

临床论著

经关节突环形减压术治疗胸椎后纵韧带骨化症的疗效及神经功能恶化危险因素分析

钟 军, 温冰涛, 陈仲强, 刘 鑫, 谭 磊, 杨 鹏

(北京大学国际医院骨科部 102206 北京市昌平区)

【摘要】 目的: 回顾性分析后路经关节突脊髓环形减压术治疗胸椎后纵韧带骨化症 (ossification of posterior longitudinal ligament, OPLL) 的临床疗效, 探讨导致术后短暂神经功能损害加重的相关危险因素。**方法:** 2015 年 8 月~2018 年 9 月, 共有 29 例胸椎 OPLL 患者在我院行后入路经关节突脊髓环形减压手术, 男 18 例, 女 11 例。年龄 27~80 岁 (52.8±14.6 岁); 20 例为孤立型, 5 例为连续型, 4 例为混合型 (孤立+连续)。所有患者环形减压均为 1 个节段, 平均椎板减压 3 个节段。随访 30.0±11.7 个月 (13~50 个月), 利用 JOA 评分 (11 分法) 分别评价患者术前及末次随访时的神经功能, 根据 Harabayashi 法计算神经功能改善率。根据术后是否出现即刻肌力减退将患者分为肌力减退组和无肌力减退组, 收集两组患者的年龄、性别比、体重指数 (BMI)、病程、术前 JOA 评分、OPLL 位置和类型、手术时间、术中出血量、术中平均动脉压和术前与术中平均动脉压差, 比较两组的差异, 将存在统计学差异的指标和文献中报道可能导致短暂神经功能损害加重的因素进行二元 Logistic 回归分析。**结果:** 29 例患者均完成手术, 手术时间 80~354min (170.7±74.1min), 出血量 150~3500ml (1097.9±788.7ml)。术后 6 例 (20.7%) 发生脑脊液漏, 6 例 (20.7%) 术后即刻出现肌力减退, 1 例肋间神经痛。术前 JOA 评分为 5.3±2.1 分 (2~10 分), 术后末次随访时为 8.9±1.6 分 (5~11 分), 有统计学差异 ($P<0.001$), 术后神经功能较术前明显改善, 神经功能改善率为 16.7%~100% [(64.2±21.4)%], 其中优 9 例, 良 16 例, 一般 3 例, 无变化 1 例, 优良率 86.2%, 末次随访无一例出现症状恶化情况。术后即刻肌力减退组与无肌力减退组比较术中出血量、术前与术中平均动脉压差有统计学差异 ($P<0.05$)。二分类 Logistic 回归分析显示术中平均动脉压降低是导致术后短暂神经功能损害加重的危险因素 (OR=1.27, $P=0.026$, 95%CI 1.01~1.57), 术中平均动脉压较术前每降低 1mmHg, 发生术后肌力减退的风险增加 27%。**结论:** 后入路经关节突脊髓环形减压术治疗胸椎 OPLL 可取得理想的临床疗效, 将术中平均动脉压维持在与术前一致的水平可有效降低术后短暂神经功能损害加重的风险。

【关键词】 后纵韧带骨化症; 胸椎; 经关节突截骨术; 环形减压术; 疗效

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2019.12.05

中图分类号: R681.5, R687.3 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2019)-12-1088-08

Transarticular osteotomy and circumferential decompression through a single posterior approach for ossification of thoracic posterior longitudinal ligament: outcomes and risk factors of transient postoperative neurologic deterioration/ZHONG Jun, WEN Bingtao, CHEN Zhongqiang, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2019, 29(12): 1088-1095

【Abstract】 Objectives: To retrospectively evaluate the clinical efficacy of posterior transarticular osteotomy and circumferential decompression for thoracic ossification of posterior longitudinal ligament (OPLL), and to explore the risk factors of transient postoperative neurologic deterioration. **Methods:** A total of 29 patients with thoracic OPLL underwent posterior transarticular osteotomy and circumferential decompression from August 2015 to September 2018, including 18 males and 11 females. The age ranged from 27 to 80 years old, with an average age of 52.8±14.6 years. 20 patients were beaked type OPLL, 5 patients were continuous type and 4 patients were mixed type. All patients underwent 1 level of circumferential decompression and an average of 3 level of laminectomy. The average follow-up time was 30.0±11.7 months (range 13-50 months). A modi-

第一作者简介: 男 (1986-), 博士研究生, 研究方向: 脊柱外科

电话: (010)69006282 E-mail: zhongjunpk@163.com

共同第一作者: 温冰涛 E-mail: wenbingtao@pku.edu.cn

通讯作者: 陈仲强 E-mail: puh3_czq@bjmu.edu.cn

fied Japanese Orthopedic Association (JOA) scale for thoracic spine was used to evaluate neurologic status at pre-operation and post-operation respectively, and final recovery rates were assessed according to Hirabayashi system. The patients were divided into 2 groups based on the absence or presence of transient postoperative paralysis. The following items were compared between two groups: age, sex, body mass index, the duration of disease (from first symptom to operation), the preoperative JOA score, location of the OPLL, type of the OPLL, operation time, the blood loss, mean arterial pressure, difference value of pre-operative and intraoperative mean arterial pressure. And then, items with statistical difference and risk factors reported in the previous literature that may lead to transient postoperative paralysis were selected for binary Logistic regression analysis.

Results: All patients underwent surgery. The average operation time was 170.7 ± 74.1 min (range 80–354 min). The mean blood loss was 1097.9 ± 788.7 ml (range 150–3500 ml). Surgical complications included dural tear in 6 patients (20.7%), intercostal neuralgia in 1 patient (3.4%), and transient postoperative neurologic deterioration in 6 patients (20.7%). The average JOA score was significantly improved from 5.3 ± 2.1 before surgery to 8.9 ± 1.6 at the final follow-up ($P < 0.001$). The mean recovery rate was $(64.2 \pm 21.4)\%$ (range 16.7%–100%), and excellent and good rate was 86.2%: 9 patients were excellent, 16 patients were good, 3 patients were fair and 1 patient was poor. None had suffered neurological deterioration at the final follow-up. The blood loss, the difference value of pre-operative and intraoperative mean arterial pressure were significantly different between two groups ($P < 0.05$). When included in a binary Logistic regression model, difference value of pre-operative and intraoperative mean arterial pressure was associated with the transient postoperative neurological deterioration (OR = 1.27, $P = 0.026$, 95% CI 1.01–1.57). For every 1 mmHg decrease compared with the preoperative mean arterial pressure, the risk of transient postoperative neurological deterioration increased by 27 percents. **Conclusions:** Posterior transarticular osteotomy and circumferential decompression seemed to be effective for the thoracic ossification of posterior longitudinal ligament. Maintaining intraoperative mean arterial pressure at a consistent preoperative level can significantly reduce the risk of transient postoperative neurologic deterioration.

[Key words] Ossification of the posterior longitudinal ligament; Thoracic; Transarticular osteotomy; Circumferential decompression; Outcome

[Author's address] Department of orthopedics, International Hospital of Peking University, Beijing, 102206, China

胸椎后纵韧带骨化(ossification of the posterior longitudinal ligament, OPLL)是多种因素导致的脊柱后纵韧带内异位骨化逐渐形成,最终产生韧带内骨结构^[1]。其发病率较低,约为 0.8%^[2],但是胸椎后凸的特点导致脊髓受压后后移受限;同时骨性压迫属于静态压迫,症状往往不能通过卧床休息、保守治疗等手段获得缓解,手术是治疗胸椎 OPLL 的唯一方法^[3]。后路经关节突脊髓环形减压术是通过经双侧关节突关节截骨后从后方极外侧入路切除脊髓腹侧致压物的手术方法,在治疗胸段或胸腰段椎间盘突出症中可以取得满意的手术疗效,优良率可达 87.5%,有效率为 100%^[4]。然而椎间盘为软性致压物,切除相对容易,对 OPLL 这类骨性致压物直接切除的难度较高。因此,经关节突脊髓环形减压在胸椎 OPLL 治疗中的疗效及安全性仍有待验证。我院自 2015 年开始采用后路经关节突脊髓环形减压术治疗胸椎 OPLL,现就该

组病例的临床疗效做一分析,探讨后路经关节突脊髓环形减压术治疗胸椎 OPLL 的安全性及有效性,分析导致术后短暂神经功能损害加重的相关危险因素。

1 资料与方法

1.1 病例纳入及排除标准

纳入标准:(1)由各种类型 OPLL 引起的胸椎管狭窄症,需要行手术治疗者;(2)手术方案为后路经关节突脊髓环形减压术。排除标准:(1)合并胸椎先天性或后天畸形患者,如先天性胸椎侧凸,强直性脊柱炎、脊柱结核继发的脊柱后凸;(2)合并胸椎感染性疾病;(3)原发性或转移性脊柱肿瘤;(4)既往有胸椎手术史;(5)随访资料不完整或随访时间较短(<1 年)患者。

1.2 一般资料

根据纳入和排除标准,2015 年 8 月~2018 年

9月,共 29 例患者纳入研究,其中男 18 例,女 11 例。年龄 27~80 岁(52.8 ± 14.6 岁);病程(出现临床症状到手术时间)1~36 个月(7.55 ± 7.33 个月)。所有患者均获得随访,随访时间 30.0 ± 11.7 个月(13~50 个月)。

统计患者的基本资料,包括性别、年龄、体重指数(BMI)、发病时间、术前 JOA 评分、OPLL 节段及范围。术前影像学资料,包括全脊柱 CT、胸椎 MRI 以及 X 线片。通过全脊柱 CT 分析骨化后纵韧带形态,分为孤立型、连续型(平坦型或者波浪型)以及混合型,同时判断是否合并其他类型的脊柱异位骨化,包括黄韧带骨化(ossification of ligamentum flavum,OLF)、前纵韧带骨化(ossification of the anterior longitudinal ligament,OALL)、颈椎 OPLL 以及项韧带骨化(ossification of nuchal ligament,ONL)。20 例(69.0%)为孤立型,5 例(17.2%)为连续型,4 例(13.8%)为混合型(孤立+连续)。7 例合并颈椎 OPLL,7 例合并胸椎 OLF,9 例合并 OALL,2 例合并 ONL。手术资料包括手术时间、出血量、椎板切除节段以及环形减压节段、术后并发症等。末次随访内容包括 X 线片评估内固定物情况,JOA 评分评估神经功能改善情况。

1.3 手术方法

(1)孤立型 OPLL 位于椎间隙水平,先行相邻节段的椎板减压及椎弓根螺钉置入,然后行经关节突后纵韧带骨化块切除。(2)对于多节段 OPLL,椎板切除减压的范围是对胸脊髓造成压迫的 OPLL 节段和 OLF 节段,并往头尾两端各延长一个节段以确保减压充分,然后选取在椎管狭窄最为严重或者靠近后凸顶点的 1~2 节段局限性切除 OPLL,同时通过螺钉加压,使截骨间隙接近闭合以实现“去后凸”。

具体手术过程:(1)置钉。采取先置入椎弓根钉,后切除椎板的手术顺序,最大限度地避免因操作失误器械突入椎管造成医源性脊髓损伤的可能。(2)切除椎管后壁。咬除减压节段的棘突,利用超声骨刀切透双侧椎板,采用揭盖法去除椎管的后壁,完成脊髓背侧减压。(3)切除关节突关节。在计划环形减压节段使用超声骨刀切除关节突关节,即可看到相应的神经根及 OPLL 的侧后方,整个操作过程注意保护肋间神经及节段动脉。(4)一侧椎间盘及 OPLL 切除。探查硬脊膜的粘连情况及 OPLL 位置和上下范围,先常规切除椎间盘侧

方部分,然后尽可能斜向内向前切除剩余椎间盘,但不要刺激脊髓,根据 OPLL 上下的范围视情况切除部分椎体后缘骨质甚至部分椎弓根,找到“安全三角区”,用超声骨刀以尽量水平的角度向硬膜囊腹侧中线靠拢,先将 OPLL 头尾两端的基底部磨薄,然后用骨刀将其切断。(5)切除对侧椎间盘及 OPLL。采用同样步骤完成对侧椎间盘的切除和对靠近中线的 OPLL 头尾基底部的切断。待两侧贯通以后将 OPLL 向前推向椎间隙,从侧后方取出 OPLL 块,完成脊髓腹侧的减压。(6)植骨、固定。将切除的骨块修剪成均匀的小颗粒后植入椎间隙,压实。中、上胸段椎间隙较小,无需置入 Cage,下胸段根据椎间隙的高度选择性置入 Cage。安放螺钉连接棒后加压纠正胸椎后凸,最后用螺母固定。

1.4 神经功能评价

利用 JOA 11 分评分法分别评价患者术前及末次随访时的神经功能,根据 Harabayashi 法计算神经功能改善率[改善率=(随访时的 JOA 评分-术前 JOA 评分)/(11-术前 JOA 评分)]。改善率 100%~75% 为优,74%~50% 为良,49%~25% 为好,24%~0 为无变化,<0 为加重。将改善率 $\geq 50\%$ 视为治疗效果较好。

1.5 术后短暂神经功能损害加重危险因素分析

根据是否存在术后即刻肌力减退将患者分为肌力减退组和无肌力减退组,收集两组患者的性别(男/女)、年龄、体重指数(body mass index,BMI)、病程(从出现临床症状到本次就诊的时间)、术前 JOA 评分、OPLL 位置(上胸椎/中胸椎/下胸椎)、OPLL 类型(孤立型/非孤立型)、手术时间、出血量、术中平均动脉压、术前/术中平均动脉压差。其中,术前平均动脉压通过入院后所测血压算出;术中平均动脉压则取整个手术过程(从切皮到缝合伤口)平均动脉压的平均值,为方便计算,每 5 分钟记录一次术中的平均动脉压。比较两组之间以上因素是否存在差异,分析可能导致术后短暂神经功能损害加重的危险因素。

1.6 统计分析

采用 SPSS 20.0(SPSS 公司,美国)统计软件进行统计学分析,计量资料(年龄、随访时间、BMI、病史时间、JOA 评分、手术时间、出血量)以平均值 $\pm$ 标准差表示。两组比较时对于连续变量采用独立样本 t 检验,分类变量采用 Fisher 精确

检验;分析肌力减退危险因素采用二分类 Logistic 回归分析;术前及随访时的 JOA 评分比较采用配对样本 t 检验。检验水平置信区间 95%。

2 结果

2.1 手术情况

所有患者均顺利完成手术,手术时间 80~354min (170.7 ± 74.1 min);出血量 150~3500ml (1097.9 ± 788.7 ml)。所有患者环形减压均为 1 个节段,椎板切除 2~5 个节段,平均椎板减压 3 个节段。环形减压部位位于上胸段 8 例,中胸段 3 例,下胸段 18 例。

2.2 术后并发症

6 例(20.1%)术后发生脑脊液漏,引流管拔除时间延后至术后 5~7d,均未出现手术切口感染、切口不愈合等并发症。术后 6 例(20.1%)出现短暂神经功能损害加重,其中 4 例为一过性肌力减退,术后 1 周内均逐渐恢复至术前水平,末次随访神经功能改善率均为良。另外 2 例于术后 6 个月恢复至术前水平,其中 1 例术前 JOA 评分 3 分,末次随访时 5 分,随访时间 23 个月,神经功能改善率 25%;另外 1 例术前 JOA 评分 5 分,末次随访时 6 分,随访时间 27 个月,神经功能改善率 16.7%。无切口感染、深静脉血栓、肺炎、泌尿系感染等并发症发生。

所有患者术后随访时复查胸椎 X 线片及胸椎 CT,未出现螺钉松动、断裂等情况,环形减压部位脊髓前方骨化块均完整切除(图 1)。

2.3 神经功能改善情况

术前 JOA 评分 5.3 ± 2.1 分(2~10 分);术后末次随访时 8.9 ± 1.6 分(5~11 分),差异有统计学意义($P < 0.001$),术后神经功能较术前明显改善,改善率为 $(64.2 \pm 21.4)\%$ (16.7%~100%),其中优 9 例,良 16 例,一般 3 例,无变化 1 例,优良率 86.2%。所有患者末次随访时神经功能均优于术前,无一例出神经功能恶化情况。

2.4 术后短暂神经功能损害加重危险因素分析

术后即刻肌力减退组和无肌力减退组的性别、年龄、BMI、发病时间、术前 JOA 评分、OPLL 位置、OPLL 类型、手术时间、出血量、术中平均动脉压、术前与术中平均动脉压差见表 1。两组术中出血、术前/术中平均动脉压差存在统计学差异($P < 0.05$),肌力减退组比无肌力减退组出血量更多,

术中平均动脉压下降更多,而其余因素均无统计学差异。

将上述 $P < 0.10$ 和文献报道的病程、术前 JOA 评分等可能导致术后短暂神经功能损害加重的危险因素^[5,6]纳入回归模型,运行统计软件时变量进入模型方法为“向前步进(条件)”,得到的 Logistic 模型具有统计学意义($\chi^2 = 12.687, P < 0.0005$),该模型能够正确分类 93.1%的研究对象,其中阳性预测值为 66.7%,阴性预测值为 100%。统计发现模型纳入的变量中术前/术中平均动脉压差具有统计学意义(OR 1.27, $P = 0.026$, 95%CI 1.01~1.57, 表 2),术中平均动脉压较术前每降低 1mmHg,发生短暂神经功能损害加重的风险增加 27%

3 讨论

胸椎特殊的解剖结构以及 OPLL 位于脊髓腹侧的特点使得手术入路的选择存在争议。前方入路虽然能直接切除 OPLL,达到直接减压效果,但存在创伤巨大、解剖结构复杂、手术难度高、术后并发症多等弊端。Min 等^[7]统计 19 例行前路手术的胸椎 OPLL 患者中,出现神经症状加重 2 例(10.5%),脑脊液漏 6 例(31.6%)。后方入路手术难度较低,并发症发生率相对前路低,但它属于间接减压,并不能直接切除 OPLL;胸椎后凸的生理结构也导致脊髓后移受限,对于严重的 OPLL,特别是“鸟嘴状”OPLL 单纯后方减压效果不佳。Matsumoto 等^[8]对比前路手术与后路手术的神经功能改善率,其中单纯后方减压改善率仅为 38.5%,经前方入路减压的改善率为 65.0%,前路术后神经功能改善情况明显优于后路手术。Ohtsuka 等^[9]最先报道单纯后入路环形减压治疗胸椎 OPLL,通过脊柱外科医生熟悉的后入路同时完成椎板和后纵韧带的切除,用单纯后入路实现前后路联合减压。理论上是一个非常合理的手术入路,既能避免前路手术相关并发症,又能达到直接减压的效果。但该术式技术要求较高,仅被少数脊柱外科医师掌握,文献报道的手术疗效差别较大,平均神经功能改善率为 49.5%~72.0%^[10-13]。

3.1 手术适应证

本研究采用单纯后路经关节突关节脊髓环形减压术治疗胸椎 OPLL,手术适应证包括:(1)位于椎间盘水平的孤立型 OPLL,合并或者不合并相同节段的 OLF;(2)对于连续型 OPLL,在椎管

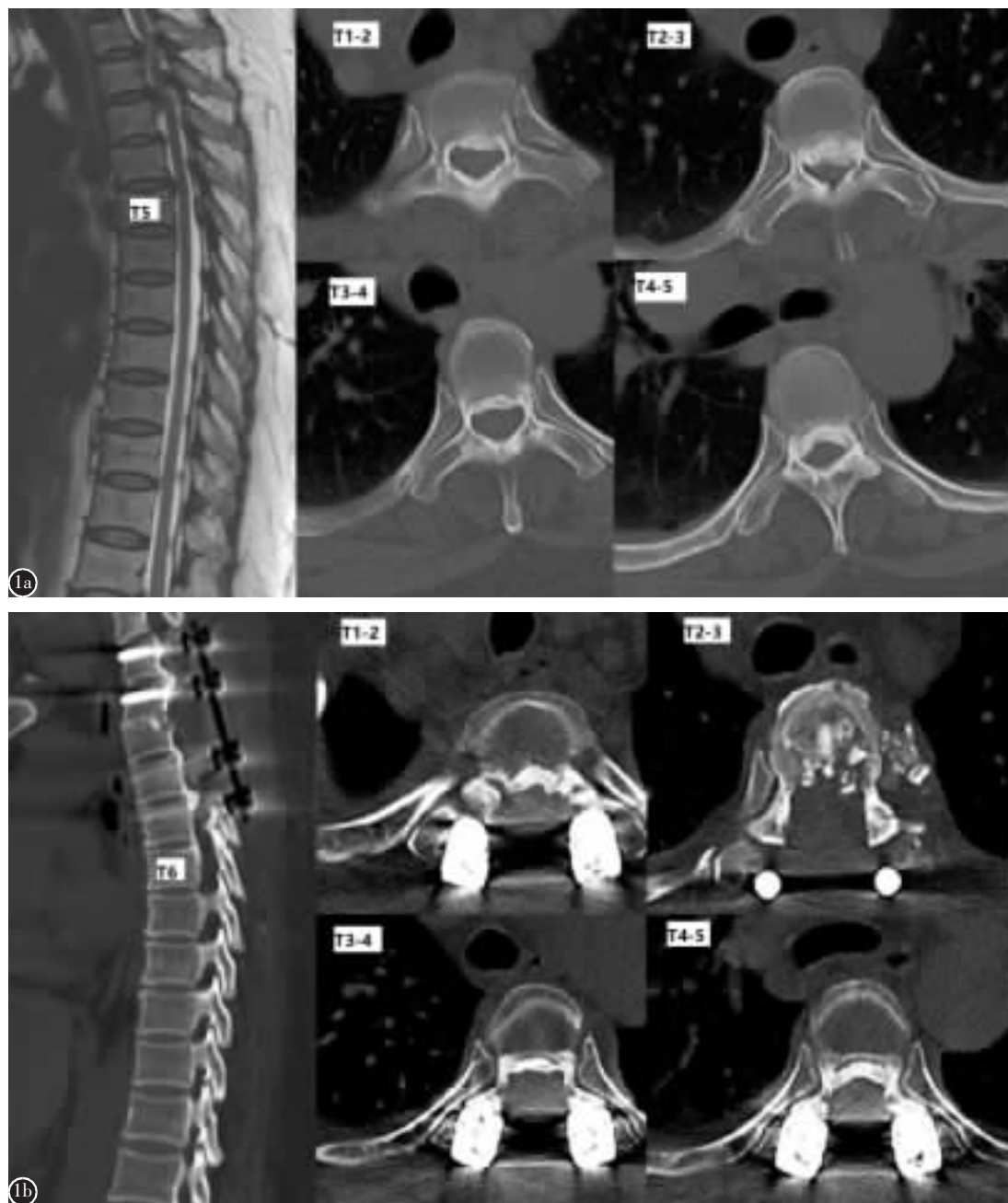


图 1 患者女,54 岁,双下肢行走不稳 7 年,加重 3 个月,术前 JOA 评分 4 分 a 术前 CT 及 MRI 可见 T1~T5 连续型 OPLL,以 T2-3 为重 b 行 T1~T5 后壁切除、T2-3 环形减压、椎弓根螺钉内固定术后 CT 示 T2-3 水平 OPLL 完整切除,其余部位 OPLL 保留。术后即刻患者下肢轻快感,末次随访 JOA 评分 8 分,神经功能改善率 57.1%

Figure 1 A 54 years old presented with gait disturbance for 7 years, with aggravation for 3 months. Pre-operative JOA score was 4 a MRI and CT scans showed continuous OPLL from T1 to T5 with the worst compression at T2-3 b The patient underwent T1-T5 laminectomy and T2-3 circumferential decompression. Post-op CT scans showed that OPLL was completely removed at T2-3 and retained in the rest regions. The symptoms were relieved immediately after the operation. The final follow-up JOA score was 8 and the recovery rate was 57.1%

狭窄最为严重或者靠近后凸顶点的 1~2 节段局限性切除 OPLL,同时通过螺钉加压,使截骨间隙接近闭合以实现“去后凸”。(3)除 OPLL 外,胸椎

间盘突出、椎间盘钙化、椎体后缘离断、椎体后缘骨赘等原因导致的胸椎管狭窄症均可采用经关节突脊髓环形减压术。

表 1 两组患者一般资料和手术资料比较

Table 1 Comparison of patient characteristics and surgical data between two groups

	肌力减退组 Paralysis +	无肌力减退组 Paralysis -	P 值 P value
年龄 Age	55.5±13.9	52.0±15.0	0.62
性别(男/女) Sex(male/female)	3/3	7/6	0.65
体重指数(kg/m ²) Body mass index, BMI	28.5±3.4	27.1±2.7	0.31
病程(月) Duration of disease (month)	6.3±3.7	7.9±8.0	0.66
术前 JOA 评分(分) Preoperative JOA score	4.7±1.9	5.5±2.2	0.42
OPLL 位置(例) Location of OPLL			0.28
上 Upper	3	3	
中 Middle	1	0	
下 Lower	2	10	
OPLL 类型 Type of OPLL			0.34
孤立型 Beaked	3	3	
非孤立型 No-beaked	3	10	
手术时间(min) Operative time	210.7±75.0	159.9±71.6	0.14
术中出血量(ml) Bleeding	1683.3±402.1	945.2±798.2	0.04
术中平均动脉压(mmHg) Mean arterial	67.6±8.0	75.9±9.6	0.06
术前/术中平均动脉压差 (mmHg) Difference value of mean arterial	35.1±10.6	18.5±10.1	0.002

注：性别、OPLL 位置、OPLL 类型为分类变量， $n < 40$ ，采用 Fisher 精确检验，其余变量为连续变量，检验方差齐性 P 值均大于 0.05，采用独立样本 t 检验

Note: Fisher's exact test was performed using categorical variable including sex, location and type of the OPLL, $n < 40$. And the others were continuous variable, and hence compared using independent-samples t test

表 2 术后短暂神经功能损害加重危险因素二分类 Logistic 回归分析

Table 2 Risk factors for transient postoperative neurologic deterioration identified by binary

	比值比 Odds ratio	95%置信区间 95%CI	P 值 P value
病程 Duration of disease	—	—	0.21
术前 JOA Preoperative JOA score	—	—	0.22
术中出血量 Bleeding	—	—	0.16
术中平均动脉压 Mean arterial	—	—	0.33
术前/术中平均动脉压差 Difference value of mean arterial	1.27	1.03–1.57	0.026

对于孤立型 OPLL，特别是“鸟嘴样”OPLL，脊髓腹侧压迫严重，单纯椎板切除后脊髓向后退让空间有限，手术效果不佳，需要行环形减压手术。Matsumoto 等^[8]报道单纯后路椎板切除减压神经功能改善率仅为 38.5%。本组病例中，有 13 例 (68.4%) 为孤立型 OPLL，均进行了环形减压手术，术后效果满意，优良率达 84.6% (11/13)。

对于连续型 OPLL，是否需要行环形减压以及环形减压范围，目前仍无定论。Ando 等^[14]通过“Ponte”截骨去后凸技术联合椎板切除治疗连续型 OPLL，神经功能改善率为 56%，后凸平均矫正角度为 14°，但该术式主要适合连续平坦型 OPLL。对于非平坦型 OPLL，单纯依靠去后凸及椎管后壁切除减压并不充分。Tokuhashi 等^[15]指出对于骨化后凸角 $> 23^\circ$ 的 OPLL，单纯椎管后壁切除效果不佳，建议行环形减压。环形减压并非节段越多越好，Takahata 等^[11]报道一期环形减压治疗连续型 OPLL，神经功能恶化比例高达 33%，其中环形减压节段数量越多，术后症状恶化风险越高。刘晓光等^[16]也报道了“涵洞塌陷法”360°胸椎脊髓环形减压术，指出其相对禁忌为连续超过 4 个节段段的胸椎 OPLL。因此需要在确保减压充分的基础上尽量减少环形减压节段，以降低神经损伤风险。有学者利用术中超声判断椎板切除后脊髓减压情况，仅对仍然存在腹侧压迫的节段进行环形减压，可以有效减少环形减压节段^[17]。我们采取局限性环形减压联合去后凸技术治疗连续型 OPLL，兼顾了“充分减压”与“安全性”。孙垂国等^[18]报道局限性环形减压联合去后凸技术治疗连续型 OPLL，症状缓解中位数为 85.7%，优良率为 89.7%，30 例患者仅 1 例出现术后持续性截瘫，证实了该术式的安全性及有效性。本组病例中仅有 6 例为连续型 OPLL 并使用了该术式，虽然末次随访结果均优于术前，且无患者出现持续性截瘫，但仍有待增加病例观察疗效。

3.2 经关节突关节脊髓环形减压技术要点

3.2.1 合理使用超声骨刀进行环形减压 超声骨刀在切除骨性结构中的安全性和高效性已被学界认同^[19]。其高能高频但低振幅的特性可以做到在切除骨化块时基本无振动，避免对脊髓的机械刺激；其“吃硬不吃软”的特点可以有效避免软组织损伤，特别是节段动脉以及硬膜损伤；此外，其还能有效减少骨面渗血，降低出血量。但在使用过程

中,仍需要注意一些细节:首先根据不同情境合理选择刀片,直刀片一般用于切除椎板和关节突,带角度的弯刀片可以用于切除靠近中线的后纵韧带骨化块,耙刀片则主要用于将骨块磨薄;其次,虽然超声骨刀可以避免软组织损伤,但仍然不宜切除过深,我们一般不会将椎板完全切透,而是保留内侧一层薄薄的骨皮质,然后利用骨刀将其撬断;最后,需要警惕超声骨刀使用过程中对脊髓神经的热损伤,选取合适的水流速,刀片不要在一处停留过久。

3.2.2 尽量避免脊髓刺激 脊髓不同于神经根,整个操作过程中严禁牵拉脊髓。骨性致压物的切除难度远高于软致压物(椎间盘突出),因此需要术者在熟练掌握胸椎间盘切除技术的基础上再逐渐开展 OPLL 切除手术。可先从下段胸椎手术开始,不断提高手术技术水平。手术的最大难点在于切除脊髓前方的骨化韧带,我们的经验包括:(1)在切除 OPLL 前,尽量扩大前方椎间隙,对于中上胸椎椎间隙比较狭窄的可楔形切除上下椎体部分椎体后缘,扩大 OPLL 前方空间,以方便后续操作;(2)在“安全三角区”(位于致压物头尾两端、被顶起的硬膜囊以及椎体后缘三者围成的一个潜在三角形区域)内操作切断 OPLL 的头尾两端,楔形切除上下椎体部分椎体后缘可有效扩大安全三角区范围;(3)如果 OPLL 体积过大,可用超声骨刀逐步将骨化块切薄、切断后分块压向椎间隙然后取出,需两侧多次轮流操作;(4)当硬膜囊与骨化块发生粘连时,采用“先易后难”原则,首先尽可能切除未发生粘连的骨化块,然后尝试用神经剥离子轻柔的分离硬膜囊,如分离困难或者发现硬膜囊钙化者,可切除部分粘连或者钙化的硬膜囊。

3.2.3 合理止血 止血是手术的另外一大难点,需要采用合适的方式应对不同的出血。环形减压过程中最易出血地方有两处,一是节段动脉出血,二是迂曲的静脉丛出血。对于节段动脉的出血或者硬膜囊侧方静脉丛的出血可以直接用双极电凝于出血点止血,止血过程中需要注意避免神经根损伤。而腹侧静脉丛的出血双极电凝无法直接止血,可先暂时用合适大小的脑棉片压迫止血,待腹侧致压物切除以后静脉丛压力降低,往往就不再出血,如仍有出血,可先用双极电凝对可见的出血点直接止血,然后将小块明胶海绵轻柔的推入安全三角区压迫止血。

3.3 术后并发症处理

术后脑脊液漏发生率仍然较高,本组病例共 6 例(20.7%)出现脑脊液漏。我们处理脑脊液漏的流程是:(1)所有脑脊液漏患者术后 24h 更换为常压引流,持续去枕侧卧位,对于出现头痛等低颅压症状患者则采取头低脚高体位以缓解患者症状。(2)积极补充水电解质,加强营养支持。(3)延长抗生素使用时间,预防感染。(4)根据引流液性质于术后 5~7d 酌情拔除引流管,同时于引流管口深缝 1~2 针。所有脑脊液漏患者均未出现感染及神经症状加重情况。

术中脊髓损伤是环形减压手术最棘手的问题,严重的脊髓损伤可能导致术后永久性的神经功能障碍,严重影响患者生活质量。Takahata 等^[11]报道 30 例环形减压手术病例,术后神经功能恶化率高达 33%。目前认为导致脊髓损伤的原因有术中直接损伤、缺血再灌注损伤、大出血、低血压等。本组病例术中未出现直接脊髓损伤,但仍有 6 例患者术后出现短暂神经功能损害加重,其中 2 例恢复时间长达半年。王凯等^[6]报道术前脊髓损伤程度(JOA 评分)与术后短暂神经功能加重相关;Ito 等^[9]则认为术前病史越短,越容易发生术后神经功能损害加重,本研究也将该 2 项因素纳入模型研究,未发现统计学差异。我们认为,相比于术前患者的状态,术中患者经历的情况更容易影响术后的神经功能,尤其是会影响到脊髓血供的因素,如出血、术中血压等。Jacobs 等^[20]通过家兔模型发现脊髓血管缺血再灌注后出现继发性充血可加重血管性水肿,血脑屏障破坏进而加重脊髓损伤。Wang 等^[21]认为术中出血超过 800ml 和术中平均动脉压低于 80mmHg 是导致术后神经功能恶化的危险因素。

本研究发现术中平均动脉压降低是导致术后短暂神经功能损害加重的危险因素,术中平均动脉压较术前每降低 1mmHg,发生术后肌力减退的风险增加 27%。因此,术中脊髓的低灌注是导致术后脊髓功能恶化的重要原因,这与 Wang 等^[21]的研究类似。略有不同的是,Wang 等的研究中使用术中平均动脉压的绝对值来反映灌注水平,但我们认为由于个体之间基础血压相差较大,用术前与术中的平均动脉压差值更能反映术中脊髓灌注情况。因此,在胸椎手术中为保证术中脊髓灌注充分,应避免全麻过程中采用控制性低血压,将平

均动脉压维持着和术前一致的水平,以降低术后出现脊髓功能恶化的风险。

综上所述,后入路经关节突脊髓环形减压术治疗胸椎 OPLL 可以取得理想的临床疗效。维持术中平均动脉压和术前一致的水平可有效降低脊髓损伤的风险。但因胸椎 OPLL 本身发生率较低,需要做环形减压的只是其中一部分病例,因此本研究入组病例较少,需要后期扩大样本量;另外,随访时间较短,虽然神经功能的恢复在 2 年左右会到达一个平台期,平均随访 30 个月的数据已经足够反映手术疗效,但对于 OPLL 的进展、邻近节段退变等问题,则需要长期随访数据;第三,本研究为回顾性病例研究,无对照组,证据等级有限。

4 参考文献

1. 王怀云, 何海龙, 叶晓健. 后纵韧带骨化发生机制研究进展[J]. 中国矫形外科杂志, 2008, 16(15): 1164-1167.
2. Matsumoto M, Chiba K, Toyama Y, et al. Surgical results and related factors for ossification of posterior longitudinal ligament of the thoracic spine: a multi-institutional retrospective study [J]. Spine(Phila Pa 1976), 2008, 33(9): 1034-1041.
3. McLendon JJ, Sugrue PA, Ganju A, et al. Management of ossification of the posterior longitudinal ligament of the thoracic spine[J]. Neurosurg Focus, 2011, 30(3): E16.
4. 齐强, 陈仲强, 杜敬曾, 等. 经后方极外侧入路治疗胸椎及胸腰段椎间盘突出症[J]. 中华骨科杂志, 2010, 30(11): 1063-1067.
5. Ito Z, Matsuyama Y, Ando M, et al. Postoperative paralysis from thoracic ossification of posterior longitudinal ligament surgery risk factor of neurologic injury[J]. Spine, 2018, 43(17): 1231-1237.
6. 王凯, 刘晓光, 祝斌, 等. “涵洞塌陷法”360°胸脊髓环形减压术后短暂脊髓功能损伤加重的相关危险因素分析及预后 [J]. 中国矫形外科杂志, 2014, 22(22): 2028-2033.
7. Min JH, Jang JS, Lee SH, et al. Clinical results of ossification of the posterior longitudinal ligament (OPLL) of the thoracic spine treated by anterior decompression [J]. J Spinal Disord Tech, 2008, 21(2): 116-119.
8. Matsumoto M, Toyama Y, Chikuda H, et al. Outcomes of fusion surgery for ossification of the posterior longitudinal ligament of the thoracic spine: a multicenter retrospective survey: clinical article[J]. J Neurosurg Spine, 2011, 15(4): 380-385.
9. Ohtsuka K, Nakai S, Tsuchiya T, et al. A surgical procedure for the anterior decompression of the spinal cord through the posterior approach[J]. Orthop Surg Traumatol 1983, 36: 1083-1090.
10. Ma X, An HS, Zhang Y, et al. A radical procedure of circumferential spinal cord decompression through a modified posterior approach for thoracic myelopathy caused by severely impinging anterior ossification[J]. Spine J, 2014, 14(4): 651-658.
11. Takahata M, Ito M, Abumi K, et al. Clinical results and complications of circumferential spinal cord decompression through a single posterior approach for thoracic myelopathy caused by ossification of posterior longitudinal ligament [J]. Spine(Phila Pa 1976), 2008, 33(11): 1199-1208.
12. Hu P, Yu M, Liu X, et al. A circumferential decompression-based surgical strategy for multilevel ossification of thoracic posterior longitudinal ligament[J]. Spine J, 2015, 15(12): 2484-2492.
13. Xu Z, Hu Y, Sun C, et al. Treatment for thoracic ossification of posterior longitudinal ligament with posterior circumferential decompression[J]. Orthop Surg, 2017, 9(2): 206-214.
14. Ando K, Imagama S, Ito Z, et al. Ponte osteotomy during dekyphosis for indirect posterior decompression with ossification of the posterior longitudinal ligament of the thoracic spine[J]. Clin Spine Surg 2017, 30(4): E358-E362.
15. Tokuhashi Y, Matsuzaki H, Oda H, et al. Effectiveness of posterior decompression for patients with ossification of the posterior longitudinal ligament in the thoracic spine: usefulness of the ossification-kypnosis angle on MRI [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2006, 31(1): E26-E30.
16. 刘晓光, 刘忠军, 陈仲强, 等. “涵洞塌陷法”360°脊髓环形减压术治疗胸椎管狭窄症[J]. 中华骨科杂志, 2010, 30(11): 1059-1062.
17. Wang YQ, Liu XG, Jiang L, et al. Intraoperative ultrasonography in "cave-in" 360 degrees circumferential decompression for thoracic spinal stenosis[J]. Chin Med J(Engl), 2011, 124(23): 3879-3885.
18. 孙垂国, 陈仲强, 李危石, 等. 后路椎管后壁切除、局限性后纵韧带骨化块切除联合去后凸治疗胸椎多节段后纵韧带骨化症[J]. 中华外科杂志, 2019, 39(4): 193-200.
19. 王岩, 陈仲强, 孙垂国. 超声骨刀在胸椎管狭窄症手术中应用的有效性 & 安全性[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2015, 25(6): 518-523.
20. Jacobs TP, Kempinski O, McKinley D, et al. Blood flow and vascular permeability during motor dysfunction in a rabbit model of spinal cord ischemia[J]. Stroke, 1992, 23(3): 367-373.
21. Wang H, Ma L, Xue R, et al. The incidence and risk factors of postoperative neurological deterioration after posterior decompression with or without instrumented fusion for thoracic myelopathy[J]. Medicine, 2016, 95(49): e5519.

(收稿日期: 2019-07-26 末次修回日期: 2019-11-13)

(英文编审 唐翔宇/谭 啸)

(本文编辑 卢庆霞)