

影响颈椎后路减压内固定术治疗脊髓型颈椎病 预后的影像学因素分析

康 猛^{1,2}, 宋振全¹, 潘冬生¹, 李晋江¹, 许嘉媛^{1,2}, 杨 震^{1,2}

(1 北部战区总医院神经外科 110061 沈阳市; 2 锦州医科大学 121001 锦州市)

【摘要】目的:分析影响颈椎后路减压内固定术治疗脊髓型颈椎病的预后影像学因素。**方法:**回顾性分析 2014 年 5 月~2018 年 5 月北部战区总医院神经外科接受颈椎后路减压内固定手术治疗脊髓型颈椎病患者的临床及影像学资料(72 例),其中男 55 例,女 17 例,年龄 21~80 岁,平均 56.9±12.0 岁,收集病程、压迫节段、术前/术后 1 周日本骨科协会(Japanese Orthopaedic Association, JOA)评分、术前 Cobb 角、压迫节段内致压物最大径、有效颈椎管率、平均压迫率、脊髓横切面积、脊髓椎管占有率以及术后脊髓漂移距离、JOA 改善率等相关资料。根据 JOA 改善率将患者分为:预后优良组(改善率≥50%)58 例和预后非优良组(改善率<50%)14 例。运用单因素、多因素二元 Logistic 回归分析患者临床资料与影像学参数等预后相关因素,进一步绘制受试者工作特征曲线(receiver operating curve, ROC),选取尤登指数最大的数值作为划界值,明确预后相关因素临界值。**结果:**单因素分析显示,预后优良组术前 Cobb 角 12.81°±4.27°,有效颈椎管率(33.71±9.87)%,脊髓漂移距离 3.38±0.62mm,致压物最大径 3.83±0.83mm,脊髓椎管占有率(64.02±7.74)%,与预后非优良组术前 Cobb 角 9.68°±4.00°,有效颈椎管率(22.86±8.78)%,脊髓漂移距离 2.13±0.75mm,致压物最大径 5.38±1.01mm,脊髓椎管占有率(69.21±9.28)%相比,差异有统计学意义($P<0.05$);对上述相关因素进一步多因素分析显示,致压物最大径与脊髓漂移距离是脊髓型颈椎病预后主要影响因素($P<0.05$);ROC 曲线显示,致压物最大径诊断临界值为 4.950mm(曲线下面积为 0.875);脊髓漂移距离诊断临界值为 2.625mm(曲线下面积为 0.897)。**结论:**致压物最大径与脊髓漂移距离是颈椎后路减压内固定治疗脊髓型颈椎病预后的主要影响因素,且当致压物最大径超过 4.950mm 时,提示颈椎后路减压预后较差,术后脊髓漂移距离低于 2.625mm 时,提示颈椎后路减压预后不佳。

【关键词】颈椎后路减压内固定术;脊髓型颈椎病;影像学参数;预后分析

doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2019.09.04

中图分类号:R687.3 文献标识码 A 文章编号:1004-406X(2019)-09-0799-06

The prognostic factors of cervical spondylotic myelopathy treated with posterior cervical decompression and internal fixation/KANG Meng, SONG Zhenquan, PAN Dongsheng, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2019, 29(9): 799-804

【Abstract】 Objectives: To analyze the imaging related prognostic factors of cervical spondylotic myelopathy treated with posterior cervical decompression and internal fixation. **Methods:** The clinical data and imaging data of 72 cases of cervical spondylotic myelopathy treated with posterior decompression and internal fixation in the neurosurgery department of Northern Theater Command general hospital from May 2014 to May 2018 were retrospectively analyzed. The patients included 55 males and 17 females, and aged from 21 to 80 years old (average, 56.9±12.0 years old). Data of disease course, compression segment, Japanese Orthopaedic Association (JOA) scores before surgery and one week after surgery, preoperative Cobb angle, maximum diameter of compressed matter in compression segment, effective cervical spinal canal rate, average compression rate, transverse area of spinal cord, spinal canal occupancy rate, spinal cord drift distance after surgery, and improvement rate of JOA were collected. According to the improvement rate of JOA, the patients were divided into the following groups: 58 cases of excellent prognosis (improvement rate ≥50%) and 14 cases of poor prognosis (improvement rate <50%). The prognostic factors were analyzed by single factor and multi-factor

第一作者简介:男(1992-),医学硕士在读,研究方向:神经外科

电话:(024)28897475 E-mail:414855028@qq.com

通讯作者:宋振全 E-mail:szqlz@163.com

binary logistic regression. The receiver operating characteristic curve (ROC) was used to determine the critical value of prognosis related factors. The largest cut of Youden index was selected as the demarcation value and the critical value of prognostic factors. **Results:** Univariate analysis showed that there were statistically significant differences ($P < 0.05$) between preoperative Cobb angle of $12.81^\circ \pm 4.27^\circ$, effective cervical spinal canal rate of $(33.71 \pm 9.87)\%$, spinal cord drift distance of 3.38 ± 0.62 mm, maximum diameter of compressed matter of 3.83 ± 0.83 mm, and spinal canal occupancy rate of $(64.02 \pm 7.74)\%$ in excellent prognosis group and preoperative Cobb angle of $9.68^\circ \pm 4.00^\circ$, effective cervical spinal canal rate of $(22.86 \pm 8.78)\%$, spinal cord drift distance of 2.13 ± 0.75 mm, maximum diameter of compressed matter of 5.38 ± 1.01 mm, and spinal canal occupancy rate of $(69.21 \pm 9.28)\%$ in poor prognosis group. Further multivariate analysis of the above relevant factors showed that the maximum diameter of compressed matter and spinal cord drift distance were the main factors affecting the prognosis of cervical spondylotic myelopathy ($P < 0.05$). ROC curve showed that the diagnostic critical value of the maximum diameter of compressed matter was 4.950 mm (the area under the curve was 0.875). The diagnostic threshold for drift distance of spinal cord was 2.625 mm (the area under curve was 0.897). **Conclusions:** The maximum diameter compressed matter and the drift distance of the spinal cord are the main factors influencing the prognosis of cervical spondylotic myelopathy treated by posterior decompression and internal fixation, and the prognosis is worse when the maximum diameter of compressed matter exceeds 4.950 mm in the compression stage and better when the drift distance of the spinal cord exceeds 2.625 mm after this operation.

【Key words】 Cervical posterior decompression and internal fixation; Cervical spondylotic myelopathy; Imaging parameters; Prognostic factors

【Author's address】 Northern Theater Command general hospital, Shenyang, 110061, China

脊髓型颈椎病(cervical spondylotic myelopathy, CSM)是临床常见的引起脊髓功能障碍的疾病,其主要治疗方式为外科手术^[1,2]。研究表明,CSM患者术前影像学相关参数可能会影响预后效果^[3]。但目前大多数的研究仅关注颈椎曲度、脊髓受压程度等单一方面对预后效果的影响。朱继超等^[4]认为术前颈椎曲度与预后效果之间存在相关性;Yukawa等^[5]认为术前脊髓受压程度为手术预后效果的主要影响因素。本研究拟纳入CSM患者术前Cobb角、致压物最大径、有效颈椎管率等多方面影像学相关参数,全面评估患者临床及影像学参数对术后脊髓功能恢复的影响,并进一步确定相关参数影响预后效果的临界值,从而早期精准地对患者的手术治疗方案做出指导,以便获得更好的临床预后效果。

1 资料与方法

1.1 临床资料

回顾性分析2014年5月~2018年5月北部战区总医院神经外科收治的CSM患者的临床资料。病例纳入标准:(1)诊断为脊髓型颈椎病并存在肢体麻木、无力等典型临床表现;(2)术前均行X线、CT、MRI检查,术后复查颈椎MRI;(3)接受颈椎后路减压内固定手术治疗。病例排除标准:

(1)合并其他部位神经系统疾病(脑血管疾病、胸椎及腰椎退变疾病等);(2)颈部外伤史及椎管内占位性病变;(3)既往颈椎手术史;(4)其他系统严重疾病。

共筛选出符合纳入排除标准的患者72例,其中男55例,女17例,年龄21~80岁,平均 56.9 ± 12.0 岁。包括椎间盘突出22例,后纵韧带骨化16例,黄韧带肥厚3例,发育性椎管狭窄3例,混合型(包括两种以上病因)28例,其中前后方均受压的“钳夹型”23例。

1.2 手术方法

所有手术均由同一组医师完成,患者全麻成功后,取俯卧位,头架固定头部。颈后正中行纵形切口,暴露手术所需的棘突及椎板。术中透视定位螺钉置入两侧侧块或椎弓根。采用高速球型磨钻辅以椎板钳彻底切除病变节段棘突、椎板及黄韧带,即见脊髓向后漂移。探查并扩大相应节段神经根管,取两根合适长度钛棒,折弯成型并固定。再次透视确认无误后,将术中收集的自体骨颗粒在侧突关节面进行植骨,关闭手术切口。术后颈托固定4~6周后进行康复锻炼。

1.3 数据收集和分组

收集患者的性别、年龄、病程、压迫节段、术前日本骨科协会评估治疗分数(Japanese Or-

thopaedic Association Scores, JOA) 等基线资料。患者入院后均行后路减压内固定手术治疗。收集患者术后 1 周 JOA 评分, 并根据改善率 $[(\text{术后 JOA 评分} - \text{术前 JOA 评分}) / (\text{17} - \text{术前 JOA 评分}) \times 100\%]$ 将患者分为预后优良组 (改善率 $\geq 50\%$) 和预后非优良组 (改善率 $< 50\%$)。

1.4 影像学测量及相关参数

通过查阅相关文献, 选取目前临床研究中较关注的影像学参数进行测量, 要求其具有一定代表性且可通过具体数值进行客观测量^[6-10]。测量采用图像存储与传输系统 (picture archiving and communication systems, PACS) 工具。

术前 Cobb 角: 于患者术前颈椎中立位 X 线侧位片上分别做 C2 椎体下终板及 C7 椎体下终板延长线的垂线, 两垂线所成的锐角即为颈椎 Cobb 角。若 C2 椎体下终板及 C7 椎体下终板延长线在椎体后方相交, 记为正值; 若两线在前方相交, 则记为负值 (图 1a)。

脊髓漂移距离: 患者术前颈椎 MRI T2 加权

矢状位图测量椎体后缘与脊髓中点的距离即 $(A1+A2)/2$, 同样方法测量术后图像上椎体后缘与脊髓中点的距离为 $(B1+B2)/2$, 脊髓漂移距离 = $[(B1+B2) - (A1+A2)]/2$ (图 1b)。

致压物最大径: 患者术前颈椎 MRI T2 加权横断面图测量患者术前致压物最大径 (图 1c)。

平均压迫率: 颈椎 MRI T2 加权正中矢状位像上压迫节段内各个椎体间突出的椎间盘和 (或) 突出骨赘的矢状径之和与同平面椎管矢状径之和的比值, 即 $(a+b+c+d+e)/(A+B+C+D+E)$ (图 1d)。

有效颈椎管率: 继发性椎管矢状径/椎体矢状径 b/a (图 1e)。

脊髓横切面积: 患者术前颈椎 MRI T2 加权横断面图上测量脊髓面积, 即 a ; 脊髓椎管占有率: 脊髓横切面积/有效椎管横切面积 a/b (图 1f)。

1.5 统计学分析

运用 SPSS 22.0 软件行统计描述与分析。计量资料采用均数 \pm 标准差描述, 计数资料采用频数、构成比描述。采用 t 检验或 χ^2 检验进行单因素

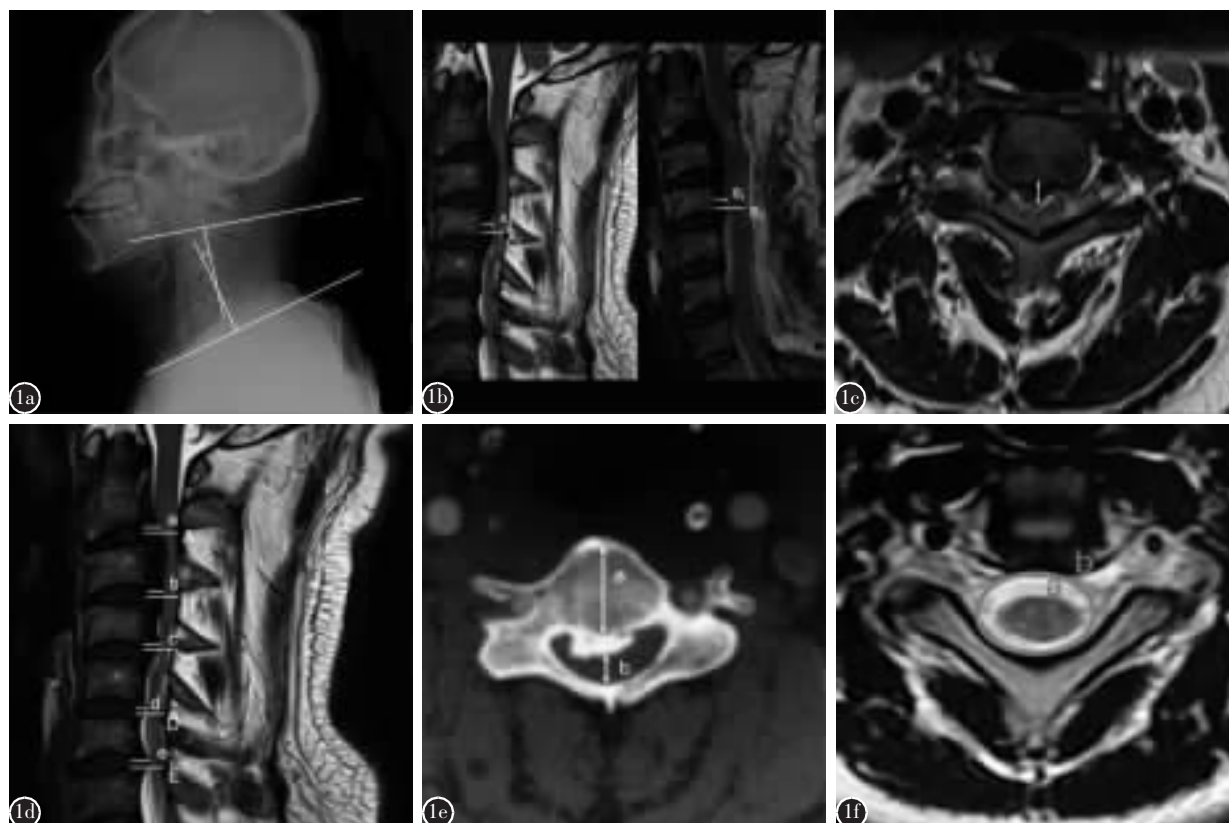


图 1 a 术前 Cobb 角测量图 b 脊髓漂移距离测量图 c 致压物最大径测量图 d 平均压迫率测量图 e 有效颈椎管率测量图 f 脊髓横切面积测量图

Figure 1 a Preoperative Cobb angle b Spinal cord drift distance c Maximum diameter of compressed matter d Average compression rate e Effective cervical spinal canal rate f Cross-section area of spinal cord

分析。采用多因素二元 Logistic 回归分析预后结局的影响因素。绘制受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic curve, ROC) 评价影响因素的诊断效能及确定诊断临界值^[11]。ROC 曲线下的面积 (area under the curve, AUC) 的值介于 0.5~1, 值越大, 说明诊断效能越大。尤登指数最大的切点即为划界分。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 单因素分析

两组患者的性别、年龄、病程、压迫节段、平均压迫率以及脊髓横切面积, 差异均无统计学意义 ($P>0.05$); 而相对于预后非良好组来说, 预后优良组患者的压迫节段内致压物最大径、脊髓椎管占有率降低, 有效颈椎管率、漂移距离、术前 Cobb 角均升高, 且差异均具有统计学意义 ($P<0.05$, 表 1)。

2.2 多因素分析

以单因素筛查后 $P<0.05$ 的因素为自变量, 以预后是否优良作为因变量进行多因素二元 Logistic 回归分析(表 2)。多因素二元 Logistic 回归分析结果进一步显示, 脊髓漂移距离和压迫节段内致压物最大径是影响患者预后的因素。

2.3 ROC 曲线分析

运用 SPSS 22.0 软件分别绘制脊髓漂移距离和压迫节段内致压物最大径的 ROC 曲线。脊髓漂

移距离和压迫节段内致压物最大径的曲线下面积分别为 0.897 与 0.875, 95% 的置信区间为 0.783~1.000 与 0.757~0.993(表 3)。从敏感性、特异性变化情况(表 4、5)可知当尤登指数最大时, 脊髓漂移距离和压迫节段内致压物最大径的原始分分别为 2.625 和 4.950。即漂移距离 2.625mm 和压迫节段内致压物最大直径 4.950mm 为预测预后优良与非优良的临界值。

3 讨论

脊髓型颈椎病主要指单个或者多个节段的脊髓被压迫而导致的神经功能障碍。目前, 通过影像学检查可较直观测量其术前椎管狭窄程度, 探究疾病原因和观察术后脊髓减压效果。因此, 如何科学地探究影响其预后效果的临床及影像学参数已成为临床医生研究探讨的热点。

多项研究均已证明脊髓的受压程度与患者预后效果存在明显的相关性, 但在脊髓受压程度的观察与测量方式等多方面存在较大差异^[6-10]。本研究收集了目前临床上多种评估脊髓受压程度, 且被普遍认同的影像学测量方式, 通过单因素与多因素分析发现, 脊髓漂移距离和压迫节段内致压物最大径是脊髓型颈椎病患者接受后路减压内固定手术的主要预后影响因素。这与部分研究学者认为有效颈椎管率与脊髓横切面积为主要预后影响因素的观点不同^[12-14]。一方面, 有效颈椎管率(Pavlov 指数)是指颈椎管中矢状径与其相对应椎

表 1 两组患者一般临床资料及影像学参数的比较

Table 1 Comparison of general clinical data and related parameters between the two groups

	预后优良组 Excellent prognosis	预后非优良组 Poor prognosis	检验值 Test value	P值 P value
性别(男/女, 例)Gender(Male/Female, n)	43/15	12/2	0.319	0.572
年龄(岁)Age(y)	57.8±11.4	53.3±14.2	-1.26	0.212
病程(<3 月/≥3 月, 例) Course of disease(<3 month/≥3 month, n)	29/29	12/2	0.23	0.631
压迫节段(例)Compression segment(n)				
单节段 Single segment	2	0		
双节段 Two segments	7	0	2.483	0.289
多节段 Multi-segment	49	14		
术前 Cobb 角(°)Preoperative Cobb angle	12.81±4.27	9.68±4.00	-2.949	0.015
脊髓漂移距离(mm)Spinal cord drift distance	3.38±0.62	2.13±0.75	-6.551	0.000
致压物最大径(mm) Maximum diameter of compressed	3.83±0.83	5.38±1.01	5.997	0.000
平均压迫率(%)Average compression rate	28.95±9.20	31.26±9.44	0.838	0.405
有效颈椎管率(%)Effective cervical spinal canal rate	33.71±9.87	22.86±8.78	-3.765	0.000
脊髓横切面积(mm)Transverse area of spinal cord	59.52±8.44	55.71±11.19	-1.419	0.160
脊髓椎管占有率(%)Spinal canal occupancy rate	64.02±7.74	69.21±9.28	2.169	0.033

体的中矢状径的比值。通常在压迫早期仅是硬脊膜的塌陷,此时相应测量结果已有变化,但由于“缓冲空间”(硬脊膜下腔)的存在脊髓并未受压,因此并不产生相应临床症状,从而对 JOA 评分结果无影响。Blackley 等^[15]的研究也进一步证实有效颈椎管率并不能直接反映脊髓的受压情况;国内学者董福龙等^[16]的研究同样发现颈椎管率与 CSM 患者的 JOA 评分无明显相关性。另一方面,脊髓横切面积的测量随着磁共振技术的发展而逐渐受到重视,但这种测量依旧无法避免因椎管内“缓冲空间”存在产生的测量结果变化,而 JOA 评估结果不改变的现象。脊髓受压早期会发生自身形态的改变,脊髓横断面由“类圆形”变至“新月形”或“双侧凹形”,此时脊髓横切面积测量会明显改变,但只要在其代偿能力内,就不会产生严重的临床症状,从而不改变 JOA 评分结果。党耕町等^[17]更是

提出脊髓受压的过程中存在“亚临床”状态,认为脊髓压迫严重程度与临床症状严重程度并不对等。本研究也认为脊髓横切面积与患者 JOA 改善率并无明显相关性。

本研究发现压迫节段内致压物最大径为影响预后的因素之一。笔者认为压迫节段内致压物最大径所在节段,应该是最早突破脊髓代偿能力的节段,这可能是其成为主要影响因素的原因。进一步通过对颈椎磁共振矢状位的观察发现,最大致压物所在部位脊髓往往会出现 MRIT2 加权像的髓内高信号。Yukawa 等^[18]认为髓内高信号与患者预后有明显相关性,这与本研究的结果相符合。同时,本研究通过绘制最大致压物直径的 ROC 曲线后可知致压物最大直径 4.950mm 为预测预后优良与非优良的临界值,这一结果将给临床工作带来更加准确及科学的指导与思考:对于压迫严重,致压物直径过大的患者可考虑前后联合入路手术治疗,以达到充分减压、更好的预后,或者探究是否只针对最大的致压物做 1~2 个节段的前路手术也可以获得良好的临床效果。

一直以来,脊髓有效的向后方漂移都被认为

表 2 多因素二元 Logistic 回归分析结果

Table 2 Multivariate logistic regression analysis results

	偏回归系数(B) Partial regression coefficient	标准误(SE) Standard error	Wald值 Wald value	P值 P value
致压物最大径 Maximum diameter of compressed	-3.617	1.741	4.316	0.038
有效颈椎管率 Effective cervical spinal canal rate	15.06	15.169	0.986	0.321
脊髓椎管占有率 Spinal canal occupancy rate	-21.144	13.598	2.418	0.120
脊髓漂移距离 Spinal cord drift distance	4.005	1.725	5.398	0.020
术前 Cobb 角 Preoperative Cobb angle	0.024	0.235	0.011	0.917

表 3 脊髓漂移距离和致压物最大径 ROC 曲线

Table 3 ROC curve of spinal cord drift distance and maximum diameter of the compression

	脊髓漂移距离 Spinal cord drift distance	致压物最大径 Maximum diameter of compressed
面积 Area	0.897	0.875
标准误 Standard error	0.058	0.06
P值 P value	0	0
95%置信区间 95% Confidence interval	0.783~1	0.757~0.993

表 4 脊髓漂移距离 ROC 曲线相关参数

Table 4 ROC curve related parameters of the spinal cord drift distance assessment scale

原始分 Original score	敏感性 Sensitivity	特异性 Specificity	尤登指数 Juden's index
2.25	0.966	0.571	0.537
2.325	0.966	0.643	0.609
2.45	0.966	0.714	0.68
2.625	0.931	0.786	0.717
2.75	0.914	0.786	0.7
2.825	0.897	0.786	0.683
2.875	0.81	0.857	0.667

表 5 压迫节段内致压物最大径 ROC 曲线相关参数

Table 5 ROC curve related parameters of the maximum diameter of compression segment assessment scale

原始分 Original score	敏感性 Sensitivity	特异性 Specificity	尤登指数 Juden's index
4.65	0.786	0.793	0.579
4.75	0.786	0.862	0.648
4.85	0.786	0.879	0.665
4.95	0.786	0.914	0.7
5.1	0.714	0.914	0.628
5.25	0.643	0.948	0.591
5.4	0.571	0.966	0.537

是后路减压手术的重要成功标志,这也被多项研究^[18,19]所验证,但有效的漂移距离却一直被反复探讨,Sodeyama 等^[18]根据经验将患者分为脊髓漂移距离 $<3\text{mm}$ 与 $\geq 3\text{mm}$ 两组,证明了脊髓漂移距离 $<3\text{mm}$ 与 $\geq 3\text{mm}$ 存在明显差异,且漂移距离 $\geq 3\text{mm}$ 才可有效缓解压迫。本研究通过绘制脊髓漂移距离的 ROC 曲线,发现脊髓漂移距离为 2.625mm 为预测预后优良与非优良的临界值。所以当患者预后欠佳时,可通过患者的术后检查来测量其脊髓漂移距离,如其已超过 2.625mm 时,应积极寻找其他可能影响预后的因素,但其未超过 2.625mm 时,脊髓漂移距离可作为进一步诊疗的关键点,这为临床判断提供了一定的帮助,但值得关注的是脊髓漂移距离过大时可能产生 C5 神经根麻痹等术后并发症^[19],因此未来研究仍需进一步探究,以确定脊髓漂移距离的上限临界值。本研究中未发现发生相关并发症,这可能与术中扩大神经根管,避免了神经根的牵拉有关,所以本探讨了脊髓漂移距离安全有效的下限值,针对上限值的探索应需要更多患者资料,尤其是因脊髓漂移过度而产生相关并发症的患者资料来研究。

综上所述,本研究认为脊髓型颈椎病患者在选择后路减压内固定手术之前应充分考虑压迫节段内最大致压物直径,当其超过 4.950mm 时应更加慎重选择后路减压内固定手术方式,可尝试选择前路手术或前后联合手术方式来获取更好的预后。同时,可通过设计合理的手术方式,有效的减压范围,保持良好的颈椎曲度等方式来保证脊髓向后达到有效漂移距离的下限值($>2.625\text{mm}$)。本研究病例数量有限,未来还需多中心、大样本的临床研究以进一步证实脊髓漂移距离的下限值,探究脊髓漂移距离的上限值,进一步细化脊髓漂移距离有效范围,保障手术有效、患者安全。

4 参考文献

1. Chang V, Holly LT. Controversies in the management of cervical spondylotic myelopathy[J]. *J Neurosurg Sci*, 2013, 57(3): 241-252.
2. Fehlings MG, Arvin B. Surgical management of cervical degenerative disease: the evidence related to indications, impact, and outcome[J]. *J Neurosurg Spine*, 2009, 11(2): 97-100.
3. 唐勇, 贾治伟, 吴剑宏, 等. 脊髓型颈椎病预后相关因素的研究进展[J]. *中国骨伤*, 2016, 29(3): 216-219.
4. 朱继超, 刘晓光, 刘忠军, 等. 术前颈椎曲度与椎管扩大成形术后脊髓后移程度及疗效的相关性 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*,

2013, 23(7): 587-593.

5. Yukawa Y, Kato F, Yoshihara H, et al. MR T2 image classification in cervical compression myelopathy: predictor of surgical outcomes[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2007, 32(15): 1675-1678.
6. Torg JS, Pavlov H, Genuario SE, et al. Neurapraxia of the cervical spinal cord with transient quadriplegia [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1987, 69(5): 1354-1370.
7. 张静涛. 颈椎退变性疾病手术疗效影响因素的相关研究[D]. 河北医科大学, 2017.
8. 蒋振松, 张佐伦, 刘立成, 等. 脊髓型颈椎病患者颈椎 CT 测量及其临床意义[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2003, 13(4): 220-223.
9. Arvin B, Kalsi-Ryan S, Karpova A, et al. Postoperative magnetic resonance imaging can predict neurological recovery after surgery for cervical spondylotic myelopathy: a prospective study with blinded assessments[J]. *Neurosurgery*, 2011, 69(2): 362-368.
10. Matsumoto M, Toyama Y, Ishikawa M, et al. Increased signal intensity of the spinal cord on magnetic resonance images in cervical compressive myelopathy. Does it predict the outcome of conservative treatment?[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2000, 25(6): 677-682.
11. 颜虹, 徐勇勇. 医学统计学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2015. 228-233.
12. 覃静, 李小峰, 陈海涛, 等. 有效颈椎管率、颈椎管率对退行性腰椎侧凸症、脊髓型颈椎病的诊断价值 [J]. *广西医学*, 2017, 39(8): 1142-1145.
13. Nagata K, Kiyonaga K, Ohashi T, et al. Clinical value of magnetic resonance imaging for cervical myelopathy[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 1990, 15(11): 1088-1096.
14. 董宇飞. 脊髓型颈椎病轴位 MRI 脊髓形态学改变与临床症状及预后的相关性研究[D]. 宁夏医科大学, 2019.
15. Blackley HR, Plank LD, Robertson PA. Determining the sagittal dimensions of the canal of the cervical spine. The reliability of ratios of anatomical measurements [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 1999, 81(1): 110-112.
16. 董福龙, 申才良, 江曙, 等. 颈椎椎管容积的动态 CT 测量及其临床意义[J]. *中国矫形外科杂志*, 2008, 16(9): 682-686+701.
17. 党耕町, 刘忠军. 无症状颈椎退变性脊髓压迫—对一种亚临床状态的思考[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2009, 19(1): 5-7.
18. Sodeyama T, Goto S, Mochizuki M, et al. Effect of decompression enlargement laminoplasty for posterior shifting of the spinal cord[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 1999, 24(15): 1531-1532.
19. 胡勇, Todd J Albert. 颈椎术后并发第 5 颈神经根麻痹研究进展[J]. *中华外科杂志*, 2013, 51(9): 846-850.

(收稿日期:2018-09-03 末次修回日期:2019-03-31)

(英文编审 庄乾宇/谭 啸)

(本文编辑 姜雅浩)