

· 论著 Original article ·

超声骨刀辅助椎管后壁整块切除治疗胸椎黄韧带骨化症的临床疗效观察

张斌 胡源 孔清泉 冯品 马骏松 刘俊麟

DOI: 10.3969/j.issn.2095-252X.2022.10.007 中图分类号: R681.5

基金项目: 西藏自治区自然科学基金项目 (XZ202101ZR0047G)

作者单位: 610041 成都, 四川大学华西医院西藏成办分院骨科 (张斌、胡源、冯品、马骏松、刘俊麟);

610041 成都, 四川大学华西医院骨科 (孔清泉)

通讯作者: 孔清泉, Email: kongspine@126.com

【摘要】 目的 探讨超声骨刀在胸椎黄韧带骨化症 (thoracic ligamentum flavum ossification, TLFO) 减压手术中应用的有效性与安全性。**方法** 回顾性分析 2017 年 9 月至 2020 年 12 月, 确诊为 TLFO 并应用超声骨刀辅助椎管后壁切除减压术的患者 16 例, 其中男 11 例, 女 5 例; 年龄 38~79 岁, 平均 (56.3 ± 9.1) 岁, 共计切除 35 个节段。记录椎板切除时间、出血量、神经根和脊髓损伤、硬膜损伤和脑脊液漏发生率, 随访评估患者症状改善情况。**结果** 16 例每个节段胸椎管后壁切除的时间为 2.1~7.1 min, 平均 (4.67 ± 1.52) min, 平均术中出血量为 (258.13 ± 179.41) ml。均无伤口感染、神经根及脊髓损伤、硬膜外血肿发生, 1 例脑脊液漏、保守治疗后好转。所有患者均获得随访, 平均随访时间为 (15.4 ± 5.9) 个月。疼痛视觉模拟评分 (visual analogue scale, VAS) 由术前 7.69 ± 1.20 降至末次随访的 2.81 ± 1.17, Oswestry 功能障碍指数 (oswestry disability index, ODI) 由术前 77.94 ± 7.77 降至末次随访的 18.68 ± 4.18, 术中和末次随访的日本骨科协会 (Japanese Orthopaedic Association, JOA) 评分分别为 5.56 ± 1.03 及 9.25 ± 1.13, 差异均有统计学意义 ($P < 0.001$)。根据 MacNab 功能评定, 优 11 例, 良 3 例, 可 2 例。**结论** 应用超声骨刀辅助椎管后壁整块切除治疗 TLFO 手术时间短、并发症发生率低, 临床效果满意。

【关键词】 椎管狭窄症; 胸椎黄韧带骨化; 减压手术; 超声骨刀

Clinical effect of ultrasonic bone curette assisted en bloc resection of the posterior wall of the spinal canal in the treatment of thoracic ligamentum flavum ossification ZHANG Bin, HU Yuan, KONG Qing-quan, FENG Pin, MA Jun-song, LIU Jun-ling. Department of Orthopedics, Hospital of Chengdu Office of People's Government of Tibetan Autonomous Region, Chengdu, Sichuan, 610041, China

Corresponding author: KONG Qing-quan, Email: kongspine@126.com

【Abstract】 Objective To investigate the effect and safety of ultrasonic bone curette in the decompression of thoracic ligamentum flavum ossification (TLFO). **Methods** From September 2017 to December 2020, 16 TLFO patients were treated with ultrasonic bone curette assisted en bloc resection and decompression, including 11 males and 5 females; the age ranged from 38 to 79 years, with an average of (56.3 ± 9.1) years; 35 TLFO segments were removed. The time of laminectomy, blood loss, nerve root and spinal cord injury, dural tear, and incidence of cerebrospinal fluid leakage were recorded; postoperative pain and function of the patients were evaluated. **Results** The time for resection of the posterior wall of each segment of the thoracic spinal canal was (2.1 to 7.1) min, with an average of (4.67 ± 1.52) min; the average intraoperative blood loss was (258.13 ± 179.41) ml. There was no wound infection, nerve root damage, spinal cord injury, or epidural hematoma. One case of cerebrospinal fluid leakage was recorded, who improved after conservative treatment. No patient was lost to follow-up, and the mean followed up was (15.4 ± 5.9) months. The visual analogue scale (VAS) decreased from preoperative (7.69 ± 1.20) to (2.81 ± 1.17) at the last follow-up; the Oswestry disability index (ODI) decreased from (77.94 ± 7.77) preoperatively to (18.68 ± 4.18) at the last follow-up; the Japanese Orthopaedic Association (JOA) scores of preoperative and final follow-up were (5.56 ± 1.03) and (9.25 ± 1.13), respectively; all these differences were statistically significant ($P < 0.001$). According to the MacNab function assessment, 11 cases were excellent, 3 cases were good, and 2 cases were

fair. **Conclusions** Ultrasonic bone curette assisted posterior wall resection has the advantages of shorter operation time and lower complication rate in the treatment of TLFO, which achieves satisfactory clinical effect.

【Key words】 Spinal stenosis; Thoracic ligamentum flavum ossification; Decompression surgery; Ultrasonic bone curette

胸椎黄韧带骨化症 (thoracic ligamentum flavum ossification, TLFO) 是引起胸椎管狭窄的常见原因, 严重可致脊髓压迫, 引起下肢感觉、肌力异常及大小便功能障碍, 甚至导致截瘫^[1-3]。对于有明显症状的 TOLF 患者, 切除骨化病灶及后方椎板、解除脊髓压迫是目前主要的治疗手段。然而, 传统减压手术方式有较高的脊髓损伤风险^[4-7], 如何在减压的同时减少对脊髓的干扰是该手术的重点。超声骨刀作为一种新型骨组织切割工具, 具有切骨效率高、操作简单, 尤其有较高的组织选择性的优点, 在脊髓减压手术中具有独特的优势。2017 年 9 月至 2020 年 12 月, 笔者团队采用超声骨刀辅助椎板整块切除减压治疗 TOLF, 取得了满意疗效, 现报道如下。

资料与方法

一、纳入标准与排除标准

1. 纳入标准: (1) 经 CT、MRI 以及 X 线检查确诊为 TOLF 者; (2) 存在下肢无力、麻木以及行走不稳等脊髓受压表现者; (3) 保守治疗无效, 行超声骨刀辅助下后路减压内固定手术治疗者。

2. 排除标准: (1) 合并胸椎肿瘤、结核等疾病者; (2) 合并手术节段外伤史或药物治疗史者; (3) 病历资料缺失者。

二、一般资料

本组共纳入 16 例, 其中男 11 例, 女 5 例; 年龄 38~79 岁, 平均 (56.3±9.1) 岁。病程 3~120 个月, 平均 (18.50±28.98) 个月。所有患者均有不同程度的下肢麻木、无力、行走不稳症状, 且均呈进行性加重。其中 8 例伴胸腹部束带感及踩棉花感, 4 例伴鞍区感觉减退、大小便费力。

三、术前准备

所有患者均行详细的术前规划, 通过 CT、MRI 明确减压节段及固定范围, 测量并记录每个节段椎板及骨化黄韧带厚度, 椎弓根螺钉直径及长度。所有患者均在全身麻醉、俯卧位下实施手术, 胸部及双侧髂前垫软枕, 使腹部悬空以减小腹压。C 型臂 X 线机定位手术节段并标记。术中应用神经电生理监测仪监测脊髓功能, 减压前静脉使用 1 g 甲强龙

冲击。

四、手术过程

沿棘突中线行后正中皮肤切口, 逐层切开皮肤及皮下组织, 常规显露棘突、双侧椎板及关节突, 按术前计划置入椎弓根螺钉。以病变节段上位椎体的椎板下部定位减压区上界, 以下位椎体的椎板上部定位减压区下界, 两侧以关节突关节中线为左右界, 确定矩形减压区。应用超声骨刀 (XD860A, 江苏水木天蓬科技有限公司) 沿减压区边界逐步切割骨质, 参照术前测量椎板及骨化病变深度, 大部分切透骨质全层后, 将宽度为 6 mm 的骨刀插入切割线内, 小幅度旋转、撬拨骨刀手柄, 使减压区椎板后壁与周围骨质分离。如听到弹响, 提示该节段已完全离断; 如旋转、撬拨骨刀手柄时感觉阻力明显, 则继续用超声骨刀向深部切割, 直至旋转骨刀手柄使之完全离断。依次操作直到减压区椎管后壁均与周围骨质完全离断。用巾钳分别夹持头尾端棘突根部, 向上轻轻揭起减压区骨质, 同时应用神经剥离器分离硬膜与椎管后壁之间的粘连。若骨化的黄韧带与硬膜粘连紧密不能分离或硬脊膜骨化, 用小尖刀将骨化的硬膜一并切除, 切除后的硬膜缺损使用人工硬脊膜修复。将减压区椎管后壁骨质连同骨化的黄韧带整块取出。探查确认脊髓无受压后, 彻底止血, 硬膜表面用吸收性明胶海绵覆盖。连接椎弓根螺钉钛棒及横联, 用减压骨质行后外侧植骨。于切口内留置引流管, 逐层缝合切口。

五、术后处理

术后观察引流量及下肢活动情况, 防止切口内血肿形成及脊髓压迫。24 h 内引流量 < 50 ml 时拔除引流管。出现脑脊液漏者给予床尾抬高, 待引流液颜色清亮后间断夹闭引流管, 术后第 3~5 天拔除引流管, 引流管口处缝合并加压包扎。拔管后复查 X 线及 CT 评估减压情况, 佩戴胸腰支具下床活动。

六、观察指标及疗效评价

记录术中椎管减压时间、术中出血量, 观察硬膜破裂、神经根及脊髓损伤风险等并发症。分别于术前、术后 1 周及末次随访, 观察临床症状、神经功能改善情况及术后并发症情况。疼痛视觉模拟评分 (visual analogue scale, VAS) 用于疼痛评估。采

用日本骨科协会 (Japanese Orthopaedic Association, JOA) 评分 11 分法^[8]评价患者神经功能状态, 包括下肢运动功能 4 分, 下肢感觉功能 2 分, 躯干感觉功能 2 分及膀胱括约肌功能 3 分。JOA 评分改善率 (%) = (术后 JOA 评分 - 术前 JOA 评分) / (11 - 术前 JOA 评分) × 100%。Oswestry 功能障碍指数 (oswestry disability index, ODI) 和改良的 MacNab 标准用于评估临床效果。

七、统计学处理

采用 SPSS 24.0 软件对数据进行统计学分析, 所有计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示, 组内比较采用重复测量方差分析, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

本组病例累及单节段 6 例 (37.5%), 双节段 4 例 (25%), 3 节段 5 例 (31.25%), 4 节段 1 例 (6.25%)。16 例平均每个节段胸椎管后壁切除的时间 2.1 ~ 7.1 min 为 (4.67 ± 1.52) min, 术中出血量为 (258.13 ± 179.41) ml。所有手术均顺利完成, 患者随访 4 ~ 30 个月, 平均 (15.4 ± 5.9) 个月。

末次随访时 VAS 评分、ODI 评分、JOA 评分较术前均有明显改善, 差异有统计学意义 ($P < 0.001$) (表 1)。术后末次随访 MacNab 优良率: 优 12 例, 良 3 例, 可 1 例, 优良率为 93.75%。1 例出现术后脑脊液漏, 给予床尾抬高, 待引流液颜色清亮后间断夹闭引流管, 术后第 3 天拔除引流管, 伤口均愈合良好。所有患者术中均无神经根及脊髓损伤, 术后未出现神经症状加重、血肿压迫情况。术后随访 X 线片显示内固定位置良好, CT 显示骨化的黄韧带切除彻底, 无后方受压, 脊髓减压充分。随访期间未发现内固定松动、脊柱后凸等并发症发生。典型病例影像学资料见图 1。

表 1 本组术前及术后下肢疼痛 VAS 评分、ODI 评分、JOA 评分比较 ($\bar{x} \pm s$, $n = 16$)

Tab.1 Comparison of VAS, ODI and JOA preoperatively and postoperatively ($\bar{x} \pm s$, $n = 16$)

项目	术前	术后 1 周	末次随访	P_1	P_2	P_3
VAS 评分	7.69 ± 1.20	3.88 ± 1.36	2.81 ± 1.17	0.000	0.000	0.020
ODI 评分	77.94 ± 7.77	57.50 ± 8.97	18.67 ± 4.18	0.000	0.000	0.000
JOA 评分	5.56 ± 1.03	7.75 ± 1.18	9.25 ± 1.13	0.000	0.000	0.003
JOA 改善率	-	39.82%	68.51%	-	-	-

注: P_1 : 术前与术后 1 周比较; P_2 : 术前与末次随访比较; P_3 : 术后 1 周与末次随访对比

Notice: P_1 : Comparison between the data preoperatively and 1 week after operation; P_2 : Comparison between the data preoperatively and at the last follow-up; P_3 : Comparison between the data 1 week after operation and at the last follow-up

讨 论

手术治疗 TLFO 的主要目的是切除骨化病灶、解除脊髓压迫、为神经恢复提供机会^[9-11]。对于骨化黄韧带切除减压有多种手术方式, 主要分为骨化病变整块切除与分块切除两类^[7,12-13]。分块切除需要在脊髓后方操作逐步切除减压, 而整块切除主要在脊髓两侧操作、较分块切除能降低手术器械对脊髓的机械压迫及损伤。目前椎管后壁整块切除是治疗 TLFO 的常用手术方式^[12-14]。有别于椎间盘突出软性压迫, 骨化黄韧带坚硬、没有移动空间, 对于重度黄韧带骨化, 由于致压物与脊髓硬膜囊之间粘连紧密, 常没有任何缓冲空间, 为避免术中脊髓损伤, 减压过程中不允许任何手术器械侵入骨化块与脊髓之间, 也不允许剧烈的震动。所以, 常规的减压工具如椎板咬骨钳、尖嘴咬骨钳等都不能单独完成该手术, 电动磨钻是目前公认的开展该手术的必备工具。电动磨钻通过高速旋转进行骨切割, 而磨头高速旋转产生的高温可能导致周围组织热损伤, 同时存在手柄不易把持、容易卷刮周围软组织风险, 造成脊髓损伤的风险高。超声骨刀是一种新型的骨组织切割工具, 刀头以适当的超声频率振动, 通过超声的机械碎裂效应及空化效应发挥骨切割作用。近来已有应用超声骨刀开展颈椎单开门、颈前路椎间盘切除、腰椎椎间孔减压等常规手术的报道^[15-17]。

超声骨刀通过压电式转换器将电信号转化为机械振动, 使刀头以高频率及低振幅进行振动。由于组织密度及弹性的不同, 超声骨刀产生的能量绝大部分被坚硬的骨组织吸收, 通过机械碎裂效应及空化效应发挥切骨作用。而在相同的频率及振幅下, 神经根、硬膜及脊髓等软组织与超声刀头弹性接触, 降低了对软组织的直接损伤^[15-16]。

脊髓损伤是 TLFO 减压手术中最严重的并发症^[18]。Young 等^[19]通过文献复习报告该类手术脊髓损伤的发生率高达 14.5%。胸椎管狭窄全椎板减压术后引起脊髓损伤的原因包括术中脊髓挤压及牵张损伤、脊髓水肿、脊髓血运改变如再灌注损伤、术后血肿压迫等。研究表明, 椎管内任何手术器械操作均有可能引起不可逆转的脊髓损伤, 尤其对于严重的椎管狭窄以及黄韧带骨化重度压迫脊髓的患者^[1,6]。由于椎板整块切除时不易准确判断骨化病灶的深度及受压硬膜囊的位置, 同时容易因骨刀切割或减压工具的挤压导致脊髓损伤的发生^[14,20]。部分

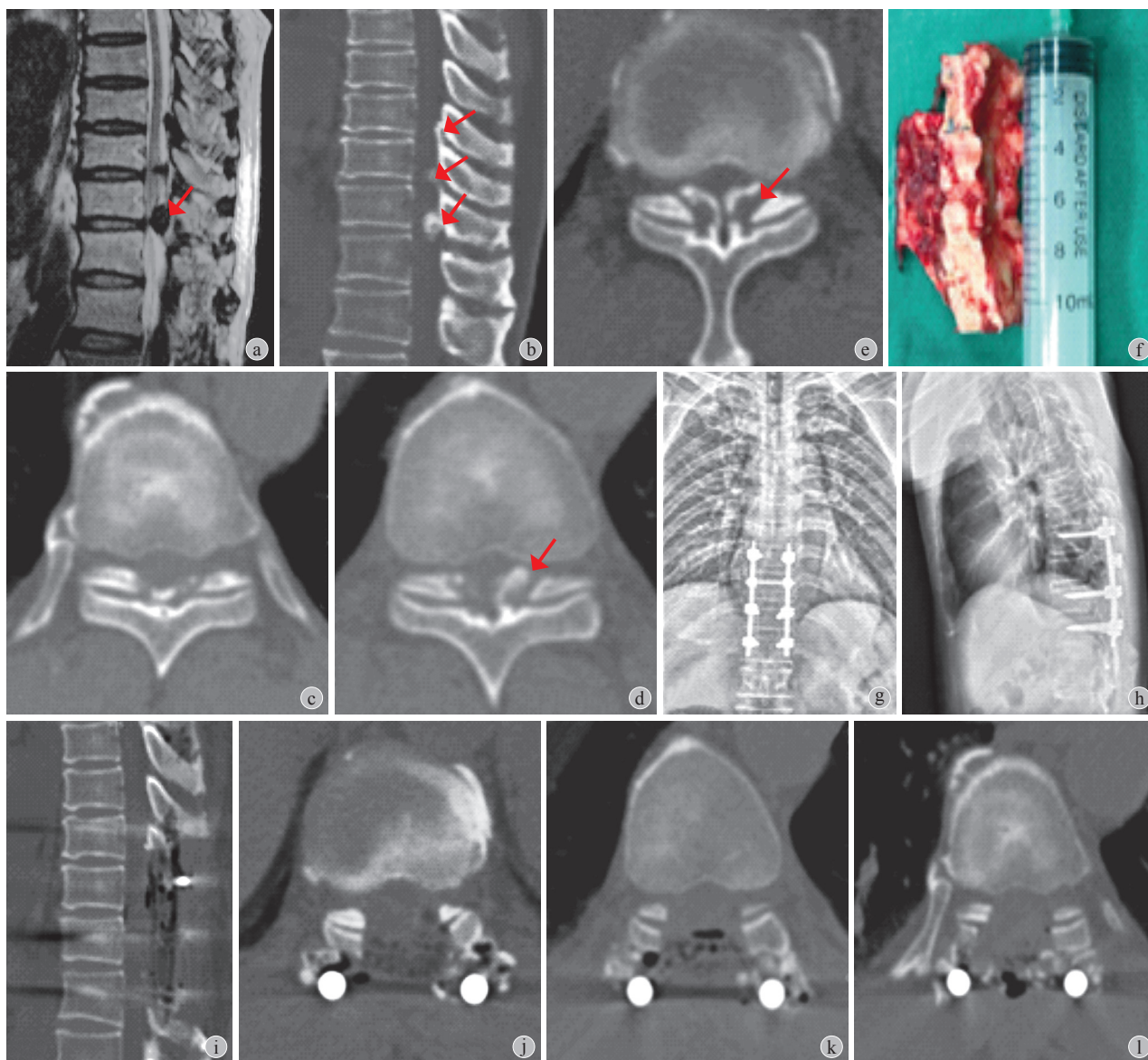


图 1 患者,男,67 岁 a: 术前 MRI 显示 T₉₋₁₂ TLFO, 其中 T₁₁₋₁₂ 脊髓明显受压; b: 术前 CT 矢状面重建提示 T₉₋₁₂ TLFO; c~e: 术前 CT 横断面显示 T₉₋₁₀、T₁₀₋₁₁、T₁₁₋₁₂ TLFO; f: 超声骨刀整块切除的椎管后壁; g~h: 术后正侧位 X 线片提示胸椎内固定位置良好; i: 术后 CT 矢状面重建 T₉₋₁₂ 椎管减压充分; j~l: 术后 CT 横断位显示 T₉₋₁₀、T₁₀₋₁₁、T₁₁₋₁₂ 节段减压充分, 关节突保留一半

Fig.1 A 67-year-old male a: Preoperative MRI showed T₉₋₁₂ ossification of ligamentum flavum (OLF), and the T₁₁₋₁₂ spinal cord was significantly compressed; b: Preoperative CT sagittal reconstruction suggested T₉₋₁₂ OLF; c - e: Preoperative cross-section CT showed OLF at T₉₋₁₀, T₁₀₋₁₁, and T₁₁₋₁₂; f: The posterior wall of the spinal canal was removed by ultrasonic bone curette; g - h: Positive and lateral X-rays suggested a good position for internal fixation; i: Postoperative CT sagittal reconstruction showed that the T₉₋₁₂ spinal canal was adequately decompressed; j - l: Postoperative cross-section CT showed sufficient decompression in T₉₋₁₀, T₁₀₋₁₁, and T₁₁₋₁₂ segments, and half of the articular facet was preserved

研究还报道神经根损伤病例, 考虑骨化块显著增厚压迫神经根, 致神经根没有缓冲空间, 超声骨刀的切割神经根引起。在本组病例中没有出现脊髓及神经根损伤, 笔者根据术前规划, 详细记录每个节段骨化病灶厚度, 术中注意控制超声骨刀深度, 不完全切断骨化块、让椎板略有微动, 然后使用窄骨刀逐步撬拨将椎管后壁离断, 避免了超声骨刀对神经根及脊髓、硬膜囊的直接损伤。同时, 笔者采用先置钉再减压的手术方式, 能避免切除椎管后壁后再

置钉可能发生手术器械或螺钉滑入椎管直接损伤脊髓的风险。对于肥厚型骨化病变常发生硬膜粘连, 脊髓常被两侧骨化结节所“钳夹”, 全椎板切除术时容易因椎板提拉引起硬膜撕裂和脊髓张力性损伤^[21-23]。在手术技巧方面, 揭盖时在撬拔出间隙后, 用巾钳分别夹持头尾端棘突根部, 向上轻轻掀起减压区骨质, 用神经剥离器轻柔松解硬膜囊与骨化黄韧带粘连, 避免直接暴力撬拨揭盖引起脊髓牵张性损伤。本研究中 16 例均未发生脊髓损伤, 说明

超声骨刀辅助椎板后壁整块切除减压的操作对脊髓是安全的。手术中防止震动、严禁在椎管内对椎板或骨化的黄韧带采用蚕食的切除方法、杜绝对脊髓的牵拉和器械的误伤、避免术中长时间的低血压等都可以有效地防止脊髓神经损伤。

TLFO 减压手术中最常见的并发症是硬膜损伤与脑脊液漏^[24-25]，主要原因是硬脊膜与骨化病灶之间的紧密粘连，部分病例甚至出现硬脊膜骨化^[26]，同时也与术中器械损伤有关。本组病例术中均无硬膜囊损伤发生，仅 1 例 (6.25%) 出现术后脑脊液漏，考虑为隐匿性脑脊液漏，与其它文献报道相似。研究表明，在脊柱减压手术中，与磨钻对比超声骨刀可降低硬膜损伤的发生率^[14,27]。主要考虑与超声骨刀对组织的高选择性，对硬脊膜无卷刮、切割，同时手术技巧方面，揭盖时用神经剥离器轻柔松解硬膜囊与骨化黄韧带粘连，避免直接暴力撬拨揭盖引起硬膜囊撕裂。

在诊断 TLFO 疾病时，MRI 可以鉴别跳跃性病变和评估脊髓受压程度，并能有助于预后判断^[28]，但 MRI 不能区分单纯黄韧带肥厚和骨化。三维 CT 重建可以清晰地显示出骨化的形态、位置以及与毗邻结构的关系。术前详细记录每个节段骨化病灶厚度、范围，协助手术减压范围的设计，指导术中器械深度的控制。因此，诊断胸椎韧带骨化症的最佳影像学方法是 MRI 结合三维 CT。在 TLFO 手术中，后路椎板切除术破坏了脊柱后柱的稳定结构，可导致脊柱不稳以及后凸畸形加重，从而可能进一步引起迟发性脊髓损伤或顽固性胸痛。研究表明术后胸椎后凸畸形加重是影响手术疗效的重要原因之一^[29-30]。为了减少此类并发症，并可能通过减小局部的张力而防止黄韧带骨化症的复发或硬脊膜囊的骨化^[31]。本组患者均采用椎弓根钉固定及后外侧植骨融合，从而避免了术后胸椎后凸畸形的发生。

综上所述，应用超声骨刀辅助椎管后壁整块切除治疗 TLFO 手术时间短、并发症发生率低，临床效果满意。但本研究为回顾性临床研究，证据等级不高，且总例数较少，未设定对照组，有待于进行更大宗病例的前瞻性临床研究。

参考文献

- [1] Ben Hamouda K, Jemel H, Haouet S, et al. Thoracic myelopathy caused by ossification of the ligamentum flavum: a report of 18 cases[J]. J Neurosurg, 2003, 99(Suppl 2):157-161. DOI: 10.3171/spi.2003.99.2.0157.
- [2] 孙垂国, 陈仲强, 刘忠军, 等. 胸椎黄韧带骨化症术后远期疗效分析[J]. 中华外科杂志, 2012, 50(5):426-429. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0529-5815.2012.05.010.
- [3] 郝定均, 贺宝荣, 吴起宁, 等. 胸椎管狭窄症术后并发症的防治[J]. 中华骨科杂志, 2007, 27(1):30-34. DOI: 10.3760/j.issn:0253-2352.2007.01.007.
- [4] Ahn DK, Lee S, Moon SH, et al. Ossification of the ligamentum flavum[J]. Asian Spine J, 2014, 8(1):89-96. DOI: 10.4184/asj.2014.8.1.89.
- [5] Aizawa T, Sato T, Sasaki H, et al. Thoracic myelopathy caused by ossification of the ligamentum flavum: clinical features and surgical results in the Japanese population[J]. J Neurosurg Spine, 2006, 5(6):514-519. DOI: 10.3171/spi.2006.5.6.514.
- [6] Chen ZQ, Sun CG, Spine Surgery Group of Chinese Orthopedic Association. Clinical guideline for treatment of symptomatic thoracic spinal stenosis[J]. Orthop Surg, 2015, 7(3):208-212. DOI: 10.1111/os.12190.
- [7] Li F, Chen Q, Xu K. Surgical treatment of 40 patients with thoracic ossification of the ligamentum flavum[J]. J Neurosurg Spine, 2006, 4(3):191-197. DOI: 10.3171/spi.2006.4.3.191.
- [8] Palumbo MA, Hilibrand AS, Hart RA, et al. Surgical treatment of thoracic spinal stenosis: a 2- to 9-year follow-up[J]. Spine, 2001, 26(5):558-566. DOI: 10.1097/00007632-200103010-00021.
- [9] Gao R, Yuan W, Yang L, et al. Clinical features and surgical outcomes of patients with thoracic myelopathy caused by multilevel ossification of the ligamentum flavum[J]. Spine J, 2013, 13(9):1032-1038. DOI: 10.1016/j.spinee.2013.02.034.
- [10] Park BC, Min WK, Oh CW, et al. Surgical outcome of thoracic myelopathy secondary to ossification of ligamentum flavum[J]. Joint Bone Spine, 2007, 74(6):600-605. DOI: 10.1016/j.jbspin.2007.01.033.
- [11] Hirabayashi H, Ebara S, Takahashi J, et al. Surgery for thoracic myelopathy caused by ossification of the ligamentum flavum[J]. Surg Neurol, 2008, 69(2):114-116. DOI: 10.1016/j.surneu.2007.01.045.
- [12] Jia LS, Chen XS, Zhou SY, et al. En bloc resection of lamina and ossified ligamentum flavum in the treatment of thoracic ossification of the ligamentum flavum[J]. Neurosurgery, 2010, 66(6):1181-1186. DOI: 10.1227/01.NEU.0000369516.17394.B0.
- [13] Zheng C, Nie C, Zhu Y, et al. Comparison of intraoperative neuromonitoring outcome in treating thoracic ossification of the ligamentum flavum through en bloc versus piecemeal laminectomy[J]. Spine, 2021, 46(17):1197-1205. DOI: 10.1097/BRS.0000000000003973.
- [14] 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与安全性[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2015, 25(6): 518-523. DOI: 10.3969/j.issn.1004-406X.2015.06.07.
- [15] Al-Mahfoudh R, Qattan E, Ellenbogen JR, et al. Applications of the ultrasonic bone cutter in spinal surgery: our preliminary

- experience[J]. Br J Neurosurg, 2014, 28(1):56-60. DOI: 10.3109/02688697.2013.812182.
- [16] Hu X, Ohnmeiss DD, Lieberman IH. Use of an ultrasonic osteotome device in spine surgery: experience from the first 128 patients[J]. Eur Spine J, 2013, 22(12):2845-2849. DOI: 10.1007/s00586-013-2780-y.
- [17] 廖焯晖, 叶入裴, 唐强, 等. 超声骨刀单侧开窗双侧减压后路腰椎椎体间融合术治疗退变性腰椎管狭窄症[J]. 中国修复重建外科杂志, 2019, 33(4):31-37. DOI: 10.7507/1002-1892.201808037.
- [18] Osman NS, Cheung ZB, Hussain AK, et al. Outcomes and complications following laminectomy alone for thoracic myelopathy due to ossified ligamentum flavum: a systematic review and meta-analysis[J]. Spine, 2018, 43(14):E842-E848. DOI: 10.1097/BRS.0000000000002563.
- [19] Young WF, Baron E. Acute neurologic deterioration after surgical treatment for thoracic spinal stenosis[J]. J Clin Neurosci, 2001, 8(2):129-132. DOI: 10.1054/jocn.1998.0785.
- [20] 刘晓光. 胸椎管狭窄症的手术技术要点[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2017, 27(7):670-672. DOI: 10.3969/j.issn.1004-406X.2017.07.17.
- [21] Li F, Chen Q, Xu K. Surgical treatment of 40 patients with thoracic ossification of the ligamentum flavum[J]. J Neurosurg Spine, 2006, 4(3):191-197. DOI: 10.3171/spi.2006.4.3.191.
- [22] Liao CC, Chen TY, Jung SM, et al. Surgical experience with symptomatic thoracic ossification of the ligamentum flavum[J]. J Neurosurg Spine, 2005, 2(1):34-39. DOI: 10.3171/spi.2005.2.1.0034.
- [23] Du P, Ma L, Ding W. The influence of ossification morphology on surgery outcomes in patients with thoracic ossification of ligamentum flavum (TOLF)[J]. J Orthop Surg Res, 2022, 17(1):229. DOI: 10.1186/s13018-022-03064-x.
- [24] Kuh SU, Kim YS, Cho YE, et al. Contributing factors affecting the prognosis surgical outcome for thoracic OLF[J]. Eur Spine J, 2006, 15(4):485-491. DOI: 10.1007/s00586-005-0903-9.
- [25] 孙垂国, 陈仲强, 齐强, 等. 胸椎黄韧带骨化症手术并发硬脊膜损伤或脑脊液漏的原因分析及防治[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2003, 13(12):724-726. DOI: 10.3969/j.issn.1004-406X.2003.12.012.
- [26] 牛潼, 王元一, 赵宇. 脊柱硬膜骨化的研究现状与展望[J]. 中华骨与关节外科杂志, 2021, 14(5):420-426. DOI: 10.3969/j.issn.2095-9958.2021.05.20.
- [27] 张振辉, 王庆德, 王仲伟, 等. 超声骨刀辅助下分区式椎板切除手术治疗重度胸椎黄韧带骨化症[J]. 中华外科杂志, 2021, 59(11):940-946. DOI: 10.3760/cma.j.cn112139-20210510-00207.
- [28] Zhang H, Wang C, Wang D, et al. Predictive risk factors of poor preliminary postoperative outcome for thoracic ossification of the ligamentum flavum[J]. Orthop Surg, 2021, 13(2):408-416. DOI: 10.1111/os.12884.
- [29] Kawaguchi Y, Yasuda T, Seki S, et al. Variables affecting postsurgical prognosis of thoracic myelopathy caused by ossification of the ligamentum flavum[J]. Spine J, 2013, 13(9):1095-1107. DOI: 10.1016/j.spinee.2013.03.001.
- [30] Ando K, Imagama S, Ito Z, et al. Predictive factors for a poor surgical outcome with thoracic ossification of the ligamentum flavum by multivariate analysis: a multicenter study[J]. Spine, 2013, 38(12):E748-E754. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31828ff736.
- [31] Ahn DK, Lee S, Moon SH, et al. Ossification of the ligamentum flavum[J]. Asian Spine J, 2014, 8(1):89-96. DOI: 10.4184/asj.2014.8.1.89.

(收稿日期: 2021-09-07)

(本文编辑: 王萌)

· 会议 · 征文 · 消息 Conference / Call for Paper / News ·

本刊被美国化学文摘数据库收录的公告

本刊现为中国科技论文统计源期刊。2013 年 1 月, 本刊经美国化学文摘 (Chemical Abstracts, CA) 数据库审理委员会审核通过, 并从 2013 年第 1 期开始, 正式被美国化学文摘数据库收录。特此公告!

CA 只收录本刊论著, 其它文章不收录。

查询本刊请使用拼音: Zhongguo Gu Yu Guanjie Zazhi 或本刊标准国际刊号 (ISSN): 2095-252X, 查询网址: <http://cassi.cas.org/search.jsp>。

《中国骨与关节杂志》编辑委员会