

内镜下手术治疗重度游离型腰椎间盘突出症的研究进展

许一凡, 杜宇*

重庆医科大学附属第二医院骨科, 重庆

收稿日期: 2024年4月29日; 录用日期: 2024年5月24日; 发布日期: 2024年5月31日

摘要

重度游离型腰椎间盘突出症(HM-LDH)被认为是一种特殊形式的腰椎间盘突出症。随着微创脊柱技术的不断进步, 经皮脊柱内镜下的腰椎髓核切除术成为众多外科医生治疗腰椎间盘突出症的首选方案。对于重度游离型腰椎间盘突出症, 传统手术路径如经椎板间入路, 经椎间孔入路时, 难以彻底移除游离的髓核组织, 可能导致减压不完全。并且存在诸如神经根损伤、关节损伤等并发症的风险。经对侧椎间孔入路对同侧小关节损伤较小, 但长距离操作损伤神经风险较大。经椎板打孔入路能降低神经损伤风险, 却难度较高。本研究回顾了国内外的相关文献, 对内镜下手术治疗HM-LDH的方法、治疗效果以及并发症进行了综述, 旨在为临床诊疗提供参考依据。

关键词

腰椎间盘突出症, 重度游离突出, 经皮脊柱内镜

Research Progress of Endoscopic Surgery in the Treatment of Highly Migrated Lumbar Disc Herniation

Yifan Xu, Yu Du*

Department of Orthopedics, The Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing

Received: Apr. 29th, 2024; accepted: May 24th, 2024; published: May 31st, 2024

Abstract

Highly migrated lumbar disc herniation is considered to be a specific form of lumbar disc hernia-
*通讯作者。

tion. With the development of minimally invasive spinal techniques, percutaneous endoscopic lumbar nucleospodectomy has become the first choice for many surgeons to treat lumbar disc herniation. For highly migrated lumbar disc herniation, traditional surgical approaches such as the interlaminar approach or the foraminal approach are difficult to completely remove the free nucleus pulposus tissue, which may lead to incomplete decompression. There is also a risk of complications such as nerve root damage and joint damage. The contralateral foraminal approach has little damage to the ipsilateral facet joints, but the long distance operation has a greater risk of nerve damage. Translaminar perforation can reduce the risk of nerve damage, but it is difficult. This study reviewed the relevant literature at home and abroad, and reviewed the methods, therapeutic effects and complications of endoscopic surgery for HM-LDH, aiming to provide reference for clinical diagnosis and treatment.

Keywords

Lumbar Disc Herniation, Highly Migration, Percutaneous Spinal Endoscopy

Copyright © 2024 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(Lumbar Disc Herniation, LDH)作为脊柱外科中最常见的疾病之一,是由于椎间盘髓核退行性变或外部暴力等因素导致其穿过纤维环,突破了后纵韧带并移至硬脊膜前方,进一步压迫于硬脊膜和神经根,导致出现腰部疼痛及下肢放射性疼痛。据文献报道,游离型腰椎间盘突出比例介于35%至72%之间[1],其中下移的轻度游离型较常见[2][3][4]。Ahn [3]等研究者通过影像学研究指出,重度游离型腰椎间盘突出(Highly Migrated LDH, H-M LDH)被认为是一种特殊形式的LDH,其在所有游离LDH中的发生率约为35%。随着微创脊柱技术的不断进步,经皮脊柱内镜下的腰椎髓核切除术(Percutaneous Endoscopic Lumbar Discectomy, PELD)已经成为近年来微创脊柱手术领域的一种新兴手术方法,成为众多外科医生治疗LDH的首选方案[5][6]。对于重度游离型腰椎间盘突出(HM-LDH),其椎间盘突出部位远离间盘正常位置,使得采用传统手术路径时,手术工作通道与突出部位之间的距离较远[7]。此外,手术通道的建立角度受到限制,以及骨质结构的遮挡,均增加了手术难度,难以彻底移除游离的髓核组织,可能导致减压不完全。在此情况下,存在诸如突出物残留在椎管内、神经根损伤、硬脊膜撕裂等并发症的风险,手术失败率可高达20%[7]。然而,随着对该病症认识的加深、手术技术与器械的不断进步,以及国内外专家对此技术的持续探索与创新,通过内镜进行的手术治疗HM-LDH已取得了显著成效。本研究回顾了国内外的相关文献,对内镜下手术治疗HM-LDH的方法、治疗效果以及并发症进行了综述,旨在为临床诊疗提供参考依据。

2. 重度游离型腰椎间盘突出(H-M LDH)的定义

在2007年, Lee [7]等研究者通过分析腰椎MRI的矢状位图像,对腰椎间盘突出后在椎管内的定位进行了分类,共划分为四个区域:第一区定义为远端向上型,此区域内的脱出物位于上方椎弓根的下缘起3 mm范围内;第二区被指为近端向上型,覆盖了上方椎弓根下缘3 mm到上方椎体下缘之间的区域;第三区为近端向下型,涵盖从下方椎弓根的中点到下方椎体上缘之间的范围;第四区,即远端向下型,包含从下方椎弓根的下缘到中点之间的区域。并将游离至1区、4区及更远区域的LDH定义为重度

游离型 LDH (Highly Migrated LDH, HM-LDH)。继之, Choi [8]等研究者定义了髓核移位超过上下椎间盘后缘高度的情况为 HM-LDH, 而 Kim [9]等人基于这一分类提出了新的分级方法, 将超过相邻向上或向下椎弓根下缘的髓核定为极重度游离型 LDH (Very Highly Migrated LDH)。尽管现有的临床研究成果显示, 在多级分型系统中, 仅椎弓根下缘水平线的平行界限作为极重度游离型 LDH 的分界线这一标准获得了一致认同[4], 对于常见的重度游离型 LDH 的分类仍没有定论。Lee、Choi、Kim 等学者提出的分型方法, 由于缺乏明确的解剖学标记来界定重度游离的范围, 在进行测量时可能遇到困难, 这些系统也没有考虑到患者椎间盘高度和间盘后缘间隙高度的个体差异, 因而存在一定的局限性。为了克服这些限制, Ahn [3]等学者提出了一种新的六级分型系统: 通过分别在椎间盘上缘或下缘与其临近节段的椎弓根下缘的水平线间画出一个中分线, 将未超过此线的 LDH 分类为轻度游离型 LDH, 超过此线但未超过邻近上或下方椎弓根下缘线的 LDH 定义为重度游离型 LDH, 而超出椎弓根下缘线的为极重度游离型。这一新系统的优势在于测量方式更为直观、简便, 并能考虑到每位患者的解剖学差异。通过对 101 例患者的影像学检查结果进行回顾性评估, 作者认为, 与 Lee、Choi 和 Kim 的分型系统相比, 新的六级分型系统能提供更直观、客观的测量, 其在定义游离型 LDH 的分级中显示出更高的可靠性和可操作性, 从而更好地指导手术方案的选择[3]。

3. 脊柱内镜手术治疗重度游离型 LDH

在临床实践中, 重度游离型腰椎间盘突出症(HM-LDH)典型表现包括腰部疼痛及剧烈的坐骨神经痛, 这些症状可能同时伴随着患者下肢的感觉异常和肌力下降。面对那些对非手术治疗方法效果不佳的患者, 手术介入往往成为了一种不可避免的选择[10]。手术方法中, 全内窥镜腰椎间盘摘除术(Full-endoscopic Lumbar Discectomy, FELD)因其微创特性受到了广泛的关注。然而, 因腰椎固有的解剖特征, 如椎弓根和椎板的阻碍、椎板间隙以及椎间孔的狭窄等, 这些限制不仅增加了手术过程的复杂性, 还可能导致手术后椎间盘髓核遗留和症状未能得到有效改善, 这可能会对 FELD 手术的执行构成挑战。此外, 这些解剖结构的特点要求外科医生必须具备高度的技能和经验, 以确保在维持手术安全性的同时, 能够有效地移除椎间盘髓核, 减少术后可能出现的并发症。因此, 虽然 FELD 手术提供了一种相对微创的治疗选择, 但其成功执行依赖于对腰椎解剖结构深入的理解和精细的手术操作技巧。根据 Lee [11]和 Choi [8]等研究者的观点, 在进行全内窥镜腰椎间盘切除术(FELD)治疗重度游离型腰椎间盘突出(HM-LDH)的患者群体中观察到的失败率达到了 21.1%, 显著高于那些仅有轻度游离型椎间盘突出的患者。基于此, 他们倾向于推荐更为传统的开放式手术方法。尽管从理论和实践的角度来看, FELD 手术在减少术中组织损伤、降低出血量、最小化对骨性结构的破坏、保护腰椎的稳定性以及加快患者术后恢复的方面具有不可忽视的优势[8], 但其优势主要体现在非游离型或轻度游离型的椎间盘突出症患者身上。当面对 HM-LDH 这类病例时, FELD 手术遇到的主要挑战在于内镜下术后视野的限制, 这使得彻底移除重度游离的椎间盘髓核变得更加困难, 进而增加了术后髓核残留的风险[11]。此外, 与轻度游离型 LDH 患者相比, HM-LDH 患者术后的症状改善和影像学复查结果往往不尽人意, 这种情况下, HM-LDH 甚至被认为是 FELD 手术的相对禁忌。因此, 在选择治疗方案时, 尽管 FELD 手术的微创优势明显, 医生和患者仍需要综合考虑椎间盘突出的程度、患者的具体情况以及手术的可能风险。特别是在处理复杂的 HM-LDH 病例时, 选择一种能够提供充分术中视野, 确保能够彻底移除髓核材料的手术方法显得尤为重要。随着 Kambin 安全三角区的发现[12], 脊柱内窥镜技术经历了快速的发展。手术器械的不断改良和手术技术的创新, 使得脊柱内镜手术不再仅限于治疗腰椎间盘突出症(LDH), 还扩展至处理椎体滑脱、椎体融合、脊柱肿瘤和感染等更复杂的病症。然而, 面对重度游离型 LDH 的治疗, 手术的复杂度仍是对外科医生技能水平的严峻考验。在进行内镜手术以彻底移除重度游离的髓核时, 可能需要进行椎板或小关节的成形。此外, 建立手

术通道可能会在一定程度上限制手术视野, 使得传统的全内镜下腰椎间盘突出切除术难以彻底切除侧隐窝内的椎间盘。Choi [13]等研究者发现, 当髓核移位超过 8 mm 时, 手术失败的风险显著增加, 指出选择合适的术入路至关重要。本综述文章回顾了通过椎板间入路、经椎间孔入路、经对侧椎间孔入路和经椎板打孔入路治疗重度游离型 LDH 的最新研究进展。

3.1. 经椎板间入路内镜下腰椎间盘突出术

自 Ruetten [14]等学者在 2006 年首次报告经椎板间隙腰椎间盘突出术(interlaminar endoscopic lumbar discectomy, IELD)以来, 该技术逐渐获得脊柱外科医生的广泛认可。IELD 利用椎板间无骨性结构的特点, 作为自然的手术通道, 使得在不受高髂嵴、椎间孔尺寸或神经出口根限制的情况下, 能够直接观察并彻底移除椎管内的游离椎间盘髓核, 且无需进行关节突成形, 最大程度保持小关节稳定[15]。Inomata [16]及其团队通过 L5/S1 椎板间隙入路行内镜手术, 成功地对三例位于 L4/5 的 HM-LDH 患者进行了治疗, 并取得了令人满意的治疗效果。尽管对 L5/S1 段的 HM-LDH 采用椎板间入路的手术已经证明了其有效性, 理论上, L4/5 及更高节段的 LDH 也可以通过经椎板间入路进行治疗。然而, 由于椎板间隙的狭窄和椎间盘与椎板间隙层面的相对位置问题, 手术效果可能不尽如人意[17][18]。刘元彬[19]等研究者采用 IELD 治疗了 45 例游离型 LDH, 根据 MacNab 标准, 6 个月术后优良率达 93.3%。Wu [20]等研究者的回顾性研究发现, 在经 PELD 治疗重度游离型 LDH 的 58 例患者中, 椎间孔入路的满意率为 87.8%, 而椎板间入路的满意率为 100%, 优良率为 91.4%, 显示椎板间入路对于 L4/5 和 L5/S1 节段重度游离型 LDH 的治疗更为有效。IELD 为一种结合了传统开放式椎间盘切除术和最新内镜技术优势的创新方法, 显著优化了手术流程。通过最小化对周围骨性结构的损伤, 保护脊柱运动节段的稳定性, 还有效缩短了整个手术过程的持续时间, 并显著减少了术中需要进行透视的次数。借助高度可视化的手术器械, 如磨钻和环锯, 椎板间入路还能进一步扩展了手术视野, 有效避免了通过椎间孔入路时可能遇到的髓核遗留问题, 从而提升了手术的总体成功率[21]。然而, 尽管经椎板间入路的手术方法在许多方面都展现出其显著的优势, 但它同样伴随着一定的局限性和潜在风险。作为椎间隙后方入路的一种, 这种手术方式在术后可能在患者的背部留下疤痕, 增加了椎管内粘连和神经根粘连的风险, 这些都可能对患者的长期恢复产生不利影响。此外, 若初次手术未能达到预期效果, 患者若需进行二次手术, 则面临的挑战和难度会大大增加。但也有研究者[19]指出, 在对巨大移位型腰椎间盘突出症的治疗中, 经椎板间入路腰椎间盘突出术已被证实能够提供显著的治疗效果, 并获得了患者的广泛认可和高度满意。然而, 尽管 IELD 在临床上取得了良好的疗效, 其手术执行过程却相对复杂, 存在一定的技术门槛。特别是对于经验尚浅的医生而言, 掌握该技术的学习曲线相对陡峭, 面临的技术挑战较大。这不仅考验医生的手术技能, 也需要对相关解剖结构有深入的理解和精准的操作能力。此外, IELD 手术过程中的一个主要限制因素是内镜工作通道直径的大小, 这可能导致手术视野受限。由于视野的局限性, 医生在手术中可能难以一次性完全摘除脱落的髓核组织, 有时导致髓核摘除不彻底。这种不完全摘除的情况, 可能会在术后残留症状, 影响治疗效果并最终评估。因此, 尽管 IELD 为治疗巨大移位型腰椎间盘突出症提供了一种有效的手段, 医生仍需对手术中可能出现的挑战和限制有充分的预见, 以确保术后的最佳治疗效果[22]。

3.2. 经椎间孔入路内镜下腰椎间盘突出术

相较于传统的后入路开放性手术, 经皮脊柱内镜(Transforaminal Endoscopic Spine System, TESSYS)手术以其微创性小、术中出血少、术后恢复迅速以及短期内疗效确切等优点而受到推崇, 特别是在直视下切除巨大或游离的椎间盘髓核方面表现出色[23][24]。在进行经椎板间入路的手术下腰椎间盘突出手术时, 可能对腰椎旁肌肉及腰椎椎板的骨质结构造成不可忽视的损伤。此类损伤有可能导致一部分接受手

术治疗的患者在术后感受到腰背部的疼痛。此外, 在手术过程中暴露患处髓核的操作中, 不得不切断黄韧带, 同时在手术操作过程中可能对硬脊膜以及神经根施加过大的牵拉, 在术后引发较为严重的组织粘连, 并可能留下各种程度的残留症状。与经椎板间入路的手术相比, 经椎间孔入路的脊柱内镜手术(transforaminal endoscopic lumbar discectomy, TELD)在减少对椎管后部结构损害方面表现更为优异, 同时也在减少对椎管内部组织结构干扰方面有所成效。然而, 在面对重度游离型LDH时, 传统的经椎间孔入路手术, 往往会由于椎间盘组织的高度位移, 导致其超出了关节突成形后内镜的视野范围, 从而使彻底移除变得更加困难。要想清楚地显示这些结构, 往往需要对椎间孔成形的范围进行扩大, 这种扩大有可能会对关节突造成更加严重的损害。Lee等研究者指出, 经椎间孔入路进行的内镜手术在治疗巨大脱出型LDH及HM-LDH时有高达15.7%的手术失败率[7]。而Ahn[10]等研究者报道, 通过经椎间孔入路治疗极重度游离型LDH(椎间盘移位超过椎弓根下缘), 术后6周和1年的VAS评分及ODI指数均与术前相比有显著改善, 故其认为, 通过椎间孔入路置入工作通道进入椎管时, 不会干扰腰部后方肌肉、韧带和小关节, 从而保护了脊柱稳定性不受破坏。在处理极重度游离型腰椎间盘突出症(LDH)时, 必要时需将手术通道尽量倾斜以接近游离髓核的最远端, 但由于椎弓根、关节突关节和出口神经根等解剖结构的存在, 通道难以直达目标区域, 使得常规的椎间孔镜技术在治疗重度游离型LDH上效果有限[25]。张波波[26]等研究者基于TESSYS技术的原有优势上推陈出新, 对于游离髓核的精确位置进行个性化的穿刺方向规划, 通过对椎间孔成形范围的有意扩大, 成功实现了一种既具有微创特点又极为精确的手术操作策略。取得了出色的临床治疗成效, 这种方法的应用极大地提高了手术的精度, 同时最小化了手术带来的创伤。李涛[27]等学者通过采用可视化环锯辅助的TELD技术治疗37例极重度游离型LDH患者, 疗效确切, 显示了该技术在术中操作简易、安全性高、术后并发症少等优点, 同时取得了卓越的治疗成果。然而, 由于HM-LDH通常由多块且体积较大的髓核组成, 在内镜下不易完全显露, 易导致髓核残留和术后症状持续, 也有可能操作过程中压迫到异常位置的神经根, 增加了神经根损伤的风险[4]。Hu[28]等研究者通过椎间孔进行椎弓峡部成形并实施内镜下腰椎间盘切除术治疗向上极重度游离型LDH, 术后患者症状明显缓解, MRI显示神经减压充分, 游离髓核被彻底摘除, 且椎弓峡部成形不损害腰椎的稳定性。目前, 尚无研究明确关节突成形的安全范围, TELD治疗HM-LDH仍对脊柱外科医生构成挑战。

3.3. 经对侧椎间孔入路内镜下腰椎间盘切除术

对于重度游离型腰椎间盘突出症, 采用患侧入路放置工作通道并进行减压时, 难以完全移除脱出的椎间盘髓核。这主要是因为脱出的髓核常常位于同侧椎弓根的内侧, 而患侧椎弓根的位置、骨质增生甚至椎间孔狭窄等因素可能阻碍通道的放置或减压的过程。为了彻底解除压迫, 可能需要增加通道的角度以接近目标区域, 这样做增加了损害同侧神经出口根的风险。而通过采用对侧椎间孔入路, 穿刺点设置在健侧, 且更偏外侧和水平, 从而降低了放置通道和探查时对神经的损害风险。Kim[29]等研究者于2011年首次报道了通过对侧椎间孔入路进行的PELD手术治疗HM-LDH, 并指出这种手术入路不需要对患侧椎弓根或椎间孔进行扩大成形, 在减少术后脊柱稳定性损失和神经损伤风险的同时, 能更彻底地切除突出的髓核。石磊[30]等研究者也通过经对侧椎间孔入路对HM-LDH进行了治疗, 并取得了确切的疗效。尽管该技术提供了显著的优势, 研究者同时指出, 通过经对侧椎间孔入路PELD手术由于放置工作通道的距离较长, 可能会导致对邻近的神经、血管及硬膜囊的医源性损伤风险的增加[30]。这一风险的提高不仅凸显了在实施此项技术时对手术技巧精准度的更高要求, 而且强调了对解剖结构深入认识与理解的重要性。因此, 这要求外科医生在手术前后进行细致的规划和评估, 以确保最小化任何潜在的医源性伤害。通过提高对这些关键因素的认识, 外科医生可以有效地降低手术中的风险, 同时提高手术的总体成功率。鉴于该技术并非传统的经皮椎间孔镜下椎间盘摘除术的标准路径, 它带来的对神经、血管和硬膜囊潜在

损害的风险需要医师进行细致的考量。因此, 实施此类手术不仅要求医师具备丰富的临床经验, 更要求其在熟悉相关解剖结构及精通常规 PELD 手术技能的基础上, 进行谨慎和精确的操作。

3.4. 经椎板打孔入路内镜下腰椎间盘突出术

自 20 世纪末以来, 已有学者实施经椎板打孔入路进行的内镜下腰椎间盘突出术[31]。Du [32]等研究团队也对七位遭受 HM-LDH 困扰的患者予以了经椎板打孔入路 PELD 治疗, 并有效地缓解患者的症状。Chen [33]等学者也对 21 名重度游离型 LDH 患者采用经椎板打孔入路的经皮椎间孔镜(PELD)手术, 术后患者症状显著改善, 一年随访期间未见并发症发生及 LDH 复发。与其他手术入路相比, 此方法的优点在于能直接定位到脱出髓核的最远端作为穿刺靶点, 从而彻底移除重度游离的髓核, 并以此为起点向椎间盘水平进行探查, 实现尽可能完整的髓核摘除。由于所选靶点内侧面组织阻碍, 去除了骨性结构之后, 便能够直接进入椎管内。这种方法利用了更短的通道和操作距离, 降低了因长距离置入通道或大范围成形扩张造成损伤的可能性, 从而有效降低了并发症的发生风险。此外, 该技术对黄韧带的损害程度较低, 这一特点有助于减轻术后瘢痕形成的可能。然而, 值得注意的是, 由于建立通道时前方缺少黄韧带的保护, 建立骨性通道的过程中可能导致硬膜囊或神经根损伤。同时, 由于靶点与突出的椎间盘不在同一平面, 虽能移除游离髓核的远端, 但可能难以彻底清理病灶根部和椎间盘间隙, 存在椎间盘水平髓核残留或复发的可能[22]。因此, 该入路作为椎板间入路或椎间孔入路无法彻底摘除重度游离椎间盘时的备选方案, 不推荐作为治疗 LDH 的常规手术入路。

4. 小结与展望

腰椎间盘突出症作为脊柱退行性疾病的一种典型表现, 在临床工作中十分常见。随着医学研究的深入和手术工具技术的不断进步, PELD 以其卓越的安全性、较低的出血风险以及微创性质等显著优势, 已经逐渐被众多脊柱外科医生认定为治疗 LDH 的首选方案。目前, 针对 PELD, 医学界已经发展了多样化的手术入路技术。在这一背景下, 合理的手术入路选择对于达到最佳的 LDH 治疗效果发挥着至关重要的作用, 其中彻底清除造成神经压迫的髓核组织被认为是选择手术入路的基本原则[34]。对于 HM-LDH, 如果患者的患侧椎间孔较大, 且手术操作空间充足, 采用经椎间孔入路的 PELD 方法尤为适宜。然而, 在需要进行关节突关节或椎弓根过度成形以实现彻底的减压时, 该手术方法可能对小关节的稳定性造成损害。同时, 对于椎板间隙适中的 HM-LDH 情况, 如 L5/S1 节段, 经椎板间入路 PELD 则展现出更好的适应性。而经对侧椎间孔入路虽然可以在避免损害患侧稳定性的前提下处理重度游离的椎间盘组织, 但更长的操作距离可能提升神经损伤的风险。经椎板打孔入路则因其短操作距离、能够彻底摘除严重游离髓核、降低术后复发风险等优点而获得青睐, 并且该方法通过保留完整的关节突关节, 有效避免了稳定性的损失。然而, 由于椎板腹侧缺乏足够的软组织和韧带保护, 使用环锯或磨钻打孔时存在对神经造成损伤的潜在风险, 因此, 这一入路被视为其他手术入路的替代方案。总体而言, 治疗重度游离型 LDH 对于脊柱外科医生来说依然是一个极具挑战的任务。尽管多种手术入路已经展现出了优异的治疗成果, 但关于 PELD 最佳内镜入路的选择仍然没有达成统一的共识。因此, 医生在进行手术方案选择时, 应当充分考虑到患者的具体情况和影像学资料, 以安全性和微创性为基本原则, 选取最适合患者的手术方法。

参考文献

- [1] Choi, K.C., Lee, D.C., Shim, H.K., Shin, S.H. and Park, C.K. (2017) A Strategy of Percutaneous Endoscopic Lumbar Discectomy for Migrated Disc Herniation. *World Neurosurgery*, **99**, 259-266. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2016.12.052>
- [2] Kuzeyli, K., Cakir, E., Usul, H., Baykal, S., Yazar, U., Karaarslan, G., Arslan, E. and Peksoylyu, B. (2003) Posterior

- Epidural Migration of Lumbar Disc Fragments: Report of Three Cases. *Spine*, **28**, E64-E67. <https://doi.org/10.1097/01.BRS.0000042272.17850.49>
- [3] Ahn, Y., Kim, J.E., Yoo, B.R. and Jeong, Y.M. (2022) A New Grading System for Migrated Lumbar Disc Herniation on Sagittal Magnetic Resonance Imaging: An Agreement Study. *Journal of Clinical Medicine*, **11**, Article 1750. <https://doi.org/10.3390/jcm11071750>
- [4] Benzakour, T., Igoumenou, V., Mavrogenis, A.F. and Benzakour, A. (2019) Current Concepts for Lumbar Disc Herniation. *International Orthopaedics*, **43**, 841-851. <https://doi.org/10.1007/s00264-018-4247-6>
- [5] Kim, M., Lee, S., Kim, H.S., Park, S., Shim, S.Y. and Lim, D.J. (2018) A Comparison of Percutaneous Endoscopic Lumbar Discectomy and Open Lumbar Microdiscectomy for Lumbar Disc Herniation in the Korean: A Meta-Analysis. *BioMed Research International*, **2018**, Article ID: 9073460. <https://doi.org/10.1155/2018/9073460>
- [6] Shi, R., Wang, F., Hong, X., Wang, Y.T., Bao, J.P., Liu, L., Wang, X.H., Xie, Z.Y. and Wu, X.T. (2019) Comparison of Percutaneous Endoscopic Lumbar Discectomy versus Microendoscopic Discectomy for the Treatment of Lumbar Disc Herniation: A Meta-Analysis. *International Orthopaedics*, **43**, 923-937. <https://doi.org/10.1007/s00264-018-4253-8>
- [7] Lee, S.H., Kang, B.U., Ahn, Y., Choi, G., Choi, Y.G., Ahn, K.U., Shin, S.W. and Kang, H.Y. (2006) Operative Failure of Percutaneous Endoscopic Lumbar Discectomy: A Radiologic Analysis of 55 Cases. *Spine*, **31**, E285-E290. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000216446.13205.7a>
- [8] Choi, G., Lee, S.H., Lokhande, P., Kong, B.J., Shim, C.S., Jung, B. and Kim, J.S. (2008) Percutaneous Endoscopic Approach for Highly Migrated Intracanal Disc Herniations by Foraminoplasty Using Rigid Working Channel Endoscope. *Spine*, **33**, E508-E515. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31817bf1a1a>
- [9] Kim, C.H., Chung, C.K. and Woo, J.W. (2016) Surgical Outcome of Percutaneous Endoscopic Interlaminar Lumbar Discectomy for Highly Migrated Disk Herniation. *Clinical Spine Surgery*, **29**, E259-E266. <https://doi.org/10.1097/BSD.0b013e31827649ea>
- [10] Ahn, Y., Jang, I.T. and Kim, W.K. (2016) Transforaminal Percutaneous Endoscopic Lumbar Discectomy for Very High-Grade Migrated Disc Herniation. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, **147**, 11-17. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2016.05.016>
- [11] Lee, S., Kim, S.K., Lee, S.H., Kim, W.J., Choi, W.C., Choi, G. and Shin, S.W. (2007) Percutaneous Endoscopic Lumbar Discectomy for Migrated Disc Herniation: Classification of Disc Migration and Surgical Approaches. *European Spine Journal*, **16**, 431-437. <https://doi.org/10.1007/s00586-006-0219-4>
- [12] Ahn, Y., Youn, M.S. and Heo, D.H. (2019) Endoscopic Transforaminal Lumbar Interbody Fusion: A Comprehensive Review. *Expert Review of Medical Devices*, **16**, 373-380. <https://doi.org/10.1080/17434440.2019.1610388>
- [13] Choi, K.C., Kim, J.S., Ryu, K.S., Kang, B.U., Ahn, Y. and Lee, S.H. (2013) Percutaneous Endoscopic Lumbar Discectomy for L5-S1 Disc Herniation: Transforaminal versus Interlaminar Approach. *Pain Physician*, **16**, 547-556. <https://doi.org/10.36076/ppj.2013/16/547>
- [14] Ruetten, S., Komp, M. and Godolias, G. (2006) A New Full-Endoscopic Technique for the Interlaminar Operation of Lumbar Disc Herniations Using 6-mm Endoscopes: Prospective 2-Year Results of 331 Patients. *Minimally Invasive Neurosurgery*, **49**, 80-87. <https://doi.org/10.1055/s-2006-932172>
- [15] Huang, K., Chen, G., Lu, S., Lin, C., Wu, S., Chen, B., Ying, J., Wang, Y., Zhu, M. and Teng, H. (2021) Early Clinical Outcomes of Percutaneous Endoscopic Lumbar Discectomy for L4-5 Highly Down-Migrated Disc Herniation: Interlaminar Approach versus Transforaminal Approach. *World Neurosurgery*, **146**, E413-E418. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.10.105>
- [16] Inomata, Y., Oshima, Y., Inoue, H., Takano, Y., Inanami, H. and Koga, H. (2018) Percutaneous Endoscopic Lumbar Discectomy via Adjacent Interlaminar Space for Highly Down-Migrated Lumbar Disc Herniation: A Technical Report. *Journal of Spine Surgery*, **4**, 483-489. <https://doi.org/10.21037/jss.2018.05.30>
- [17] Xin, Z., Liao, W., Ao, J., Qin, J., Chen, F., Ye, Z. and Cai, Y. (2017) A Modified Translaminar Osseous Channel-Assisted Percutaneous Endoscopic Lumbar Discectomy for Highly Migrated and Sequestered Disc Herniations of the Upper Lumbar: Clinical Outcomes, Surgical Indications, and Technical Considerations. *BioMed Research International*, **2017**, Article ID: 3069575. <https://doi.org/10.1155/2017/3069575>
- [18] 聂鸿飞, 曾建成, 宋跃明, 等. 经皮椎板间入路与经皮椎间孔入路内窥镜下椎间盘切除术治疗 L5/S1 椎间盘突出症的短期疗效比较[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2016, 26(3): 225-232.
- [19] 刘元彬, 张智, 郑佳状, 等. 经椎板间入路椎间孔镜治疗巨大游离型腰椎间盘切除术[J]. 中国微创外科杂志, 2018, 18(7): 616-618.
- [20] Wu, C., Lee, C.Y., Chen, S.C., Hsu, S.K. and Wu, M.H. (2021) Functional Outcomes of Full-Endoscopic Spine Surgery for High-Grade Migrated Lumbar Disc Herniation: A Prospective Registry-Based Cohort Study with More than 5

- Years of Follow-Up. *BMC Musculoskeletal Disorders*, **22**, Article No. 58. <https://doi.org/10.1186/s12891-020-03891-1>
- [21] Ma, C., Li, H., Wei, Y., Liu, L., Shi, Y. and Ren, Y. (2021) Percutaneous Endoscopic Lumbar Discectomy for Huge Lumbar Disc Herniation with Complete Dural Sac Stenosis via an Interlaminar Approach: An Observational Retrospective Cohort Study. *International Journal of General Medicine*, **14**, 8317-8324. <https://doi.org/10.2147/IJGM.S341309>
- [22] 刘学光, 孙振中. 全内镜下手术治疗高度移位型腰椎间盘突出症的研究进展[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2023, 33(6): 564-569.
- [23] Yuan, C., Zhou, Y., Pan, Y. and Wang, J. (2020) Curative Effect Comparison of Transforaminal Endoscopic Spine System and Traditional Open Discectomy: A Meta-Analysis. *ANZ Journal of Surgery*, **90**, 123-129. <https://doi.org/10.1111/ans.15579>
- [24] Wu, X.D., Chen, Y., Yu, W.C., Liu, Y., Cao, P., Tian, Y., Wang, X.W., Chen, H.J., Ye, X.J., Yuan, W. and Yeung, A. (2018) Effectiveness of Bi-Needle Technique (Hybrid Yeung Endoscopic Spine System/Transforaminal Endoscopic Spine System) for Percutaneous Endoscopic Lumbar Discectomy. *World Neurosurgery*, **119**, e53-e59. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.06.220>
- [25] Ruetten, S., Komp, M., Merk, H. and Godolias, G. (2009) Recurrent Lumbar Disc Herniation after Conventional Discectomy: A Prospective, Randomized Study Comparing Full-Endoscopic Interlaminar and Transforaminal versus Microsurgical Revision. *Spinal Disorders & Techniques*, **22**, 122-129. <https://doi.org/10.1097/BSD.0b013e318175ddb4>
- [26] 张波波, 侯东峰, 王莹, 等. 椎间孔镜下靶点穿刺治疗游离脱垂型腰椎间盘突出症的临床疗效分析[J]. 中国现代医学杂志, 2021, 31(23): 62-66.
- [27] 李涛, 张同会, 谢维, 等. 可视化环锯辅助下椎间孔镜技术治疗脱出游离型腰椎间盘突出症[J]. 中国临床神经外科杂志, 2020, 25(9): 597-599.
- [28] Hu, Q.F., Pan, H., Fang, Y.Y. and Jia, G.Y. (2018) Percutaneous Endoscopic Lumbar Discectomy for High-Grade Down-Migrated Disc Using a Trans-Facet Process and Pedicle-Complex Approach: A Technical Case Series. *European Spine Journal*, **27**, 393-402. <https://doi.org/10.1007/s00586-017-5365-3>
- [29] Kim, J.S., Choi, G. and Lee, S.H. (2011) Percutaneous Endoscopic Lumbar Discectomy via Contralateral Approach: A Technical Case Report. *Spine*, **36**, E1173-E1178. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3182264458>
- [30] 石磊, 楚磊, 陈亮, 等. 经皮对侧椎间孔入路内窥镜下椎间盘切除术治疗游离型腰椎间盘突出症[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2014, 24(5): 412-416.
- [31] Di Lorenzo, N., Porta, F., Onnis, G., Cannas, A., Arbau, G. and Maleci, A. (1998) Pars Interarticularis Fenestration in the Treatment of Foraminal Lumbar Disc Herniation: A Further Surgical Approach. *Neurosurgery*, **42**, 87-90. <https://doi.org/10.1097/00006123-199801000-00018>
- [32] Du, J., Tang, X., Jing, X., Li, N., Wang, Y. and Zhang, X. (2016) Outcomes of Percutaneous Endoscopic Lumbar Discectomy via a Translaminar Approach, Especially for Soft, Highly Down-Migrated Lumbar Disc Herniation. *International Orthopaedics*, **40**, 1247-1252. <https://doi.org/10.1007/s00264-016-3177-4>
- [33] Chen, C., Sun, X., Liu, J., Ma, X., Zhao, D., Yang, H., Liu, G., Xu, B., Wang, Z. and Yang, Q. (2022) Targeted Fully Endoscopic Visualized Laminar Trepanning Approach under Local Anaesthesia for Resection of Highly Migrated Lumbar Disc Herniation. *International Orthopaedics*, **46**, 1627-1636. <https://doi.org/10.1007/s00264-022-05401-5>
- [34] Ahn, Y. (2012) Transforaminal Percutaneous Endoscopic Lumbar Discectomy: Technical Tips to Prevent Complications. *Expert Review of Medical Devices*, **9**, 361-366. <https://doi.org/10.1586/erd.12.23>