

# 单侧双通道内镜技术治疗腰椎间盘突出症的研究进展

李春辉<sup>1</sup>, 单中书<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>青海大学研究生院, 青海 西宁

<sup>2</sup>青海省人民医院骨科, 青海 西宁

收稿日期: 2023年9月30日; 录用日期: 2023年10月25日; 发布日期: 2023年11月1日

## 摘要

目的: 对单侧双通道内镜(UBE)技术治疗腰椎间盘突出症(LDH)的应用与进展进行综述。方法: 广泛查阅国内外应用UBE治疗腰椎间盘突出症(LDH)的文献, 对该技术的发展史、操作要点、在腰椎间盘突出症中的应用、相关并发症和不良反应以及优势与不足等方面进行综述。

## 关键词

单侧双通道内镜技术, 腰椎间盘突出症, 微创手术

# Research Progress of Unilateral Double-Channel Endoscopic Technique in the Treatment of Lumbar Disc Herniation

Chunhui Li<sup>1</sup>, Zhongshu Shan<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Qinghai University, Xining Qinghai

<sup>2</sup>Orthopaedics Department of Qinghai Provincial People's Hospital, Xining Qinghai

Received: Sep. 30<sup>th</sup>, 2023; accepted: Oct. 25<sup>th</sup>, 2023; published: Nov. 1<sup>st</sup>, 2023

## Abstract

**Objective:** To review the application and progress of unilateral dual-channel endoscopy (UBE) in the treatment of lumbar disc herniation (LDH). **Methods:** Literatures about the application of UBE

\*通讯作者。

in the treatment of LDH in China and abroad were extensively reviewed, including the history, operation points, application in LDH, related complications and adverse reactions, as well as advantages and disadvantages.

## Keywords

Unilateral Dual-Channel Endoscopy, Lumbar Disc Herniation, Minimally Invasive Surgery

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

腰椎间盘突出症(LDH)指椎间盘的纤维环破裂, 导致髓核突出, 压迫脊神经和马尾神经, 引起炎症反应, 进一步出现疼痛和神经功能障碍等一系列临床症状。随着人们工作生活习惯的改变, 腰椎间盘突出症(LDH)患者的比例急剧增加且趋于年轻化, 损害了患者的身心健康, 成为威胁人类健康的主要疾病之一[1]。一般行 8~12 周保守治疗无效且逐渐加重者多需手术治疗。临床经典术式如半椎板切除术、全椎板切除术、后路开放椎管减压成形术、椎间植骨融合术等对腰椎结构的过度损伤, 可致腰背部神经肌肉受损, 甚至导致功能性肌肉萎缩, 相应节段活动受限, 生物力学劳损进一步增加, 最终导致腰背部手术失败综合征[2]。以下将对 UBE 技术的发展史、操作要点、在腰椎间盘突出症中的应用、相关并发症以及优势和不足等方面进行综述。

## 2. UBE 手术的发展史

脊柱内镜技术发展于 20 世纪 80~90 年代, Forst 等[3]在 1983 年首次在椎间盘内使用关节镜检查处理后的椎间隙, 在直视下进行操作, 并得出了使用镜下器械行髓核切除的可能性, 为内镜下椎间盘切除术的发展奠定了基础。同时期还有 Schreiber 等[4]在 1989 年报道了使用双通道关节镜进行了髓核摘除术。Kambin [5]在 1996 年采用单、双通道关节镜两种方式行腰椎椎间盘切除术。De Antoni 等[6]在 1996 年对双通道关节镜下椎间盘切除术进行了改良, 他在国际上率先报道了采用关节镜系统和常规器械完成了单侧入路的双通道脊柱内镜手术, 并将其称之为“经椎板腰椎硬膜外内镜(translaminar lumbar epidural endoscopy)手术”。手术时患者取侧卧位, 患侧向上, 而 2 个通道在患侧同侧, 术者的 1 只手可以持住关节镜作为观察通道, 另 1 只手可手持器械进行操作, 单人便可完成手术。在这一时期, 还有 Osman 等[7]在 1997 年报道了单侧双通道内镜技术经髂骨入路处理 L5~S1 节段的解剖研究。Osman [8]在 1994 年就采用单侧双通道内镜技术进行胸椎间盘切除术以及胸椎椎间融合(取自体髂骨), 具有较好的安全性并取得了良好临床疗效, 但 2012 年该临床研究结果才得以正式发表。Soliman 在 2013 年对 UBE 技术进行了改良, 提出了“灌注内镜下椎间盘切除术(irrigation endoscopic discectomy)”, 在 43 例腰椎间盘突出症患者的治疗中取得满意效果[9], 并在 2015 报道了该技术应用于腰椎管狭窄中的临床疗效[10]。Soliman 还在 2016 年率先尝试了双通道脊柱内镜下腰椎峡部裂修补术, 并取得良好的临床效果[11]。Choi 等在 2016 年报道了单侧双通道内镜技术治疗腰椎管狭窄症, 并将此技术命名为 BESS [12]。此后 1 个月, 韩国神经外科医生 Eum、Heo 和 Son 也共同发表了他们的 UBE 技术临床研究结果[13]。2017 年, Park 等[14]首先报道了使用 UBE 技术进行颈椎间孔成形和椎间盘摘除; 同年, Heo 等[15]首先报道了使用 UBE 技术进行腰椎椎

间融合术。2018年, Kim等[16]首先在文献中报道了UBE的极外侧入路, 用以处理椎间孔狭窄或极外侧椎间盘突出。2021年, Heo等[17]报道了改良的极外侧入路UBE下经椎间孔椎间融合术, 在L4~S1节段植入类似微创腰椎椎间融合术中所用的大Cage(长度40~50 mm、宽度16~22 mm)。

### 3. UBE 手术的操作要点

#### 3.1. 单纯髓核摘除术

Jiang等[18]在全身麻醉下, 病人以俯卧姿势被放置在X线可透视的手术床上。外科医生在C臂X线机透视下确认了目标椎间隙的位置, 以其为中心做两个小的皮肤切口, 在目标椎间隙的位置与脊柱后正中中线交点外侧约1~1.5 cm处, 上椎板下缘表面为内镜置入切口, 下椎板上缘表面为手术器械置入切口。在内镜下用射频消融术逐层烧灼软组织, 以创造操作空间。然后, 在确定靶点的椎板与棘突交界处, 行部分椎板切除, 用磨钻磨除部分上腰椎下椎板和上腰椎下椎板。用骨凿和射频刀头剥离椎板间韧带, 然后剥离和显露突出的椎间盘。在椎间盘摘除前, 要仔细观察、电凝硬膜外血管, 以减少出血。然后使用髓核钳取出破裂的椎间盘组织碎片。最后, 确认神经根减压完全, 放置引流管, 缝合手术切口。

#### 3.2. 镜下腰椎椎体融合术

Heo等[19]在全身麻醉下, 患者取俯卧位, 双侧上肢外展上举放于支架臂, 双侧腋下放置腋垫, 圆柱形体位垫垫高躯干部两侧, 使腹部悬空保持腹部足够空间, 调整手术床使腰椎处于水平。C臂X线机透视定位确认目标椎间隙后, 以其为中心, 在目标椎间隙与棘突线交点旁开约1 cm及上、下约1.0~1.5 cm处, 分别作长约8 mm和1 cm的皮肤小切口, 使用射频刀头和骨膜剥离器从椎弓峡部、椎板和小关节上轻轻剥离软组织, 分别形成观察通道和操作通道。手术过程中, 内镜连接自动压力控制泵系统, 并将压力设置为3.99~4.66 kPa, 左手调整内镜充分暴露操作视野, 右手持操作器械。在内镜监视下清除椎板表面软组织, 在多裂肌与椎板间营造操作空间, 辨认出上位椎板下缘、椎板棘突交界部、黄韧带及下位椎板上缘。使用高速磨钻和椎板咬骨钳去除上位椎板下缘、下位椎板上缘至黄韧带起始点。以骨凿或椎板咬骨钳或磨钻切除部分下关节突及部分上关节突。以神经剥离子、刮匙剥离并以枪钳咬除黄韧带, 用神经剥离子游离硬膜外脂肪显露硬膜, 应用L形拉钩牵开硬膜囊, 用神经剥离子保护神经根, 切除突出的椎间盘组织。对于伴有椎间孔狭窄或椎间孔内间盘突出者, 则需要行上关节突全切, 以解除出口神经根压迫, 收集切下的关节突骨质用作植骨, 切除同侧的黄韧带, 解除硬膜囊及走行神经根压迫。如果患者合并中央管及对侧侧隐窝狭窄, 则需要磨除棘突根部、对侧椎板内层骨皮质, 去除对侧黄韧带, 以扩大椎管, 解除对侧神经根的压迫。使用骨锉、刮匙、髓核钳等仔细处理椎间隙, 刮除软骨终板后在内镜监视下植入椎间融合器并打压植骨。C臂X线机引导下经皮植入椎弓根螺钉固定手术节段, 放置引流管, 预防术后硬膜外血肿形成, 缝合手术切口。

#### 3.3. UBE 手术的优势

UBE技术有2个通道, 一个通道提供手术视野和连续生理盐水冲洗, 另一个通道用于常规器械操作, 所以UBE拥有独立可视化操作视野, 单独的操作通道增加手术可移动范围, 使操作更加容易, 也能提供对侧椎间孔区域的良好视野。连续生理盐水冲洗有利于控制出血, 并且提供更加清晰的手术视野; 但应避免使用高压冲洗, 因为高压冲洗可能导致颅内压升高和术后头痛[20]。UBE摆脱了内镜通道的束缚, 运用30°内镜可获得更广的操作视野, 使得其适应症可覆盖颈、胸、腰椎的各种退行性疾病; 双通道内镜技术对椎旁肌破坏较小, 无需过度剥离多裂肌, 可有效防止手术中过度牵引致多裂肌的损伤, 术后能较好地维持脊柱运动系统的稳定性[12]。UBE的操作通道不会限制器械的使用, 常规关节镜器械和脊柱开放

手术器械均能使用,可以节省成本[21]。水介质下手术,手术视野更加清晰并有助于减少出血及神经、硬膜的损伤。一方面持续的水压可以减少毛细血管渗血,防止出血引起的视野模糊;另一方面持续的水压有分离粘连的作用,在黄韧带与硬膜囊及神经根之间创造潜在的间隙,可以避免切除黄韧带时对重要组织造成损伤[22]。内镜可以根据需要调整位置并进入相应的部位,手术视野更大,结构辨认更加方便清晰,增加了手术的安全性[19]。在进行终板准备时,内镜直接进入椎间隙,直视下去除软骨终板而保留骨性终板,可以有效避免骨性终板的损伤,保证了术后的融合率,并防止 Cage 下沉[23]。视野及操作与开放手术相近,有利于初学者掌握,学习曲线相对平缓[15]。相对于单通道内镜手术,UBE 下手术外科医师及患者受到的 X 线辐射量更少[24]。

#### 4. UBE 手术的在腰椎间盘突出症中的应用

腰椎间盘突出症(LDH)是脊柱外科的常见病和多发病,是腰腿痛最常见及最重要的原因。2016 年 Eun 等[25]对 11 例 LDH 患者行 UBE 下髓核摘除术,通过 14 个月的随访,对比腰腿痛术前与术后的 VAS 评分、功能障碍指数(ODI)评分分析其疗效,结果显示术前腰腿痛 VAS 评分从  $7.88 \pm 1.24$  下降至  $0.87 \pm 0.64$  ( $P < 0.01$ ); ODI 评分也从术前的  $51.73 \pm 18.57$  下降至  $9.37 \pm 4.83$  ( $P < 0.01$ )。本研究结果也进一步证实了 UBE 技术治疗腰椎间盘突出症是一项非常可行的手术技术,且疗效满意。随后 Kim 等[26]将 141 例单节段 LDH 患者分别采用 UBE 手术及开放性单纯髓核摘除术(OLM)进行对比,并观察其疗效,其中 UBE 手术组 60 例、OLM 手术组 81 例,分别记录术前和术后 1 周及 12 月的腰腿痛 VAS 评分、ODI 指数评分、手术时间、失血量、住院时间、术后并发症等,研究结果显示 UBE 手术组较 OLM 手术组在术后 1 周腰背痛 VAS 评分缓解效果方面略差,但两组在术后 12 月无明显差异;两组在腿痛 VAS 评分及 ODI 评分方面、术后并发症等方面差异无统计学意义;但 UBE 手术组在手术时间、失血量与住院时间等指标上明显优于 OLM 手术组。UBE 技术不仅在初次椎间盘突出治疗中效果显著,在复发性椎间盘突出治疗中也具有其独特优势。2016 年 Choi 等[27]将 UBE 技术应用于 1 例 43 岁的 L5~S1 椎间盘突出症术后复发的男性患者,取得了满意的疗效。研究者认为内镜在良好的照明下有 28~35 倍的放大率,有利于区分神经结构周围粘连的瘢痕组织和骨性结构。通过分离器易于在相互毗连的边缘处分开;此外,由于内镜和操作器械可单独自由移动,操作更加灵活,镜下视野更为广阔,可为有粘连的翻修手术提供足够的手术视野。由此可见,UBE 技术在今后治疗复发性椎间盘突出中有望作为开放式手术的替代方法而得以普及。Choi 等[28]回顾性分析了 565 例腰椎间盘突出症患者,其中 140 例行 UBE 手术治疗,结果显示与椎间盘镜和显微镜辅助下腰椎间盘突出切除术相比,UBE 手术组在住院时间和住院费用方面均有明显优势,围术期相关数据更好。2018 年, Park 等[29]介绍了 UBE 椎间孔外入路治疗极外侧腰椎间盘突出症和 L5~S1 椎间孔狭窄,并描述了相关技术要点及注意事项,成为微创手术治疗此类疾病的一种有效选择。Heo 等[30]在 2019 年报道使用 UBE 技术,对 16 例单侧 L5 神经根椎间孔外卡压(极外侧型椎间盘突出)病人进行手术治疗,术后随访时间超过 6 个月,病人术后下肢痛 VAS 和 ODI 评分均显著改善。Kang 等[31]对 262 例行 UBE 手术的病人进行回顾性研究,根据椎间盘突出距椎间隙的距离,将椎间盘突出分为高度游离,轻度游离,椎间隙水平,其中高度游离的椎间盘脱出有 54 例,轻度游离有 120 例,椎间隙水平有 98 例,术后评估高度游离组,轻度游离组手术时间、ODI 评分、VAS 评分和改良 Macnab 评分无显著性差异。

#### 5. UBE 手术的相关并发症和不良反应

① 硬脊膜损伤是 UBE 术中最常见并发症。Park 等[32]通过回顾分析 643 例接受 UBE 手术治疗的病人发现,硬脊膜撕裂发生率为 4.5%,多数撕裂口  $< 4$  mm,保守治疗即可;4~12 mm 的撕裂口需行纤维蛋白密封贴片封闭; $> 12$  mm 的撕裂口需行显微镜下缝合修复。Lee 等[33]回顾分析 53 例接受 UBE 手术

治疗的患者发现,硬脊膜损伤发生率为 13.2%,认为由于膜椎韧带的存在,使得黄韧带与硬脊膜粘连在一起,术者在扩大黄韧带与硬脊膜的间隙并切除黄韧带时容易导致硬脊膜撕裂;② 脊髓硬膜外血肿是少见但严重的并发症,是术后引起椎管再次受压的重要原因之一。Kim 等[34]报道了 310 例接受 UBE 治疗的患者,脊髓硬膜外血肿总发生率为 23.6%,并将脊髓硬膜外血肿发生率增加的危险因素归结为女性、年龄 > 70 岁、术前使用抗凝药物、术中使用水泵以及需更多骨性操作的手术(椎板切除或椎间融合)。Ahn 等[35]对 142 例行传统脊柱开放手术和 95 例行 UBE 手术的患者进行对比研究,发现 UBE 术后脊髓硬膜外血肿发生率为 8.4%,认为脊髓硬膜外血肿与术中生理盐水冲洗掩盖的硬膜外血管出血、椎管减压后形成的骨质创面渗血、血小板功能异常这 3 个因素有关。③ 减压不全多因术前判断偏差或术中减压范围存在偏差所致,表现为患者术后仍存在持续的腰腿痛等相关症状,是术后效果差、影响患者满意度的常见原因;Kim 等[36]对行 UBE 治疗的 797 例患者均随访至 1 年,18 例再次发生椎间盘突出,其中 16 例需再次手术治疗,椎间盘突出术后复发为患者二次手术翻修的主要原因;18 例椎管减压不全,这也是 UBE 初学者实施手术后患者疗效欠佳的常见原因之一。Choi 等[21]报道了经 UBE 治疗的 68 例患者中,有 4 例术后 MRI 显示椎管减压不全,认为可能是术中无足量切除黄韧带,建议使用有角度的刮匙刮除椎板下黄韧带以彻底减压。④ 神经根刺激症状是由各种因素作用于神经根引起的一系列症状表现。Torudom 等[37]报道了 30 例行 UBE 治疗的腰椎管狭窄症患者,术后满意率为 83.3%,术后发生相关并发症 2 例,均为神经根短暂感觉异常,认为镜下熟练操作和娴熟的手术技巧可能会降低此并发症发生风险。⑤ 术后感染发生率相对常规手术较低,可能与术中持续生理盐水灌注冲洗有关。Kim 等[36]的研究中,797 例患者仅有 1 例出现感染,是因为在手术过程中使用了连续生理盐水灌注冲洗系统,使得内镜手术感染风险很低。

## 6. 小结

UBE 技术相较于传统开放性手术具有明显的微创优势,但亦有一些不足。如所有操作均在通道下进行,有一定的学习曲线;其次该手术亦存在硬脊膜损伤、硬膜外血肿、减压不全或复发、神经根刺激症状、术后感染等并发症。UBE 等脊柱微创技术在国内得到迅速的发展,但是普及程度还不够高,需要规范化的手术技术培训。随着更多的医生更好地掌握这项技术,UBE 技术将给更多的病人带来微创、精准和快速康复的疗效。我们相信,随着越来越多的中国医生开展 UBE 手术并深入研究,将给 UBE 手术的发展和改进做出越来越多的贡献。此外,该手术具有视野广阔且清晰、操作灵活、处理终板可靠等优点,有望成为未来脊柱微创手术领域的主流术式之一。

## 参考文献

- [1] Olmarker, K., Blomquist, J., Strömberg, J., et al. (1995) Inflammatory Properties of Nucleus Pulposus. *Spine*, **20**, 665-669. <https://doi.org/10.1097/00007632-199503150-00006>
- [2] Sihvonen, T., Herno, A., Paljärvi, L., et al. (1993) Local Denervation Atrophy of Paraspinal Muscles in Postoperative Failed Back Syndrome. *Spine (Phila Pa 1976)*, **18**, 575-581. <https://doi.org/10.1097/00007632-199304000-00009>
- [3] Forst, R. and Hausmann, B. (1983) Nucleoscopy—A New Examination Technique. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, **101**, 219-221. <https://doi.org/10.1007/BF00436774>
- [4] Schreiber, A., Suezawa, Y. and Leu, H. (1989) Does Percutaneous Nucleotomy with Discoscopy Replace Conventional Discectomy? Eight Years of Experience and Results in Treatment of Herniated Lumbar Disc. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, **238**, 35-42. <https://doi.org/10.1097/00003086-198901000-00005>
- [5] Kambin, P. (1996) Diagnostic and Therapeutic Spinal Arthroscopy. *Neurosurgery Clinics of North America*, **7**, 65-76. [https://doi.org/10.1016/S1042-3680\(18\)30406-6](https://doi.org/10.1016/S1042-3680(18)30406-6)
- [6] De Antoni, D.J., Claro, M.L., Poehling, G.G., et al. (1996) Translaminar Lumbar Epidural Endoscopy: Anatomy, Technique, and Indications. *Arthroscopy*, **12**, 330-334. [https://doi.org/10.1016/S0749-8063\(96\)90069-9](https://doi.org/10.1016/S0749-8063(96)90069-9)

- [7] Osman, S.G. and Marsolais, E.B. (1997) Endoscopic Transiliac Approach to L5-S1 Disc and Foramen. A Cadaver Study. *Spine (Phila Pa 1976)*, **22**, 1259-1263. <https://doi.org/10.1097/00007632-199706010-00020>
- [8] Osman, S.G. and Marsolais, E.B. (1994) Posterolateral Arthroscopic Discectomies of the Thoracic and Lumbar Spine. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, **304**, 122-129. <https://doi.org/10.1097/00003086-199407000-00020>
- [9] Soliman, H.M. (2013) Irrigation Endoscopic Discectomy: A Novel Percutaneous Approach for Lumbar Disc Prolapse. *European Spine Journal*, **22**, 1037-1044. <https://doi.org/10.1007/s00586-013-2701-0>
- [10] Soliman, H.M. (2015) Irrigation Endoscopic Decompressive Laminotomy. A New Endoscopic Approach for Spinal Stenosis Decompression. *Spine Journal*, **15**, 2282-2289. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2015.07.009>
- [11] Soliman, H.M. (2016) Irrigation Endoscopic Assisted Percutaneous Parsrepair: Technical Note. *Spine Journal*, **16**, 1276-1281. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2016.06.009>
- [12] Choi, C.M., Chung, J.T., Lee, S.J., et al. (2016) How I Do It? Biportal Endoscopic Spinal Surgery (BESS) for Treatment of Lumbar Spinal Stenosis. *Acta Neurochirurgica (Wien)*, **158**, 459-463. <https://doi.org/10.1007/s00701-015-2670-7>
- [13] HwaEum, J., HwaHeo, D., Son, S.K., et al. (2016) Percutaneous Biportal Endoscopic Decompression for Lumbar Spinal Stenosis: A Technical Note and Preliminary Clinical Results. *Journal of Neurosurgery: Spine*, **24**, 602-607. <https://doi.org/10.3171/2015.7.SPINE15304>
- [14] Park, J.H., Jun, S.G., Jung, J.T., et al. (2017) Posterior Percutaneous Endoscopic Cervical Foraminotomy and Discectomy with Unilateral Biportal Endoscopy. *Orthopedics*, **40**, e779-e783. <https://doi.org/10.3928/01477447-20170531-02>
- [15] Heo, D.H., Son, S.K., Eum, J.H., et al. (2017) Fully Endoscopic Lumbar Interbody Fusion Using a Percutaneous Unilateral Biportal Endoscopic Technique: Technical Note and Preliminary Clinical Results. *Neurosurgical Focus*, **43**, E8. <https://doi.org/10.3171/2017.5.FOCUS17146>
- [16] Kim, J.E. and Choi, D.J. (2018) Bi-Portal Arthroscopic Spinal Surgery (BASS) with 30° Arthroscopy for Far Lateral Approach of L5-S1-Technical Note. *Journal of Orthopaedics*, **15**, 354-358. <https://doi.org/10.1016/j.jor.2018.01.034>
- [17] Heo, D.H., Eum, J.H., Jo, J.Y., et al. (2021) Modified Far Lateral Endoscopic Transforaminal Lumbar Interbody Fusion Using a Biportal Endoscopic Approach: Technical Report and Preliminary Results. *Acta Neurochirurgica (Wien)*, **163**, 1205-1209. <https://doi.org/10.1007/s00701-021-04758-7>
- [18] Jiang, H.W., Chen, C.D., Zhan, B.S., et al. (2022) Unilateral Biportal Endoscopic Discectomy versus Percutaneous Endoscopic Lumbar Discectomy in the Treatment of Lumbar Disc Herniation: A Retrospective Study. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, **17**, Article No. 30. <https://doi.org/10.1186/s13018-022-02929-5>
- [19] Heo, D.H., Hong, Y.H., Lee, D.C., Chung, H.J. and Park, C.K. (2020) Technique of Biportal Endoscopic Transforaminal Lumbar Interbody Fusion. *Neurospine*, **17**, S129-S137. <https://doi.org/10.14245/ns.2040178.089>
- [20] Park, S.M., Kim, G.U., Kim, H.J., et al. (2019) Is the Use of a Unilateral Biportal Endoscopic Approach Associated with Rapid Recovery after Lumbar Decompressive Laminectomy? A Preliminary Analysis of a Prospective Randomized Controlled Trial. *World Neurosurgery*, **128**, e709-e718. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2019.04.240>
- [21] Choi, D.J., Choi, C.M., Jung, J.T., et al. (2016) Learning Curve Associated with Complications in Biportal Endoscopic Spinal Surgery: Challenges and Strategies. *Asian Spine Journal*, **10**, 624-629. <https://doi.org/10.4184/asj.2016.10.4.624>
- [22] Pao, J.L., Lin, S.M., Chen, W.C., et al. (2020) Unilateral Biportal Endoscopic Decompression for Degenerative Lumbar Canal Stenosis. *Journal of Spine Surgery*, **6**, 438-446. <https://doi.org/10.21037/jss.2020.03.08>
- [23] Kim, J.E., Yoo, H.S., Choi, D.J., Park, E.J. and Jee, S.M. (2021) Comparison of Minimal Invasive versus Biportal Endoscopic Transforaminal Lumbar Interbody Fusion for Single-Level Lumbar Disease. *Clinical Spine Surgery*, **34**, E64-E71. <https://doi.org/10.1097/BSD.0000000000001024>
- [24] Merter, A., Karaeminogullari, O. and Shibayama, M. (2020) Comparison of Radiation Exposure among 3 Different Endoscopic Discectomy Techniques for Lumbar Disk Herniation. *World Neurosurgery*, **139**, e572-e579. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.04.079>
- [25] Eun, S.S., Eum, J.H., Lee, S.H. and Sabal, L.A. (2017) Biportal Endoscopic Lumbar Decompression for Lumbar Disk Herniation and Spinal Canal Stenosis: A Technical Note. *Journal of Neurological Surgery, Part A: Central European Neurosurgery*, **78**, 390-396. <https://doi.org/10.1055/s-0036-1592157>
- [26] Kim, S.K., Kang, S.S., Hong, Y.H., et al. (2018) Clinical Comparison of Unilateral Biportal Endoscopic Technique versus Open Microdiscectomy for Single-Level Lumbar Discectomy: A Multicenter, Retrospective Analysis. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, **13**, Article No. 22. <https://doi.org/10.1186/s13018-018-0725-1>
- [27] Choi, D.J., Jung, J.T., Lee, S.J., et al. (2016) Biportal Endoscopic Spinal Surgery for Recurrent Lumbar Disc Herniations. *Clinics in Orthopedic Surgery*, **8**, 325-329. <https://doi.org/10.4055/cios.2016.8.3.325>
- [28] Choi, K.C., Shim, H.K., Kim, J.S., et al. (2019) Cost-Effectiveness of Microdiscectomy versus Endoscopic Discecto-

- my for Lumbar Disc Herniation. *The Spine Journal*, **19**, 1162-1169. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2019.02.003>
- [29] Park, J.H., Jung, J.T. and Lee, S.J. (2018) How I Do It: L5/S1 Foraminal Stenosis and Far-Lateral Lumbar Disc Herniation with Unilateral Bi-Portal Endoscopy. *Acta Neurochirurgica (Wien)*, **160**, 1899-1903. <https://doi.org/10.1007/s00701-018-3630-9>
- [30] Heo, D.H., Sharma, S. and Park, C.K. (2019) Endoscopic Treatment of Extraforaminal Entrapment of L5 Nerve Root (Far out Syndrome) by Unilateral Biportal Endoscopic Approach: Technical Report and Preliminary Clinical Results. *Neurospine*, **16**, 130-137. <https://doi.org/10.14245/ns.1938026.013>
- [31] Kang, T., Park, S.Y., Park, G.W., Lee, S.H., Park, J.H. and Suh, S.W. (2020) Biportal Endoscopic Discectomy for High-Grade Migrated Lumbar Disc Herniation. *Journal of Neurosurgery: Spine SPI*, **33**, 360-365. <https://doi.org/10.3171/2020.2.SPINE191452>
- [32] Park, H.J., Kim, S.K., Lee, S.C., *et al.* (2020) Dural Tears in Percutaneous Biportal Endoscopic Spine Surgery: Anatomical Location and Management. *World Neurosurgery*, **136**, e578-e585. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.01.080>
- [33] Lee, H.G., Kang, M.S., Kim, S.Y., *et al.* (2021) Dural Injury in Unilateral Biportal Endoscopic Spinal Surgery. *Global Spine Journal*, **11**, 845-851. <https://doi.org/10.1177/2192568220941446>
- [34] Kim, J.E., Choi, D.J., Kim, M.C., *et al.* (2019) Risk Factors of Postoperative Spinal Epidural Hematoma after Biportal Endoscopic Spinal Surgery. *World Neurosurgery*, **129**, e324-e329. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2019.05.141>
- [35] Ahn, D.K., Lee, J.S., Shin, W.S., *et al.* (2021) Postoperative Spinal Epidural Hematoma in a Biportal Endoscopic Spine Surgery. *Medicine (Baltimore)*, **100**, e24685. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000024685>
- [36] Kim, W., Kim, S.K., Kang, S.S., *et al.* (2020) Pooled Analysis of Unsuccessful Percutaneous Biportal Endoscopic Surgery Outcomes from a Multi-Institutional Retrospective Cohort of 797 Cases. *Acta Neurochirurgica (Wien)*, **162**, 279-287. <https://doi.org/10.1007/s00701-019-04162-2>
- [37] Torudom, Y. and Dilokhuttakarn, T. (2016) Two Portal Percutaneous Endoscopic Decompression for Lumbar Spinal Stenosis: Preliminary Study. *Asian Spine Journal*, **10**, 335-342. <https://doi.org/10.4184/asj.2016.10.2.335>