

· 综述 Review ·

退变性腰椎管狭窄症手术治疗的现状和研究进展

李傲穹 冀全博 王岩

DOI: 10.3969/j.issn.2095-252X.2021.02.013 中图分类号: R681.5

基金项目: 国家自然科学基金 (81672195)

作者单位: 100853 北京, 解放军总医院骨科

通讯作者: 王岩, Email: yanwang301@163.com

Status and research progress of surgical treatment of degenerative lumbar spinal stenosis LI Ao-qiong, JI Quan-bo, WANG Yan. Department of Orthopedics, PLA General Hospital, Beijing, 100853, China
Corresponding author: WANG Yan, Email: yanwang301@163.com

【Abstract】 Lumbar spinal stenosis is a lumbar degenerative disease discovered by French anatomy Portal in the early 19th century. With the aging of the population in China, the number of patients with degenerative lumbar spinal stenosis is increasing. No sufficient evidence has recommended any specific type of non-surgical treatment of it currently, while improvement of clinical symptoms after surgery is confirmed. This article collects literature reports on the surgical treatment of lumbar spinal stenosis in recent years to summarize the surgical methods currently used and the latest research progress, providing references for clinicians to formulate related treatment plans.

【Key words】 Lumbar vertebrae; Spinal stenosis; Decompression, surgical; Spinal fusion; Robotic surgical procedures; Review

【关键词】 腰椎; 椎管狭窄; 减压术, 外科; 脊柱融合术; 机器人手术; 综述

腰椎管狭窄症 (lumbar spinal stenosis, LSS) 是指由各种原因引起的骨质增生或纤维组织增生肥厚, 导致椎管或神经根管的矢状径较正常者狭窄, 刺激或压迫由此通过的脊神经根或马尾神经而引起的一系列临床症状^[1]。虽然椎管狭窄可能是先天存在的, 但更加常见的原因是腰椎的退行性改变, 因此在老年人中发病率较高^[2]。近年来, 随着我国人口老龄化逐渐加重, LSS 的发病率呈升高的趋势, 对中老年人的生活质量产生了严重影响, 而目前尚无明确证据表明有效果较理想的保守治疗方案, 手术治疗仍为治疗该疾病的主要措施。笔者整理了近年来应用较多以及最新出现的手术治疗方法并对其展开讨论。

一、椎管减压术

1. 传统开放式椎板切除: 减压是治疗 LSS 的基本原则和有效方法。传统开放式椎板切除是对 LSS 进行减压的经典手术方式, 包括全椎板切除术、有限椎板切除减压 (椎板开窗减压)。后路椎板全切除减压是治疗腰椎管狭窄的传统术式, 然而近年来有观点认为该术式创伤较大, 术中出血较多, 并且术后可能有出现椎旁肌无力或萎缩、腰椎不稳、硬膜周围水肿等并发症的风险^[3]。卢渊铭^[4]和陈王震等^[5]的研究表明有限椎板减压与全椎板切除减压用于治疗 LSS 均可获得明显手术效果, 但有限椎板减压术创伤更小, 手术时间更短、术中出血也较少。脊柱微创

手术已逐渐成为脊柱外科的主流观念, 椎板开窗减压虽是一项比较传统的技术, 但因其疗效确切、手术创伤较小、并发症风险较低等诸多优势, 在未来仍然可以作为治疗 LSS 的一种简单有效的手段, 尤其适合一些条件有限的医院开展。

2. 微创入路减压: 近几年来, 微创入路进行减压逐渐兴起, 主要包括以下几种术式: 微创椎板间减压 (minimally invasive interlaminar decompression, MILD)、单侧椎板切除双侧减压术 (unilateral laminectomy for bilateral decompression, ULBD)。MILD 术式取棘突水平的正中切口, 沿着中线纵行切开棘上韧带, 并与椎旁肌一起向旁侧拉开。使用高速钻切除头侧和尾侧裸露的棘突, 保持骨膜完整, 分别与黄韧带相连, 然后以标准方式减压。

ULBD 术式在中线外侧去单侧切口然后放置一个微创牵开器系统以创建手术通道, 并暴露椎板或棘突间隙。然后进行单侧椎板切除术, 通过修剪椎板和内侧面解决小关节肥大; 并通过此入路对对侧进行减压。最近有一项研究表明, 对于单节段减压, MILD 与 ULBD 两种手术方式的效果并无显著差异, 而对于多节段减压, 在术后的日本骨科协会 (Japanese orthopaedic association, JOA) 评分和疼痛视觉模拟评分 (visual analogue scale, VAS) 方面 ULBD 手术均具有优势^[3]。另外有多项研究表明 ULBD 与传统的全

椎板切除减压相比手术时间明显缩短,并且可以使脊柱的完整性和肌肉得到更好的保护,而在术后的疼痛和功能恢复以及并发症的发生率方面两者并无显著的差异^[6-8]。可以看到,ULBD手术是一项具有良好、明确效果的微创术式,相对于传统的开放椎板减压而言它可以避免后方结构的破坏,从而减少术后产生肌萎缩、脊柱不稳以及硬膜周围无效腔血肿形成等并发症的风险,作为一种可能的开放椎板减压的替代方案,具有非常大的吸引力。

MILD和ULBD均可以和内镜技术进行结合,进一步减小手术的创伤,笔者将在下文对其进行介绍。

3. 内镜下减压:内镜下减压是采用脊柱内镜以及相关的器械对狭窄的椎管进行减压的一项微创减压技术,是一项研究热点,可根据内镜性质进行分类:经皮内镜(全内镜)、微内镜和双门内镜。也可以根据以下方法进行分类:经椎间孔、椎板间、椎板前、椎板后和骶尾入路,其中治疗LSS最常用的是椎间孔入路和椎板间入路^[9]。其中最具代表性,使用和报道最多的是经皮椎间孔镜下减压手术(percutaneous transforaminal endoscopic decompression, PTED),目前多应用于侧隐窝狭窄或者椎间孔狭窄,但近年来也有应用于中央型狭窄的报道并取得了不错的疗效^[10]。PTED手术是在基础镇静和局部麻醉下,患者采取俯卧位。根据患者体型进针点选在中线侧面8~13cm。最初的进针目标点是下位椎体上关节突的中部,进针满意后给予0.5%利多卡因的局部麻醉,拔出内芯,置入导丝至椎间盘内,取出穿刺针,在进针点处用尖刀切开皮肤约8mm。沿导丝插入I级扩张导杆,保持其稳定后,再依次逐级插入扩张导杆对软组织进行扩张。采用直径由小到大的环锯逐级关节突成形,磨除增生的上关节突前外侧部分。置入工作套筒,C型臂机确定位置良好后,置入椎间孔镜。在镜下清理增生肥厚或钙化的黄韧带,摘除突出的椎间盘组织,去除增生的小关节及其它骨性结构,以达到减压的目的^[11-12]。Zhang等^[13]研究了PTED治疗LSS合并骨质疏松的疗效和安全性,将PTED和常规的经椎间孔腰椎融合术进行了比较,结果表明PTED组手术时间,出血量,住院时间,术后12、24、48h切口VAS评分,术后6个月腰腿痛VAS和腰椎ODI均显著低于对照组,术后6个月腰椎JOA评分显著高于对照组。PTED组总有效率明显高于对照组($P < 0.05$),不良反应发生率明显低于对照组。由此可见,对于合并骨质疏松的患者,PTED也是一个可行的选择。事实上,在脊柱外科使用椎间孔镜治疗椎间盘突出已经是一种非常普遍的技术,然而使用PTED治疗LSS的技术尚不够普及,PTED具有诸多优势,对于有适当适应证的患者,经过脊柱外科医生的合理判断,可以尝试开展。

使用椎板间入路的经皮内镜减压(percutaneous endoscopic decompression, PED)的手术指征是:(1)MRI和CT扫描显示中央或外侧隐窝狭窄,无椎间孔狭窄;

(2)神经源性跛行伴腿部疼痛,伴或不伴运动功能减退。椎板间PED则采用全身麻醉或者硬膜外麻醉,进针点被称作“V点”,位于上下椎板之间小关节的中下部。之后在小关节的内侧缘开窗进行减压^[9,15]。Lee等^[16]所做的包含了5项研究、156例患者的Meta分析,对术前、术后的ODI和VAS进行了比较,结果显示PED术后患者的ODIP和VAS得到了显著改善,表明椎板间入路内镜减压手术可以取得成功的临床效果。

最近,Mikami等^[17]报道了使用内镜进行MILD手术的技术。此种手术方法于传统的MILD相比具有多种优势:更好的保护小关节、最少地剥离椎旁肌肉和更容易的中线解剖定位。内镜辅助MILD手术最初的研究规模较小,对于手术技术、手术所需时间、术中出血、并发症和潜在的不良后果仍存在较大的不确定性,仍需进一步研究。Yoshimoto等^[18]跟踪了103个进行内镜辅助MILD手术的连续案例以解决这些问题,结果表明患者术后JOA评分有显著改善,但值得注意的是有4.9%的患者因小关节囊肿形成而进行了翻修手术。Ikuta等^[19]报道了接受显微内镜减压术的患者术后小关节囊肿形成率为8.6%,然而,由于该技术最近的改进,真实的发生率尚不清楚。术后小关节囊肿形成是内镜辅助减压术潜在的主要术后并发症,可能需要翻修手术。

Komp等^[20]描述了一种利用内镜实现ULBD的方法。在他们的前瞻性随机对照研究中,使用VAS、Oswestry功能障碍指数(oswestry disability index, ODI)等,将这种方法与双侧显微椎板切开术进行了比较,并随访了2年,两组的临床结果相似。然而,内镜组的并发症和翻修率明显较低。作者认为,完全内镜治疗具有手术时间短、并发症少、创伤小、康复好等优点。但是也要注意,这项技术伴随着更陡峭的学习曲线,以及在发生不可预见的并发症的情况下入路的延展性比较有限。McGrath等^[21]对内镜下ULBD与MIS(minimally invasive surgery)进行了比较,结论是内镜手术的时间较长,住院时间较短,术后的下肢VAS评分和背痛残疾指数评分(back pain disability index score)均低于MIS组,并且二次手术的风险更低。Huang等^[22]对106例进行了内镜下ULBD手术的LSS患者进行了2年的随访,其中1例出现脑脊液漏,1例因减压不全而进行了翻修手术,2例出现切口不愈合,除此之外其它病例均取得了良好的效果。提示内镜下ULBD是一种安全有效的手术方法,并发症发生率较低且患者预后良好,是一项值得推广的治疗LSS的手术方式。

正如前文一直强调的,脊柱手术的微创化是一个重要的发展趋势,在脊柱手术中使用内镜技术可以提供一种微创的经皮入路,与传统的开放相比,内镜减压手术的优点可以概况为以下三点。(1)明显减少了组织损伤,皮肤切口明显缩小,减少了不必要的广泛椎板/小关节切除或硬膜囊切开,出血量明显减少,并且降低了术后并发症的发

生概率；(2) 使门诊手术或一日手术成为可行，这是由于局部麻醉与清醒镇静相结合，减少了手术时间，缩短了住院时间。另外，由于使用局部麻醉，对于老年人或者一般情况较差、不能耐受全身麻醉的患者来说是一个重要的替代方案；(3) 由于术后用药更少，伤口并发症更少，恢复正常工作的速度更快，因此可以获得较早的康复^[23-24]。但内镜手术学习曲线相对陡峭，手术难度更大，完成手术依赖于经验丰富的脊柱外科医师，这是限制内镜减压手术开展的一个重要障碍^[25]。

二、腰椎融合术

对于病情复杂的 LSS 患者，如合并有腰椎失稳、侧弯、滑脱及椎间盘突出等，减压后进行融合是不错的选择。目前存在的融合手术的方式主要有以下几种：后外侧椎间融合术 (posterolateral fusion, PLF)、后路椎间融合术 (posterior lumbar interbody fusion, PLIF)、经椎间孔椎间融合术 (transforaminal lumbar interbody fusion, TLIF)、微创经椎间孔椎间融合术 (minimally invasive transforaminal lumbar inter-ody fusion, MIS-TLIF)、斜外侧椎间融合术 (oblique lumbar interbody fusion, OLIF)、外侧腰椎椎间融合术 (lateral lumbar interbody fusion, LLIF) 等。

1. PLIF: PLIF 是一种经典的，临床上也采用较多的术式，被公认为是临床治疗 LSS 的“金标准”。PLIF 通过在后路将椎板碎骨块植于椎体间，从而融合责任节段并有效维持一定椎间高度。缺点是由于其剥离暴露范围较广，对椎旁肌、硬膜囊及神经根刺激比较大，故其术后残余症状较为明显。因此，又产生了其它各种入路的术式，以减少类似并发症^[26]。最近 Konomi 等^[27]的一项研究，使用覆盖多孔涂层的闭盒式的钛间隔器用于 PLIF，来代替传统的需要填充自体骨的间隔器，取得了满意的效果，但对 > 75 岁的老人融合效果较差，不建议使用。

2. TLIF: TLIF 是在 PLIF 基础上改良而来，该术式改进了 PLIF 诸多弊端。TLIF 采用单侧、直达椎间孔的入路，减少了对椎旁肌肉和其它结构的解剖暴露以及手术的创伤。因为从一侧入路，也使得对重要解剖结构如神经根、黄韧带、硬膜的损伤得以减小^[28]。TLIF 可以通过开放手术，也可以使用显微镜进行微创手术，切口更小，即为 MIS-TLIF。现在的趋势是 TLIF 正一步步被 MIS-TLIF 取代，因为 MIS-TLIF 在组织损失更小的同时具有相当的融合效果^[29]。荟萃分析表明了 MIS-TLIF 与 TLIF 相比，术中出血更少，术后恢复更快，术后患者更快下床活动，从而降低了并发症的发生率、住院的时间以及住院费用^[30]。MIS-TLIF 最常见的并发症是神经根炎、螺钉错位和意外的硬膜外切开。Koleun 等^[31]报道了在局部麻醉加镇静的情况下进行 MIS-TLIF 的 100 例患者，取得了满意的效果，这意味着对于一些难以耐受全身麻醉手术的患者，MIS-TLIF 是一种可能的选择方案。

3. OLIF: OLIF 最早于 1977 年由 Mayer^[32] 提出，该术

式经左腹部侧前方的肌间隙进入腹膜外间隙，然后在腹膜后部主动脉与腰大肌前方之间的自然间隙直达病变椎体侧前方。OLIF 手术的优势在于手术创伤小，患者下床活动时间短，较高的融合率以及对椎间盘较全面的清除。因为该术式的入路在腰大肌的前方，因此很少造成腰丛和腰大肌的损伤^[33-34]。然而，OLIF 潜在的缺点是交感神经以及血管的损伤^[33]。而且，OLIF 属于间接减压手术，其减压效果比较有限，适应证比较局限^[26]。

4. LLIF / XLIF: LLIF，也被称作极外侧椎间融合 (extreme lateral interbody fusion, XLIF)，最早由 Ozgur^[35] 于 2006 年提出，从侧方经腹膜后穿过腰大肌到达椎间间隙。LLIF 适合对从 T₁₂ ~ L₁ 到 L₄ ~ L₅ 的椎间隙进行手术，不适合 L₅ ~ S₁ 节段，因为髂嵴阻挡了侧面的入路。此外，手术节段越靠近尾部，腰丛的位置会越靠前，而髂血管会越靠近侧面，这会增加外侧入路的风险。LLIF 适用于几乎所有退变性疾病，但不适用于严重的中央管狭窄，骨性侧隐窝狭窄和高级别的腰椎滑脱^[36]。LLIF 的优势在于术后恢复快，较高的融合率以及能够彻底的清理椎间间隙。缺点在于损伤腰丛、腰大肌和肠组织的风险，尤其是 L₄ ~ L₅ 节段^[36]；而且一旦发生血管损伤就难以控制^[37]。然而，Epstein^[38] 发表的一篇文献综述显示，在使用 XLIF 以及 MIS-XLIF (minimally invasive extreme lateral interbody fusion) 手术的病例中，出现神经损伤的概率高达 30% ~ 40%，显著高于 TLIF、PLIF 和 ALIF，此外还包括其它非神经系统的并发症，包括下沉、大血管损伤、肠穿孔等，因此外科医生在选择此术式时应慎重考虑。

对于 LSS 的患者，充分减压之后是否需要融合，一直是脊柱外科领域争论已久的话题。对于腰椎融合术的适应证，仍然缺乏较高级别的证据，一部分学者认为在不必要的情况下应尽量减少手术的创伤，另有一部分学者认为只要进行减压，尤其是开放椎板减压，就有必要进行融合，以避免术后的脊柱不稳、后凸畸形等并发症的出现。如今，随着各种不同融合术式的发展，以及微创减压技术的兴起，再加上机器人辅助手术生物材料强化椎弓根螺钉等各项新技术的蓬勃发展，以及这项争论可能会有更进一步的发展，等待脊柱外科医生的探索。

三、棘突间装置 (interspinous process device, IPD)

IPD 是一种间接减压腰椎管的植入物，植入物放置在棘突之间，增加棘突之间的距离来减轻硬膜囊和神经根的压迫。IPD 的种类很多，其中应用和报道比较多的有 X-STOP 棘突间系统、Wallis 系统、Coflex 系统、DIAM 系统等。不同的系统各有其适应证和禁忌证，具体可见表 1^[39]。

IPD 是简单、微创治疗 LSS 的一项可选方案，尽管有很多针对各种类型患者的报道，但审慎地选择患者仍是手术成功的必要条件。IPD 比较适合不能耐受长时间手术或者全身麻醉的患者，而对于骨质疏松症的患者则要慎用，否则会增加并发症的风险^[40]。IPD 的远期效果仍然存在争

表 1 棘突间装置的分类以及各自的适应证、禁忌证和特点

Tab.1 Classifications, indications, contraindications and characteristics of different interspinous devices

分类	适应证	禁忌证	特点
刚性 ISP			
X-STOP	腰椎间盘突出症、轻度腰椎管狭窄症、融合术后预防邻近节段退变及小关节退变	严重骨质疏松症、重度腰椎滑脱、重度腰椎管狭窄症、脊柱侧凸	创伤小，术后康复快，局部麻醉下操作，完整保留棘上韧带
Wallis	髓核突出致椎间盘组织大量缺失、椎间盘突出术后复发、融合术后邻近节段退变等	腰椎 II 度以上滑脱并伴有不稳	与固定节段无刚性连接，减少松动和棘突骨折风险
弹性 ISP			
Coflex	早期椎间盘退变、融合术后预防邻近节段退变、中央型腰椎管狭窄、腰椎不稳、轻度退行性腰椎滑脱	严重骨质疏松症、II 度以上腰椎滑脱重度腰椎管狭窄症等	疗效可靠，费用低，患者满意度高
DIAM	腰椎间盘突出症、椎管狭窄、侧隐窝狭窄、椎间孔狭窄腰椎术后疼痛综合征	腰椎 II 度以上滑脱伴有不稳	可以恢复屈伸活动稳定，不能提供旋转时稳定

论，有报道指出使用 IPD 的手术后翻修率较高^[41-42]。最近，Martínez 等^[43]报道了联合 PTED 使用棘突间装置的技术，以避免单纯减压术的一些术后并发症，从而节省融合的必要；在这项研究中没有出现植入失败与二次手术的情况，并取得了满意的效果，表明 PTED 与 IPD 联合使用可能是有益的，但该研究规模较小，仍需更大规模的前瞻性对照研究以明确结论。

四、总结与展望

LSS 是一种复杂的、多致病因素的疾病，随着社会老龄化的加剧，发病率也呈上升趋势，给患者带来很大的困扰，也为社会带来了很大的负担。在保守治疗效果不佳的情况下，应采取积极的手术治疗。目前治疗 LSS 的手术方式多种多样，但无论采用哪种术式，充分的减压仍是解决症状的关键，而脊柱外科医生可根据患者与医院的情况对采取的治疗方案进行灵活的选择，决定采用微创或开放手术、是否采用融合与内固定、以何种方式手术，以达到最佳的治疗效果。但相应的，目前的许多手术技术都仍处在发展和研究的过程之中，对于手术的方式也存在许多争议，缺乏明确的证据，尤其是融合的适应证，一向是脊柱外科领域争论的焦点，未来随着各种微创入路融合以及机器人辅助置入椎弓根螺钉等技术的发展，这一争论可能会依然延续，同时也需要更多的研究来提供更为高级别的证据。LSS 手术演变的趋势在于微创化，在未来使用内镜技术治疗 LSS 可能会逐渐成为主流，近年来关于 PTED、MIS-TLIF 等微创手术的报道层出不穷，并体现了许多优势，表明这些术式是可以尝试研究与开展的。目前 LSS 的手术方法仍有广阔的发展空间，缺乏明确的共识，如何在尽可能的减少创伤与并发症及医疗费用的基础上获得最佳的治疗效果，值得脊柱外科医生进一步的探索。

参考文献

[1] 贾连顺, 杨立利. 退变性腰椎管狭窄症的现代外科学概念[J]. 中华骨科杂志, 2002, 22(8):65-68. DOI: 10.3760/j.issn:0253-2352.2002.08.021.

[2] Tram J, Srinivas S, Wali AR, et al. Decompression surgery versus interspinous devices for lumbar spinal stenosis:

a systematic review of the literature[J]. Asian Spine J, 2020, 14(4):526-542. DOI: 10.31616/asj.2019.0105.

[3] Kunkle WA, Ameri B, Lin C, et al. Minimally invasive approaches to the surgical treatment of lumbar stenosis[J]. Semin Spine Surg, 2019, 31(3):100714. DOI: 10.1053/j.semss.2019.04.008.

[4] 卢渊铭. 有限椎板减压与全椎板切除减压治疗腰椎管狭窄症的价值[J]. 中国医药指南, 2019, 17(31):42-43. DOI: 10.15912/j.cnki.gocm.2019.31.029.

[5] 陈王震, 朱国庆, 王邵磊, 等. 经后路有限椎板切除减压与椎板成形术治疗老年退行性腰椎管狭窄症的疗效分析[J]. 现代实用医学, 2019, 31(12):1574-1576. DOI: 10.3969/j.issn.1671-0800.2019.12.006.

[6] Refaat MI, Elsamman AK, Rabea A, et al. Microsurgical unilateral laminotomy for bilateral decompression of degenerative lumbar canal stenosis: a comparative study[J]. Egypt J Neurol Psychiatry Neurosurg, 2019, 55(1):74. DOI: 10.1186/s41983-019-0125-4.

[7] Ko S, Oh T. Comparison of bilateral decompression via unilateral laminotomy and conventional laminectomy for single-level degenerative lumbar spinal stenosis regarding low back pain, functional outcome, and quality of life: a randomized controlled, prospective trial[J]. J Orthop Surg Res, 2019, 14(1):252. DOI: 10.1186/s13018-019-1298-3.

[8] Phan K, Mobbs RJ. Minimally invasive versus open laminectomy for lumbar stenosis: a systematic review and meta-analysis[J]. Spine, 2016, 41(2):E91-100. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001161.

[9] Ahn Y. Current techniques of endoscopic decompression in spine surgery[J]. Ann Transl Med, 2019, 7(Suppl 5):S169. DOI: 10.21037/atm.2019.07.98.

[10] 张斌, 孔清泉, 杨进, 等. 经皮内镜下经椎间孔入路双侧减压治疗重度腰椎中央管狭窄症近期疗效[J]. 中国修复重建外科杂志, 2019, 33(11):1399-1405. DOI: CNKI:SUN:ZXCW.0.2019-11-015.

[11] 李子全, 余可宜, 蔡思逸, 等. 椎弓根上隐窝在经皮内镜下经椎间孔入路腰椎侧隐窝减压术中的意义[J]. 中华骨与关节外科杂志, 2019, 12(3):168-172. DOI: 10.3969/j.issn.2095-9958.2019.03.02.

- [12] Yang J, Guo C, Kong Q, et al. Learning curve and clinical outcomes of percutaneous endoscopic transforaminal decompression for lumbar spinal stenosis[J]. *Int Orthop*, 2020, 44(2):309-317. DOI: 10.1007/s00264-019-04448-1.
- [13] Zhang Y, Zhu H, Zhou Z, et al. Comparison between percutaneous transforaminal endoscopic discectomy and fenestration in the treatment of degenerative lumbar spinal stenosis[J/OL]. *Medical Science Monitor*, 2020, 26[2020-10-30]. <https://www.medscimonit.com/abstract/index/idArt/926631>. DOI: 10.12659/MSM.926631.
- [14] Gu X, Zhu W, He H, et al. Efficacy and safety of percutaneous transforaminal endoscopic discectomy in the treatment of lumbar spinal stenosis combined with osteoporosis[J]. *Rev Assoc Med Bras (1992)*, 2019, 65(6):779-785. DOI: 10.1590/1806-9282.65.6.779.
- [15] Ahn Y. Percutaneous endoscopic decompression for lumbar spinal stenosis[J]. *Expert Rev Med Devices*, 2014, 11(6): 605-616. DOI: 10.1586/17434440.2014.940314.
- [16] Lee CH, Choi M, Ryu DS, et al. Efficacy and safety of full-endoscopic decompression via interlaminar approach for central or lateral recess spinal stenosis of the lumbar spine: a Meta-analysis[J]. *Spine*, 2018, 43(24):1756-1764. DOI: 10.1097/BRS.0000000000002708.
- [17] Mikami Y, Nagae M, Ikeda T, et al. Tubular surgery with the assistance of endoscopic surgery via midline approach for lumbar spinal canal stenosis: a technical note[J]. *Eur Spine J*, 2013, 22(9):2105-2112. DOI: 10.1007/s00586-013-2806-5.
- [18] Yoshimoto M, Miyakawa T, Takebayashi T, et al. Microendoscopy-assisted muscle-preserving interlaminar decompression for lumbar spinal stenosis: clinical results of consecutive 105 cases with more than 3-year follow-up[J]. *Spine*, 2014, 39(5):E318-325. DOI: 10.1097/BRS.0000000000000160.
- [19] Ikuta K, Tono O, Oga M. Prevalence and clinical features of intraspinal facet cysts after decompression surgery for lumbar spinal stenosis[J]. *J Neurosurg Spine*, 2009, 10(6):617-622. DOI: 10.3171/2009.2.SPINE08769.
- [20] Komp M, Hahn P, Oezdemir S, et al. Bilateral spinal decompression of lumbar central stenosis with the full-endoscopic interlaminar versus microsurgical laminotomy technique: a prospective, randomized, controlled study[J]. *Pain Physician*, 2015, 18(1):61-70.
- [21] McGrath LB, White-Dzuro GA, Hofstetter CP. Comparison of clinical outcomes following minimally invasive or lumbar endoscopic unilateral laminotomy for bilateral decompression[J]. *J Neurosurg Spine*, 2019, 11:1-9. DOI: 10.3171/2018.9.SPINE18689.
- [22] Huang YH, Lien FC, Chao LY, et al. Full endoscopic uniportal unilateral laminotomy for bilateral decompression in degenerative lumbar spinal stenosis: highlight of ligamentum flavum detachment and survey of efficacy and safety in 2 years of follow-up[J]. *World Neurosurg*, 2020, 134:e672-681. DOI: 10.1016/j.wneu.2019.10.162.
- [23] Pairuchvej S, Muljadi JA, Ho JC, et al. Full-endoscopic (biportal or uni-portal) versus microscopic lumbar decompression laminectomy in patients with spinal stenosis: systematic review and meta-analysis[J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2020, 30(4):595-611. DOI: 10.1007/s00590-019-02604-2.
- [24] Wu PH, Kim HS, Jang IT. How I do it? Uniportal full endoscopic contralateral approach for lumbar foraminal stenosis with double crush syndrome[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2020, 162(2):305-310. DOI: 10.1007/s00701-019-04157-z.
- [25] 王辉, 喻亮, 冯华明. 经皮椎间孔路径下内镜治疗中央型腰椎管狭窄症的疗效分析[J]. *局解手术学杂志*, 2020, 29(1): 43-46. DOI: 10.11659/jjssx.07E019102.
- [26] 王坤, 梅伟. 腰椎管狭窄症的治疗进展[J]. *骨科*, 2019, 10(3):248-252+256. DOI: CNKI:SUN:HYXZ.0.2019-03-018.
- [27] Konomi T, Yasuda A, Fujiyoshi K, et al. Incidences and risk factors for postoperative non-union after posterior lumbar interbody fusion with closed-box titanium spacers[J]. *Asian Spine J*, 2020, 14(1):106-112. DOI: 10.31616/asj.2019.0024.
- [28] Mobbs RJ, Phan K, Malham G, et al. Lumbar interbody fusion: techniques, indications and comparison of interbody fusion options including PLIF, TLIF, MI-TLIF, OLIF / ATP, LLIF and ALIF[J]. *J Spine Surg*, 2015, 1(1):2-18. DOI: 10.3978/j.issn.2414-469X.2015.10.05.
- [29] Foley KT, Gupta SK. Percutaneous pedicle screw fixation of the lumbar spine: preliminary clinical results[J]. *J Neurosurg*, 2002, 97(1 Suppl):7-12. DOI: 10.3171/spi.2002.97.1.0007.
- [30] Weiss H, Garcia RM, Hopkins B, et al. A systematic review of complications following minimally invasive spine surgery including transforaminal lumbar interbody fusion[J]. *Curr Rev Musculoskelet Med*, 2019, 12(3):328-339. DOI: 10.1007/s12178-019-09574-2.
- [31] Kolcun JPG, Brusko GD, Basil GW, et al. Endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion without general anesthesia: operative and clinical outcomes in 100 consecutive patients with a minimum 1-year follow-up[J]. *Neurosurg Focus*, 2019, 46(4):E14. DOI: 10.3171/2018.12.FOCUS18701.
- [32] Mayer HM. A new microsurgical technique for minimally invasive anterior lumbar interbody fusion[J]. *Spine*, 1997, 22(6):691-700. DOI: 10.1097/00007632-199703150-00023.
- [33] Phan K, Mobbs RJ. Oblique lumbar interbody fusion for revision of non-union following prior posterior surgery: a case report[J]. *Orthop Surg*, 2015, 7(4):364-367. DOI: 10.1111/os.12204.
- [34] Ohtori S, Orita S, Yamauchi K, et al. Mini-open anterior retroperitoneal lumbar interbody fusion: oblique lateral interbody fusion for lumbar spinal degeneration disease[J]. *Yonsei Med J*, 2015, 56(4):1051-1059. DOI: 10.3349/yjmj.2015.

- 56.4.1051.
- [35] Ozgur BM, Aryan HE, Pimenta L, et al. Extreme lateral interbody fusion (XLIF): a novel surgical technique for anterior lumbar interbody fusion[J]. Spine J, 2006, 6(4):435-443. DOI: 10.1016/j.spinee.2005.08.012.
- [36] Malham GM, Parker RM, Goss B, et al. Clinical results and limitations of indirect decompression in spinal stenosis with laterally implanted interbody cages: results from a prospective cohort study[J]. Eur Spine J, 2015, 24(Suppl 3):339-345. DOI: 10.1007/s00586-015-3807-3.
- [37] Malham GM, Ellis NJ, Parker RM, et al. Clinical outcome and fusion rates after the first 30 extreme lateral interbody fusions[J]. Scientific World Journal, 2012, 2012:246989. DOI: 10.1100/2012/246989.
- [38] Epstein NE. Review of Risks and complications of extreme lateral interbody fusion (XLIF)[J]. Surg Neurol Int, 2019, 10:237. DOI: 10.25259/SNI_559_2019.
- [39] 王宝东, 芦俊峰, 曹杨. 腰椎棘突间撑开器的特点及临床适用性[J]. 中国组织工程研究, 2018, 22(31):5041-5047. DOI: 10.3969/j.issn.2095-4344.0568.
- [40] Pintauro M, Duffy A, Vahedi P, et al. Interspinous implants: are the new implants better than the last generation? A review[J]. Curr Rev Musculoskelet Med, 2017, 10(2):189-198. DOI: 10.1007/s12178-017-9401-z.
- [41] Patel VV, Whang PG, Haley TR, et al. Superior interspinous process spacer for intermittent neurogenic claudication secondary to moderate lumbar spinal stenosis: two-year results from a randomized controlled FDA-IDE pivotal trial[J]. Spine, 2015, 40(5):275-282. DOI: 10.1097/BRS.0000000000000735.
- [42] Nicholson JA, Scott CEH, Duckworth AD, et al. Survival analysis of the Wallis interspinous spacer used as an augment to lumbar decompression[J]. Br J Neurosurg, 2017, 31(6): 688-694. DOI: 10.1080/02688697.2017.1351522.
- [43] Martínez CR, Lewandrowski KU, Ortíz JGR, et al. Transforaminal endoscopic discectomy combined with an interspinous process distraction system for spinal stenosis[J]. Int J Spine Surg, 2020, 14(S3):S4-12. DOI: 10.14444/7121.

(收稿日期: 2020-05-06)

(本文编辑: 王萌)

• 作者须知 Instruction for authors •

数字与统计学符号的使用方法

根据《关于出版物上数字用法的规定》，公元、世纪、年、月、日、时刻、计数和计量均用阿拉伯数字。

小数点前或后超过 3 位数字时，每 3 位数字一组，组间空 1/4 个汉字空。

序数词和年份、页数、部队番号、仪表型号、标准号不分节。

百分数的范围和偏差，前一个数字的百分号不能省略，如 25% ~ 30% 不要写成 25 ~ 30%；(10.44 ± 2.12)% 不要写成 10.44% ± 2.12%。

附带尺寸单位的数值相乘，应写：5 cm × 4 cm × 8 cm，而不要写成 5 × 4 × 8 cm³。

统计学符号根据《统计学名词及符号》的有关规定书

写，常用如下：

- ① 样本的算术平均数用英文小写 \bar{x} (中位数仍用 M)；
 - ② 标准差用英文小写 s ；
 - ③ 标准误用英文小写 s_x ；
 - ④ F 检验用英文大写 F ；
 - ⑤ t 检验用英文小写 t ；
 - ⑥ 卡方检验用希腊文小写 χ^2 ；
 - ⑦ 自由度用希腊文小写 ν ；
 - ⑧ 相关系数用英文小写 r ；
 - ⑨ 概率用英文大写 P (注明 P 值并应给出具体检验值，如 t 值、 χ^2 值、 q 值等)。
- 以上符号均用斜体。