

极外侧入路胸椎椎间融合术的研究进展*

李明亮^① 综述 曾纪煥 肖 强** 审校

(江西省人民医院骨科, 南昌 330006)

文献标识:A 文章编号:1009-6604(2023)03-0222-06

doi:10.3969/j.issn.1009-6604.2023.03.011

胸椎椎间融合术根据手术路径的不同,主要分为传统开胸入路(thoracotomy approach)、胸腔镜手术(video-assisted thoracoscopic surgery, VATS)、经椎弓根入路(transpedicular approach)、肋横突关节切除入路(costotransversectomy approach)、侧方胸腔外入路(lateral extracavitary approach, LECA)等^[1-3]。随着手术技术的提高,手术器械的研发与改进,手术微创化逐渐成为脊柱外科治疗的趋势。2006 年, Ozgur 等^[4]报道一种腹膜后经腰大肌入路的腰椎微创术式,并将其命名为极外侧入路椎间融合术(extreme lateral interbody fusion, XLIF),该手术方式与传统手术相比具有创伤小、出血少、手术时间短、术后恢复快等优点,广泛应用于治疗各种腰椎疾患,近年来也用于胸椎疾患,称为极外侧入路胸椎椎间融合术(胸椎 XLIF),或微创侧方经胸入路(minimally invasive lateral transthoracic approach, mini LTTA)、直接外侧入路椎间融合术(direct lateral approach interbody fusion, DLIF)、微创小切口侧方椎间融合手术等(这些术式均是通过小切口和扩张工作通道在椎体侧方完成胸椎椎间融合手术,本文统一使用“胸椎 XLIF”这一简称),通过小切口和扩张工作通道完成椎间盘切除、椎间融合,相比于传统开胸手术可减轻疼痛,避免胸腔镜手术中的单肺通气,且不破坏后方肌肉韧带复合体,对神经根及硬膜囊干扰轻^[5-7]。本文回顾近年来相关文献报道,对该

手术技术特点、应用现状及相关并发症等进行综述。

1 手术技术

1.1 入路

在全麻气管插管后,取屈髋屈膝侧卧位,手术节段适当垫高以充分撑开肋间隙。因肩胛骨的遮挡,胸椎 XLIF 操作困难,不推荐将其应用于 T_{4/5} 水平以上的病变。由于大血管和主动脉弓遮挡,上胸椎 XLIF 通常选择右侧入路进行显露;当病变位于下胸椎时,更多采用左侧入路 XLIF,以便显露胸主动脉并加以保护,避免术中牵拉肝脏,同时降低下腔静脉和胸导管损伤风险^[8,9]。Soda 等^[10]认为,术前行脊柱血管造影可以确定 Adamkiewicz 动脉的具体走行,手术选择从该动脉的对侧进入,防止 XLIF 术中损伤该动脉可能引起的脊髓前动脉综合征。

1.2 胸壁切口

术中 C 臂机透视定位目标节段,找到并标记切口位于目标椎间隙的中后 1/3 与相邻肋骨间隙的交界处,根据皮肤标志线平行肋骨方向做约 4 cm 切口,切口位于下位肋骨的上方,避免损伤神经血管束。钝性分离肋间肌,暴露壁层胸膜。对于单节段病变,多采用扩肋技术;而涉及多节段病变和需椎体次全切除重建者,切除一小段肋骨有助于显露视野,防止肋骨骨折^[11]。Sun 等^[12]认为,膈肌在腋中线的附着点主要位于第 10 肋下缘至第 12 肋上缘之间,

* 基金项目:江西省卫生健康委科技计划(SKJP220211935);江西省青年科学基金(20202BAB216008)

** 通讯作者, E-mail:kyxq168@126.com

① (南昌大学医学院, 南昌 330006)

椎体两侧则附着于 T_{12} 上缘至 $L_{1/2}$ 之间,认为病变节段高于 T_{12} 时,采用经胸腔入路,手术切口为第 10 肋上方,而目标水平低于 $L_{1/2}$ 时,选择腹膜后入路,切口选择第 12 肋下方,从而避免直接损伤膈肌引起膈疝。对于 $T_{12} \sim L_1$ 水平病变,可选择经胸腔、胸膜后和腹膜后入路,或将膈肌附着点钝性分离,从膈肌后间隙到达椎体侧方^[13]。

1.3 暴露目标椎间隙,安装通道系统

经胸腔入路中,钝性切开壁层胸膜,手指进入胸腔沿胸壁拨开肺或膈肌,将导针沿胸壁后侧插向目标椎间隙,透视确认节段间隙后,沿导针逐级置入扩张器,安装工作通道及光源,将工作通道后方的叶片朝向腹侧,确保肺组织远离手术区域,充分暴露病变椎间隙。Wewel 等^[14]通过钝性分离壁层胸膜与胸内筋膜的间隙,经胸膜后入路到达椎体侧方,但易损伤壁层胸膜,尤其在炎性纤维组织或肿瘤浸润胸膜时。若行椎体次全切除,则需识别并结扎相应节段血管。肋骨头通常覆盖部分椎间隙空间,朱海涛等^[15]的研究显示, $T_4 \sim T_{12}$ 各节段肋骨头对相应椎体遮挡率(双侧肋骨头前缘连线到椎管前壁距离与椎体前缘至椎管前缘距离之比)由 30% 下降至 -0.4%,认为在中上胸椎,可考虑部分去除肋骨头,以便充分显露侧方椎间隙及安全置入椎体螺钉。

1.4 椎间隙的处理与切口关闭

经胸腔入路中,在椎间盘表面纵行切开壁层胸膜,直视下切开纤维环,使用铰刀和刮匙清除髓核及软骨终板,避免损伤骨性终板。逐级试模选择合适大小的椎间融合器,跨骨骺环的大融合器,可减少融合器沉降的发生率。经通道垂直置入制备好的椎间融合器,透视确定融合器位置合适后,撤出撑开器,直视下探查肺和节段血管并充分止血,留置胸腔引流管,逐层缝合切口。胸膜外手术入路或术后行 Valsalva 动作排出胸腔内多余气体,可避免使用胸腔闭式引流管^[16]。

2 临床应用

2.1 适应证与禁忌证

由于肩胛骨的阻挡,胸椎 XLIF 主要适用于

$T_5 \sim L_1$ 节段,结合文献^[5,6,17-21],胸椎 XLIF 的适应证主要包括:①单节段或多节段胸椎椎间盘退行性疾病,包括椎间盘突出合并钙化、退行性脊柱侧凸或后凸畸形、椎管狭窄等;②有硬膜外瘢痕形成、神经粘连的翻修手术,如融合术后邻近节段退行性病变、假关节形成、近端交界性后凸等;③病灶局限于胸椎前中柱的感染性疾病,如椎旁脓肿范围小、未累及椎管和后柱、神经功能 Fraknel 分级 C 级及以下的胸椎结核,病变局限于单一椎间隙及邻近终板的椎间盘炎、骨髓炎等;④需行前方重建的创伤性或病理性胸椎骨折,伴脊柱不稳、脊髓受压及神经功能障碍的胸椎肿瘤等,也可在通道下完成手术。胸椎 XLIF 可作为一种标准技术单独应用,或其他后路固定技术联合应用。因胸椎 XLIF 出现的时间短,缺乏长期有效的临床证据及研究支持,其适应证需进一步深入研究。

关于胸椎 XLIF 的禁忌证报道很少,主要包括^[8,9,18]:①既往胸腔手术史,胸膜广泛粘连难以游离出目标椎间隙;②胸腔内神经血管或重要脏器解剖结构变异,影响手术通道的建立;③位于椎体后半部的病灶,严重椎管狭窄需后路减压;④重度肥胖;⑤重度骨质疏松。

2.2 临床疗效

胸椎 XLIF 在切除椎间盘的基础上保留前后纵韧带,置入较大型号的椎间融合器撑开椎间隙,实现间接减压,拥有大面积植骨床,融合率高。Karikari 等^[5]对 22 例胸腰椎脊柱疾患行 XLIF,平均失血量 227.5 ml,平均住院时间 4.8 d,其中 11 例退变性脊柱侧弯患者冠状面 Cobb 角平均值由术前 22° 降至术后即刻 14° ,矢状面 Cobb 角平均值由 39° 升至 44° ,随访半年,全组疼痛视觉模拟评分(Visual Analogue Scale, VAS)由 7.3 分降至 4.6 分, Oswestry 功能障碍指数(Oswestry Disability Index, ODI)从 42 分降至 34 分,95.5% (21/22) 取得良好的实质性临床获益(substantial clinical benefit, SCB)。Meredith 等^[6]报道 18 例 XLIF,共融合 32 个节段,66.7% (12/18) 术后疼痛明显缓解,随访 14 个月,椎间融合率达 94.4% (17/18)。

对于胸椎间盘突出症患者,研究表明胸椎 XLIF 可获得良好的减压效果,临床症状改善。Uribe 等^[22]报道多中心连续 60 例胸椎间盘突出行 XLIF 的疗效,平均随访 11 个月,VAS 评分由术前 7.8 分降至 3.1 分;采用改良 Prolo 方法评估临床症状,83.3% (35/42) 脊髓病症状改善,91.2% (31/34) 根性神经痛症状改善,87.0% (40/46) 轴性背痛症状改善,87.5% (14/16) 大小便功能障碍改善,作者认为该入路的疗效与传统开放手术及其他微创方法持平或更优,并发症更少。Oltulu 等^[8]报道 XLIF 治疗 59 例胸椎间盘突出,随访 6 ~ 119 个月,90.7% (39/43) 术后脊髓病症状改善,VAS 评分从术前 7.7 分降至 4.3 分,ODI 由术前 51.1 分下降至 39.3 分,SF-36 健康调查量表中生理评分 (physical component summary, PCS) 和心理评分 (mental component summary, MCS) 分别由术前 29.4、40.8 分改善至 41.1、53.7 分。

对于胸椎肿瘤、创伤骨折,可利用 XLIF 小切口优势,经通道直视下进行椎体次全切除,解除脊髓神经压迫,置入可扩张人工椎体行前柱重建,恢复脊柱正常序列,促进神经功能恢复。Smith 等^[19]报道采用 XLIF 行椎体切除重建治疗 52 例胸腰椎骨折,平均手术时间 128 min,估计失血量 300 ml,术后住院时间 4 d,随访 24 个月,按美国脊柱损伤协会 (American Spinal Injury Association, ASIA) 分级标准,术后各随访时间点 ASIA 分级较术前显著改善 ($P < 0.001$),73.1% (38/52) 神经功能正常或仅存在轻微缺损 (ASIA 分级 E 或 D)。Uribe 等^[20]采用胸椎 XLIF 治疗 21 例胸椎肿瘤,其中 13 例行 1 ~ 2 个节段椎体切除并重建,其余 8 例行部分椎体切除重建,平均手术时间 117 min,平均失血量 291 ml,术后住院时间 2.9 d,平均随访 21 个月,末次随访 VAS 评分由术前 7.7 分降至 2.9 分,ODI 由术前 52.7% 改善至 24.9%,5 例存在神经功能缺损者术后症状改善,其他不伴有神经功能障碍者未出现恶化。

对于局限于前中柱的胸椎感染性疾病,XLIF 在直视下处理病变区域,彻底清除和引流感染病灶,使神经结构充分减压,选择合适的椎间植入物,并辅

以坚强内固定,可达到矫正和预防脊柱后凸畸形的目的。Gan 等^[18]报道应用 DLIF 治疗 35 例单节段胸腰椎结核,包括 15 例胸椎结核,一期侧方病灶清除、椎间植骨融合,联合侧方钢板或后路椎弓根螺钉内固定,术后背部疼痛症状明显改善,平均随访 18.5 个月,末次随访时 VAS 评分由术前 (8.2 ± 1.1) 分降至 (2.3 ± 1.4) 分。Timothy 等^[21]对 14 例椎间盘炎实施 XLIF,其中胸椎 4 例,术中出血量均 < 100 ml,术后平均住院时间 10 d,随访 1 年,VAS 评分平均降低 4 分,ODI 平均改善 37.0%,植骨融合满意,所有炎症指标均恢复正常,无感染复发迹象。

3 并发症

胸椎 XLIF 作为一种新的胸椎微创手术方式,经胸腔或胸膜外间隙操作,取得了良好的临床疗效,但是相关并发症也不应忽视。Karikari 等^[5]报道 22 例 XLIF,术后并发症发生率 13.6% (3/22),包括 1 例移植物下沉,1 例需额外手术的相邻节段退变,1 例切口感染,无胸腔内重要脏器、神经或血管损伤。Meredith 等^[6]报道 18 例 XLIF,其中 8 例 (44.4%) 胸腔积液 (6 例症状轻微无需特殊干预,1 例需重新放置胸腔引流管,1 例转到监护病房),7 例 (38.9%) 非肺部并发症。Smith 等^[19]回顾性分析 52 例 XLIF,7 例 (13.5%) 出现一种或以上并发症,其中肋间神经痛、硬脊膜撕裂和深静脉血栓各 2 例 (3.8%),胸腔积液及切口感染各 1 例;34 例使用可扩张圆柱形钛人工椎体假体病例中,7 例 (20.6%) 出现假体沉降,仅 1 例需再次手术。Uribe 等^[22]报道的多中心 60 例结果显示,9 例 (15%) 出现手术相关并发症,其中肺部并发症 4 例 (6.7%),分别为肺炎、胸膜外游离气体、胸腔积液及肺不张各 1 例,其他并发症包括肋间神经痛、下肢肌力下降、切口感染等。Oltulu 等^[8]报道 59 例胸椎 XLIF,总体并发症发生率 33.9% (20/59),最常见的是硬脊膜撕裂 5 例 (8.5%),其次为肋间神经痛 3 例 (5.1%)、胸腔积液 2 例 (3.4%) 和肠梗阻 2 例 (3.4%),肺炎、肺栓塞、气胸、血气胸、肺不张、肋骨骨折、假关节及尿潴留各 1 例 (1.7%)。Baaj 等^[23]报道 80 例胸腰椎

XLIF, 发生并发症 10 例 (12.5%), 包括肋间神经痛、硬脊膜撕裂及深静脉血栓各 2 例, 以及胸腔积液、血胸、切口感染、融合器塌陷各 1 例。此外, 胸膜外血肿、肋间静脉损伤、主动脉假性动脉瘤、肺疝等少见并发症也有报道^[9,24~26]。综合上述研究结果, 胸椎 XLIF 常见并发症是胸腔积液、肋间神经痛、硬脊膜撕裂以及融合器下沉或移位, 症状轻微者通常无需特殊处理, 少数患者需要进一步积极治疗。

胸腔积液是胸椎 XLIF 最常见的肺部并发症, 其发生原因可能与未放置胸腔闭式引流、过早拔除闭式引流、术中胸膜损伤未及时修复以及骨形态发生蛋白 2 (BMP2) 的使用等有关^[9,22,27]。经胸腔入路术后常规放置胸腔引流管, 以便充分将残余渗液引出体外^[7]; 如果采用胸膜后入路, 关闭切口前确认胸膜完整及充分止血是避免术后肺部并发症的关键, 若胸膜破损但没有漏气, 可以使用 Valsalva 法排出胸腔内多余气体, 从而避免使用胸腔闭式引流管, 术后早期可下地活动^[22]。术后出现胸闷、呼吸困难、呼吸急促时, 应考虑胸腔积液可能, 及时行胸片或胸部 CT 检查, 多数可暂时保守观察, 重者需重新放置胸腔引流管。

肋间神经痛是另一常见的术后并发症, 包括暂时性肋间神经痛和持续性肋间神经痛, 一般无需干预, 数周即可恢复。肋间神经痛多由于扩张肋间隙时过度牵拉或压迫引起^[28], 术中应缓慢序贯扩张; 对于多节段病变或需椎体次全切除重建者, 切除部分肋骨有助于术野显露及防止过度牵拉肋间^[8]; 关闭切口和放置引流管时注意避免缝到神经血管束, 以降低肋间神经痛的发生。

硬脊膜撕裂多发生于 XLIF 治疗胸椎间盘突出症, 究其原因因为钙化的椎间盘与硬膜粘连紧密, 剥离时容易发生撕裂, 术中应尽量予以修复, 以防止术后脑脊液漏。为避免硬脊膜撕裂的发生, 术前需根据椎间盘突出位置及是否钙化, 仔细规划手术入路; 对于中胸段病变, 可切除肋骨头^[5,8], 建立达到椎间盘后外侧角和椎体的通道, 以便进行安全有效的减压; 对于钙化的椎间盘, 术中可保留部分与硬膜粘连的间盘^[9], 借助手术显微镜以获得清晰的视野。术

中若发现硬脊膜撕裂, 应及时缝合修复, 可采用生物蛋白胶或明胶海绵等进行压迫, 或以自体肌肉或筋膜填塞等方法, 多数可获得良好的结果。

融合器下沉或移位可能会影响椎间融合的效果, 导致症状反复, 术后早期可通过影像学检查发现。融合器沉降的原因是多方面的, 可能与骨性终板损伤、融合器尺寸过小、无内固定辅助以及严重骨质疏松等有关^[19,21]。因此, 为降低内固定相关并发症的发生, 术中处理终板时需动作轻柔, 避免损伤骨性终板; 选择跨骨骺环的大融合器, 分散轴向载荷; 辅以后路椎弓根钉棒固定, 可有效维持三柱稳定性, 必要时可联合骨水泥强化椎体。

4 小结

胸椎 XLIF 是近年来开展的一项胸椎微创技术, 术中失血量少, 手术时间短, 恢复快, 疗效可靠, 较传统的胸椎间融合术有明显优势。与传统开胸手术相比, 手术切口小, 不需要切除术区的肋骨, 或者只需要切除小部分肋骨, 有效减轻继发于切口的疼痛, 同时避免术中单肺通气, 术后肺不张风险低; 与胸腔镜手术相比, 操作更便捷, 避免二维视角下进行三维空间操作, 且学习曲线较短; 与后路手术相比, 具有更大的植骨床, 而且避免后方椎旁肌和椎体附件的破坏, 不进入椎管, 对硬膜囊及神经根干扰轻。近年来, 胸椎 XLIF 逐渐与显微镜辅助、计算机导航辅助、增强现实等智能化技术相结合, 实施更精准的操作, 获得更精确的病灶清除或减压范围, 尤其是后者可以为术者提供器械及内置物的实时定位图像, 有利于提高该术式的安全性及准确性^[29~31]。

但是, 胸椎 XLIF 作为一项新技术, 有一定的学习曲线, 存在一定的并发症发生率, 术者需在熟练掌握开放经胸腔胸椎前路手术的基础上谨慎开展。XLIF 手术器械需要进一步完善, 也需要更精细的解剖学和影像学研究来指导手术。由于目前相关研究较少, 且大多为小样本单中心病例报道, 随访时间短, 还需要更多的大样本、多中心、长期随访研究来验证该术式的安全性和有效性。相信随着手术操作的成熟、规范, 手术器械的改进, 以及智能化导航技

术的应用,胸椎 XLIF 将会不断发展完善,得到更广泛的推广应用。

参考文献

1 Abedi A, Formanek B, Hah R, et al. Anterior versus posterior decompression for degenerative thoracic spine diseases; a comparison of complications. *Global Spine J*, 2021, 11(4): 442 – 449.

2 Bouthors C, Benzakour A, Court C. Surgical treatment of thoracic disc herniation; an overview. *Int Orthop*, 2019, 43(4): 807 – 816.

3 Patel PD, Canseco JA, Houlihan N, et al. Overview of minimally invasive spine surgery. *World Neurosurg*, 2020, 42: 43 – 56.

4 Ozgur BM, Aryan HE, Pimenta L, et al. Extreme lateral interbody fusion (XLIF): a novel surgical technique for anterior lumbar interbody fusion. *Spine J*, 2006, 6(4): 435 – 443.

5 Karikari IO, Nimjee SM, Hardin CA, et al. Extreme lateral interbody fusion approach for isolated thoracic and thoracolumbar spine diseases; initial clinical experience and early outcomes. *J Spinal Disord Tech*, 2011, 24(6): 368 – 375.

6 Meredith DS, Kepler CK, Huang RC, et al. Extreme lateral interbody fusion (XLIF) in the thoracic and thoracolumbar spine; technical report and early outcomes. *HSS J*, 2013, 9(1): 25 – 31.

7 Deviren V, Kuelling FA, Poulter G, et al. Minimal invasive anterolateral transthoracic transpleural approach; a novel technique for thoracic disc herniation. A review of the literature, description of a new surgical technique and experience with first 12 consecutive patients. *J Spinal Disord Tech*, 2011, 24(5): E40 – E48.

8 Oltulu I, Cil H, Ulu MO, et al. Clinical outcomes of symptomatic thoracic disk herniations treated surgically through minimally invasive lateral transthoracic approach. *Neurosurg Rev*, 2019, 42(4): 885 – 894.

9 Yen CP, Uribe JS. Mini-open lateral retropleural approach for symptomatic thoracic disk herniations. *Clin Spine Surg*, 2018, 31(1): 14 – 21.

10 Soda C, Faccioli F, Marchesini N, et al. Trans-thoracic versus retropleural approach for symptomatic thoracic disc herniations; comparative analysis of 94 consecutive cases. *Br J Neurosurg*, 2021, 35(2): 195 – 202.

11 Nacar OA, Ulu MO, Pekmezci M, et al. Surgical treatment of thoracic disc disease via minimally invasive lateral transthoracic trans/retropleural approach; analysis of 33 patients. *Neurosurg Rev*, 2013, 36(3): 455 – 465.

12 Sun JC, Wang JR, Luo T, et al. Surgical incision and approach in thoracolumbar extreme lateral interbody fusion surgery; an anatomic study of the diaphragmatic attachments. *Spine (Phila Pa 1976)*,

2016, 41(4): E186 – E190.

13 Xu DS, Walker CT, Farber SH, et al. Surgical anatomy of minimally invasive lateral approaches to the thoracolumbar junction. *J Neurosurg Spine*, 2021, 36(6): 937 – 944.

14 Wewel JT, Uribe JS. Retropleural thoracic approach. *Neurosurg Clin N Am*, 2020, 31(1): 43 – 48.

15 朱海涛, 朱余龙, 张 烽, 等. 正常人 T4 ~ T12 肋骨头与相应椎体椎管剖学及影像学研究. *中国脊柱脊髓杂志*, 2011, 21(9): 774 – 777.

16 Uribe JS, Dakwar E, Cardona RF, et al. Minimally invasive lateral retropleural thoracolumbar approach; cadaveric feasibility study and report of 4 clinical cases. *Neurosurgery*, 2011, 68(1 Suppl Operative): 32 – 39.

17 Arnold PM, Anderson KK, McGuire RA Jr. The lateral transposas approach to the lumbar and thoracic spine; a review. *Surg Neurol Int*, 2012, 3(Suppl 3): S198 – S215.

18 Gan F, Jiang J, Xie Z, et al. Minimally invasive direct lateral interbody fusion in the treatment of the thoracic and lumbar spinal tuberculosis Mini-DLIF for the thoracic and lumbar spinal tuberculosis. *BMC Musculoskelet Disord*, 2018, 19(1): 283.

19 Smith WD, Dakwar E, Le TV, et al. Minimally invasive surgery for traumatic spinal pathologies; a mini-open, lateral approach in the thoracic and lumbar spine. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2010, 35(26 Suppl): S338 – S346.

20 Uribe JS, Dakwar E, Le TV, et al. Minimally invasive surgery treatment for thoracic spine tumor removal; a mini-open, lateral approach. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2010, 35(26 Suppl): S347 – S354.

21 Timothy J, Pal D, Akhunbay-Fudge C, et al. Extreme lateral interbody fusion (XLIF) as a treatment for acute spondylodiscitis; leeds spinal unit experience. *J Clin Neurosci*, 2019, 59: 213 – 217.

22 Uribe JS, Smith WD, Pimenta L, et al. Minimally invasive lateral approach for symptomatic thoracic disc herniation; initial multicenter clinical experience. *J Neurosurg Spine*, 2012, 16(3): 264 – 279.

23 Baaj AA, Dakwar E, Le TV, et al. Complications of the mini-open anterolateral approach to the thoracolumbar spine. *J Clin Neurosci*, 2012, 19(9): 1265 – 1267.

24 Khan-Makoid S, Tjaden BL Jr, Leake SS, et al. Fewer cardiopulmonary complications and shorter length of stay in anterolateral thoracolumbar spine exposures using a small-incision specialized retractor system. *J Clin Med*, 2020, 9(10): E3119.

25 Sandhu HK, Charlton-Ouw KM, Azizzadeh A, et al. Spinal screw penetration of the aorta. *J Vasc Surg*, 2013, 57(6): 1668 – 1670.

26 De Vries SEN, Arts MP, Van Huijstee PJ. Intercostal lung

herniation; a rare complication after mini-transthoracic approach (TTA) for thoracic disc herniation. Two case reports and review of literature. Eur Spine J,2022,31(12):3708 – 3712.

27 KeplerCK, Huang RC, Meredith D, et al. Delayed pleural effusion after anterior thoracic spinal fusion using bone morphogenetic protein-2. Spine (Phila Pa 1976),2011,36(5):E365 – E369.

28 Von Glinski A, Elia CJ, Takayanagi A, et al. Extreme lateral interbody fusion for thoracic and thoracolumbar disease: the diaphragm dilemma. Global Spine J,2021,11(4):515 – 524.

29 Yu JYH, Fridley J, Gokaslan Z, et al. Minimally invasive thoracolumbar corpectomy and stabilization for unstable burst fractures using intraoperative computed tomography and computer-

assisted spinal navigation. World Neurosurg, 2019, 122: e1266 – e1274.

30 Pojskie' M, Bopp M, Saß B, et al. Intraoperative computed tomography-based navigation with augmented reality for lateral approaches to the spine. Brain Sci,2021,11(5):646.

31 Shabani S, Mummaneni PV, Chan A, et al. Management of thoracic disc pathology via the lateral approach: advances using the minimally invasive approach and navigation. Int J Spine Surg,2022,16(S1):S44 – S52.

(收稿日期:2022 – 10 – 11)

(修回日期:2023 – 01 – 31)

(责任编辑:王惠群)