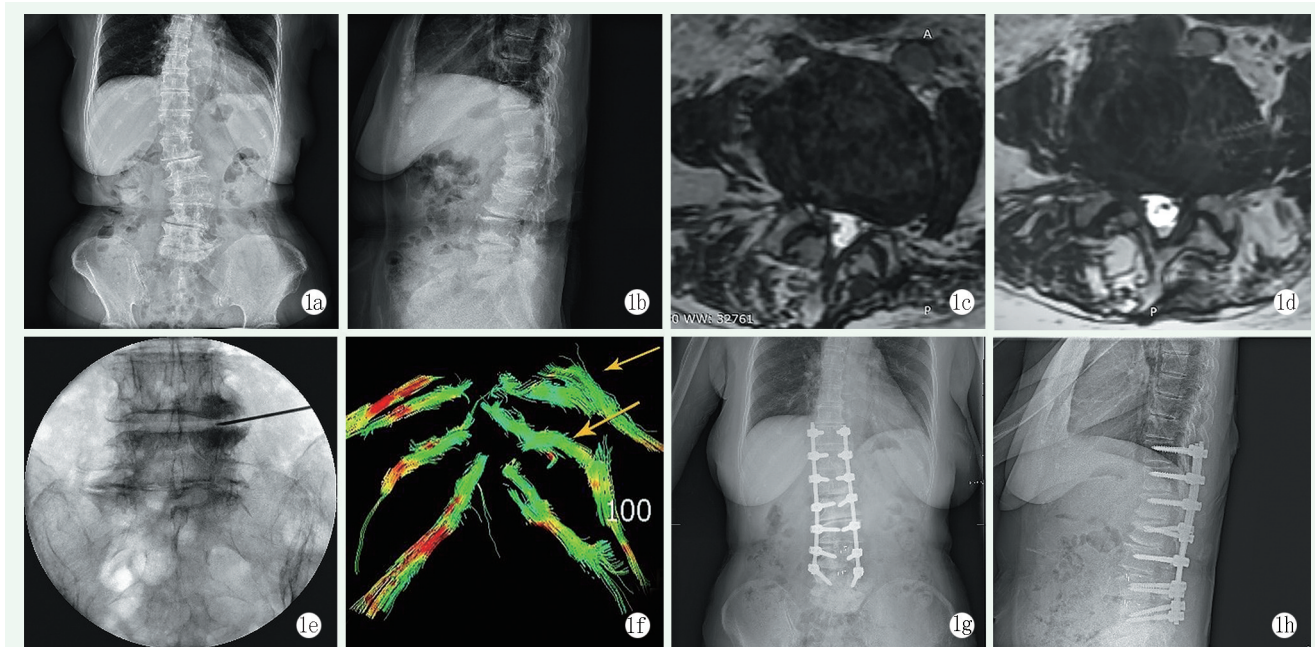


图1 患者,女,68岁,腰痛伴右下肢放射痛3年,加重半年,诊断退行性脊柱侧凸,行脊柱侧凸矫形术 1a, 1b: 术前腰椎正侧位 X 线片 1c, 1d: 连续 T2 加权像中二维重建后 L_{3/4}、L_{4/5} 椎间盘水平 1e: 术前神经根定位阻滞穿刺正位透视 1f: DTT 显示左侧 L₄、L₅ 神经根 FA 值降低 1g, 1h: 术后腰椎正侧位 X 线片显示侧凸矫正, 矢状面平衡有所改善

2 结果

2.1 术前神经根定位结果

在纳入的 36 例患者中, 根据症状及体征能精确判定责任神经根的病例 13 例, 不能明确神经根定位, 需要进行神经根封闭定位的 23 例。其中单节段症状 13 例, 双节段症状 21 例, 三节段症状 2 例。单侧症状 23 例, 双侧症状 13 例。汇总可得责任节段责任神经根共 67 例, 其中 L₃ 6 例、L₄ 19 例、L₅ 29 例、S₁ 13 例。

2.2 MRI-DTI 检查结果

参照本院放射科之前正常人各神经根 FA 值的研究 [16], 将 ROI 区域 FA 值降低的神经根作为症状神经根。将每个节段神经根的症状与非症状神经根的 FA 值进行对比。L₃~S₁ 症状神经根与非症状神经根 FA 值进行比较, 症状神经根 FA 值较非症状神经根显著降低 ($P < 0.05$) (表 1)。而在这 36 例患者中, DTI 准确定位症状神经根 62 根, 准确判定非症状神经根 220 根, 并将其结果与此前临床神经根定位结果

作比较, 准确率为 97.90%。所有病例的扫描结果行神经扩散张量纤维束成像 (DTT)。其中神经根纤维束出现节段性稀疏、变窄、截断等现象有 34 例, 占总数的 94.44%。其结果与 FA 值界定症状神经根结果基本一致。

表 1 症状与非症状神经根 FA 值水平 ($\bar{x} \pm s$) 与比较

节段	症状组	非症状组	P 值
L ₃	0.16±0.03	0.23±0.03	0.004
L ₄	0.15±0.02	0.23±0.03	0.002
L ₅	0.15±0.03	0.24±0.02	<0.001
S ₁	0.13±0.02	0.20±0.03	0.002
P 值	0.083	0.019	

2.3 围手术期情况

本研究入选病例都选择长节段固定, 在症状神经根处减压, 切除椎间盘节段进行植骨融合。所有病例手术时间为 (152.59±25.21) min, 术中出血量为 (698.56±156.32) ml, 平均住院天数 (8.45±4.59) d。出现并发症 2 例, 发生率 5.56%, 其中 1 例切口感染, 经加强抗生素及换药, 伤口愈合。1 例出现硬

脊膜破裂、脑脊液漏，经延长引流时间 1 周后拔除引流管后愈合。

2.4 随访结果（出院后随访）

所有患者随访 13~26 个月，平均（16.34±3.45）

个月。临床评分结果见表 2，随时间推移，ODI、VAS-BP、VAS-LP 评分显著降低（ $P<0.05$ ），而 JOA 评分显著增加（ $P<0.05$ ）。

表 2 临床评分结果（分， $\bar{x} \pm s$ ）与比较

指标	术前	术后 3 个月	术后 6 个月	末次随访	P 值
ODI 评分	37.25±18.54	12.45±5.64	10.75±3.36	9.86±2.35	0.002
JOA 评分	15.21±2.38	23.84±1.35	25.34±2.25	25.52±1.84	<0.001
VAS-BP 评分	5.43±1.43	2.18±1.68	1.98±0.85	1.87±0.96	0.004
VAS-LP 评分	6.23±1.05	2.13±1.06	1.96±0.76	1.94±0.65	0.003

2.5 影像评估

患者影像测量结果见表 3。与术前相比，术后 6 个月患者 Cobb 角、PT 均显著减少（ $P<0.05$ ），而 LL、SS 均显著增加（ $P<0.05$ ）；手术融合节段的椎间隙高度显著增加（ $P<0.05$ ），减压节段的椎管面积显著增大（ $P<0.05$ ）。

术后 1 周复查，侧凸矫正效果可，内固定均在位。术后 3 个月复查椎间盘融合器位置在位，融合良好，内固定未见松动、断钉、断棒等现象（图 1g, 1h）。至末次随访，所有患者所有节段均已骨性融合。

表 3 患者术前及术后影像学测量结果（ $\bar{x} \pm s$ ）与比较

指标	术前	术后 6 个月	P 值
Cobb (°)	25.64±5.38	7.34±2.39	0.002
LL (°)	-36.21±11.85	-43.54±9.85	0.007
SS (°)	26.48±7.98	33.76±8.14	0.005
PT (°)	21.26±6.29	14.95±7.16	0.002
DH (°)	9.26±1.58	11.94±2.19	0.003
椎管面积 (mm ²)	154.34±19.43	338.25±45.39	<0.001

3 讨论

退变性脊柱侧凸主要是随着椎间盘、关节突关节等腰椎结构的退变引起的腰椎凸向一侧的畸形状态，主要会引起腰痛、下肢神经根症状^[17]。目前对于脊柱侧凸的诊断标准为，X 线片上冠状面侧凸 Cobb 角 $>10^\circ$ ^[18]。对于脊柱侧凸引起的下肢神经根症状，通常依据疼痛分布区、神经学检查及神经根造影确定受累神经根^[19]。但是在临床工作中，脊柱侧凸引起的腰椎管狭窄常常是多节段的，而且部分病例神经体征并不典型，定位模糊，给手术减压节段的选择带来困难^[3]。由于普通 MRI 仅仅是选取椎间盘水平做平扫，而对于侧凸的脊柱常常是三维畸形，普通 MRI

选取的平面并不能完全对应。有临床研究在常规腰椎 MRI 检查中，增加冠状位序列可以更加精准的判定责任神经根^[4]。在腰椎多节段狭窄的患者中，精准的选择节段减压，选择较小的手术方式，将有更好的手术效果^[11]。Liang 等^[13]通过利用神经根封闭术来准确的定位责任节段，对相应节段进行减压，获得了满意的手术疗效。

既往研究表明，MRI-DTI 检查中，症状神经根测得的 FA 值较无症状神经根明显降低，可以作为明确症状神经根的依据^[20, 21]。而 DTT 可以将神经重建成三维图像，可以明显的看出神经受压部位，并且图像显示的异常部位与 FA 值有相关性^[21, 22]。在行椎间孔镜下髓核摘除的病例中，术前术后行 MRI-DTI 检查，发现 FA 值与临床评分有较强的相关性^[10]。在本研究中，MRI-DTI 结果与术前根据症状及体征或神经根封闭术进行责任神经根定位的结果基本吻合。同时根据 DTT 重建结果，将神经缺损或稀疏部位诊断为责任神经根，其结果与之前两种方法得出的结果也基本吻合。因此，MRI-DTI 检查可以明确责任神经根，指导手术方案的选择。

脊柱侧凸的手术治疗可通过矫正侧凸畸形恢复脊柱正常序列，或通过直接或间接减压减轻下肢根性疼痛及间歇性跛行症状^[23]。孙晓辉等^[24]对不同的融合方式治疗 ADS 的研究中表明，根据侧弯程度选择不同的手术方式，均能达到良好的手术效果。许朝君等^[25]采用斜外侧腰椎间融合术治疗 ADS，术后的随访结果比较满意。在本研究中，根据侧凸的程度，均选择了长节段固定，结合 MRI-DTI 责任神经根定位选择减压节段，对切除椎间盘节段行椎间融合。术后由康复科进行术后康复指导治疗直至出院。影像学评估侧凸较术前明显改善，矫正效果满意。因此，通过 MRI-DTI 检查可以精准判定责任神经，根据评定结果行责任间隙减压，术后症状缓解满意。

综上所述,在退变性脊柱侧凸患者的诊治过程中,根据患者的临床表现及体征,并结合MRI-DTI检查,可以更加精准的明确症状神经根,从而更精准的选取减压节段及位置,明确责任节段,减少预防性减压,减少手术时间,为侧凸矫正手术提供新的辅助诊断手段。但MRI-DTI检查也有局限性。比如脊柱术后有内固定存在的情况下,MRI-DTI的FA值测定受影响,因此术后并不能行MRI-DTI检查进行神经功能的对比,主要通过症状及查体来明确。所以目前MRI-DTI主要用于术前的症状神经根定位。

参考文献

- [1] Jimbo S, Kobayashi T, Aono K, et al. Epidemiology of degenerative lumbar scoliosis: a community-based cohort study [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2012, 37 (20): 1763-1770.
- [2] Transfeldt EE, Topp R, Mehdob AA, et al. Surgical outcomes of decompression, decompression with limited fusion, and decompression with full curve fusion for degenerative scoliosis with radiculopathy [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2010, 35 (20): 1872-1875.
- [3] Botwin KP, Gruber RD, Bouchlas CG, et al. Fluoroscopically guided lumbar transformational epidural steroid injections in degenerative lumbar stenosis: an outcome study [J]. *Am J Phys Med Rehabil*, 2002, 81 (12): 898-905.
- [4] Lee SK, Jung JY. Degenerative lumbar scoliosis: added value of coronal images to routine lumbar MRI for nerve root compromise [J]. *Eur Radiol*, 2020, 30 (4): 2270-2279.
- [5] Chazen JL, Cornman-Homonoff J, Zhao Y, et al. MR neurography of the lumbosacral plexus for lower extremity radiculopathy: frequency of findings, characteristics of abnormal intraneural signal, and correlation with electromyography [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2018, 39 (11): 2154-2160.
- [6] Oikawa Y, Eguchi Y, Inoue G, et al. Diffusion tensor imaging of lumbar spinal nerve in subjects with degenerative lumbar disorders [J]. *Magn Reson Imaging*, 2015, 33 (8): 956-961.
- [7] Cauley KA, Filippi CG. Diffusion-tensor imaging of small nerve bundles: cranial nerves, peripheral nerves, distal spinal cord, and lumbar nerve roots-clinical applications [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2013, 201 (2): W326-335.
- [8] Shi Y, Zou Y, Feng Y, et al. A quantitative and clinical evaluation of nerve roots in lumbosacral radiculopathy using diffusion tensor imaging [J]. *Jpn J Radiol*, 2020, 38 (3): 222-230.
- [9] Eguchi Y, Oikawa Y, Suzuki M, et al. Diffusion tensor imaging of radiculopathy in patients with lumbar disc herniation: preliminary results [J]. *Bone Joint J*, 2016, 98-B (3): 387-394.
- [10] Shi Y, Zhao F, Dou W, et al. Quantitative evaluation of intraspinal lumbar disc herniation-related lumbosacral radiculopathy before and after percutaneous transforaminal endoscopic discectomy using diffusion tensor imaging [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2021, 46 (13): E734-E742.
- [11] Shabat S, Arinzon Z, Folman Y, et al. Long-term outcome of decompressive surgery for lumbar spinal stenosis in octogenarians [J]. *Eur Spine J*, 2008, 17 (2): 193-198.
- [12] Osunronbi T, Sharma H. International standards for neurological classification of spinal cord injury: factors influencing the frequency, completion and accuracy of documentation of neurology for patients with traumatic spinal cord injuries [J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2019, 29 (8): 1639-1648.
- [13] Liang Y, Zhao Y, Wang T, et al. Precision treatment of adult lumbar degenerative scoliosis complicated by lumbar stenosis with the use of selective nerve root block [J]. *World Neurosurg*, 2018, 120: e970-e975.
- [14] Lafage V, Schwab F, Skalli W, et al. Standing balance and sagittal plane spinal deformity: analysis of spinopelvic and gravity line parameters [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2008, 33 (14): 1572-1578.
- [15] Labelle H, Roussouly P, Berthonnaud E, et al. Spondylolisthesis, pelvic incidence, and spinopelvic balance: a correlation study [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2004, 29 (18): 2049-2054.
- [16] Shi Y, Zong M, Xu X, et al. Diffusion tensor imaging with quantitative evaluation and fiber tractography of lumbar nerve roots in sciatica [J]. *Eur J Radiol*, 2015, 84 (4): 690-695.
- [17] Graham RB, Sugrue PA, Koski TR. Adult degenerative scoliosis [J]. *Clin Spine Surg*, 2016, 29 (3): 95-107.
- [18] Ploumis A, Transfeldt EE, Denis F. Degenerative lumbar scoliosis associated with spinal stenosis [J]. *Spine J*, 2007, 7 (4): 428-436.
- [19] Fu KM, Rhagavan P, Shaffrey CI, et al. Prevalence, severity, and impact of foraminal and canal stenosis among adults with degenerative scoliosis [J]. *Neurosurgery*, 2011, 69 (6): 1181-1187.
- [20] Eguchi Y, Ohtori S, Orita S, et al. Quantitative evaluation and visualization of lumbar foraminal nerve root entrapment by using diffusion tensor imaging: preliminary results [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2011, 32 (10): 1824-1829.
- [21] Balbi V, Budzik JF, Duhamel A, et al. Tractography of lumbar nerve roots: initial results [J]. *Eur Radiol*, 2011, 21 (6): 1153-1159.
- [22] Eguchi Y, Ohtori S, Suzuki M, et al. Discrimination between lumbar intraspinal stenosis and foraminal stenosis using diffusion tensor imaging parameters: preliminary results [J]. *Asian Spine J*, 2016, 10 (2): 327-334.
- [23] Zhao Y, Liang Y, Mao K. Radiographic and clinical outcomes following MIS-TLIF in patients with adult lumbar degenerative scoliosis [J]. *J Orthop Surg Res*, 2018, 13 (1): 93.
- [24] 孙晓辉, 刘洋, 崔明星. 短与长节段融合固定退行性腰椎侧凸椎管狭窄症 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2020, 28 (21): 1936-1940.
- [25] 许朝君, 稿英杰, 于磊, 等. 斜外腰椎间融合术治疗退变性腰椎侧凸 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2020, 28 (13): 1185-1190.

(收稿:2021-11-01 修回:2021-12-27)

(同行评议专家: 钱列)

(本文编辑: 郭秀婷)