

腰椎椎管狭窄症治疗研究进展

郑天友 付裕

摘要 腰椎椎管狭窄症(LSS)是导致腰腿痛的常见疾病,其中以退行性腰椎椎管狭窄症(DLSS)多见。目前LSS治疗方法较多,有保守治疗和手术治疗两大类。保守治疗包括牵引、针灸、口服药物等,手术治疗包括减压术、融合术、棘突间撑开系统置入术等。临床上各种LSS治疗方式疗效确切,但常出现效果不佳的情况,这与治疗前对患者状况评估和治疗方式选择有关。该文就LSS治疗方式研究进展进行综述。

关键词 腰椎椎管狭窄症;减压;融合;棘突间撑开系统;BacFuse系统

DOI: 10.3969/j.issn.1673-7083.2024.04.008

腰椎椎管狭窄症(LSS)是导致腰腿痛的常见疾病之一,临床上以退行性椎管狭窄多见,常见于50岁以上的中老年人。随着年龄的增长,腰椎逐渐发生退变,髓核和纤维环含水量、弹性逐渐下降,椎间盘和小关节稳定性也随之降低,椎间盘逐渐膨出,骨质与韧带增生,椎管、椎间孔、侧隐窝、神经根管等结构内径逐渐减小,最终导致LSS^[1]。LSS的典型症状为间歇性跛行,在患者长时间行走后,脊髓、马尾和神经根在狭小的空间内受到刺激和压迫,同时椎管内静脉丛回流受阻,神经组织缺血,从而出现腰部、臀部及下肢疼痛、麻木、无力等症状^[2]。LSS的治疗目的主要是改善症状和恢复活动能力。目前LSS主要治疗方式包括牵引、针灸、针刀、药物治疗等保守治疗及减压术、融合术、棘突间撑开装置置入术等手术治疗。

1 保守治疗

随着对手术风险的不断认知,临床已越来越重视保守治疗。LSS常见的保守治疗包括牵引、针灸、针刀、药物治疗等,这些方式在临床应用中都取得了良好的效果。牵引治疗通过外力牵引促进脑脊液流动、血液循环,松弛黄韧带,减轻水肿,从而缓解症状^[3]。Kwon等^[4]研究显示,针刀将粘连组织松解剥离,可以改善局部缺血缺氧环境,明显缓解症状,降低外周血致炎因子和致痛因子水平。有研究报道,针灸同样可以改善局部血流,促进脊髓和马尾神经血液循环,改善局部缺血环境,从而减缓临床症状^[5]。研究显示,针灸、药物、运

动疗法等传统的保守治疗均能达到治疗LSS的目的,且这些保守治疗的治疗机制不同,所以联合应用或许更有利于治疗^[6]。在我国,对暂不需要手术的患者,往往仅给予药物及休息等治疗方法,有指南建议给予这类患者相应康复治疗、联合治疗或多元化的日常护理,这样往往更有效果^[7]。

有研究认为,虽然减压治疗缓解LSS患者疼痛的概率较物理治疗大,但物理治疗也可以取得与减压治疗同样的效果;鉴于与手术治疗相比,保守治疗具有更高的安全性且成本更低,因此在没有明确手术指征的情况下,仍应将保守治疗视为LSS的一线治疗,但保守治疗仅能缓解症状,并不能减压狭窄的椎管,因此患者症状仍会再次发作^[8]。研究显示,LSS患者经3年保守治疗,仅30%的患者症状有所改善,约50%的患者症状无变化,而10%~20%的患者症状加重,所以即使保守治疗是其首选治疗,但当保守治疗无效或症状严重、具备手术指征时,仍应该选择手术治疗^[9]。

2 减压术

基于发病机制,LSS治疗关键是增大椎管、侧隐窝及椎间孔等结构容积,使内容物能有足够的容纳空间,所以减压是其治疗的基本思想。LSS减压术式主要包括全椎板切除减压术、半椎板切除减压术、椎板间开窗减压术、各种微创内镜减压术等^[10]。

2.1 开放减压术

荟萃分析显示,传统的开放减压术对LSS患者症状有着明显的缓解效果,全椎板切除可使减压过程有着良好的视野及操作空间,对于各种复

作者单位:010107 内蒙古呼和浩特, 内蒙古医科大学研究生院

通信作者:付裕 E-mail:13604714168@163.com

杂的LSS均能做到减压彻底,最大程度缓解症状^[11]。但LSS患者的狭窄程度和部位不尽相同,手术范围存在差异。对于非脊髓腹侧狭窄的患者,行半椎板切除减压术比全椎板切除减压术创伤小,术后恢复快,脊柱后方解剖结构破坏小,从而能防止术后腰椎后凸畸形或失稳发生^[12],而全椎板切除减压术后较易产生死腔及血肿,容易导致硬膜外瘢痕增生,从而影响远期疗效,因此减压范围应由神经压迫范围决定,而非一味行全椎板切除减压术。同样, Daentzer等^[13]也提及了脊柱后中央结构的重要性,由于部分椎板切除减压时留下了脊柱后中央结构,经MRI图像对比发现,即使切除了双侧间盘,也没有发生明显的腰椎不稳,证明棘突、棘间韧带等结构对于脊柱稳定性的重要性。若LSS患者狭窄位置合适,半椎板减压、节段性减压、开窗减压等部分椎板切除减压术不仅术野较大,减压较充分,而且关节突关节较为完整,相较于全椎板切除减压术,其脊柱完整性更高,稳定性更好,且较完整的脊柱后方结构也能预防远期瘢痕挛缩压迫硬膜引起再发狭窄,所以术前完善的检查,明确狭窄范围,对于术中减压范围具有重要的意义。

2.2 微创减压

随着腔镜技术的发展,微创手术也走进了脊柱外科。微创椎管减压术种类较多,常见的微创椎管减压术有后路椎间盘镜下腰椎间盘髓核摘除术(MED)、经皮内镜下腰椎间盘切除术(PELD)及单侧双通道内镜技术(UBE)。

2.2.1 MED

MED首先应用于腰椎间盘突出症的治疗中,后来逐渐扩展到LSS的治疗。术中C型臂X射线机定位椎间隙后,穿刺定位引导,建立工作通道,安装内镜,显露咬除椎板、黄韧带及关节突关节,暴露硬膜囊、神经根及椎间盘,清除增生组织及骨质,以此达到减压效果。这使得传统的开放手术可以在内镜下完成,将传统开放手术微创化、内视化,可缩短手术时间,减少术中出血,对多裂肌等软组织损伤和腰椎稳定性破坏小,术后恢复时间明显减少^[14]。由于通道狭窄,存在发生术后脊髓硬膜外血肿(POSEH)的可能,其发生率随减压节段增多而增加,且单节段减压以L₂₋₃节段多见,因此术中应注意止血^[15]。由于操作空间和视野有限,往往只能做到有限减压,对于出现双侧症状的

LSS患者,可以用弧形骨刀进行对侧减压,也能采用双侧切口进行更好的减压。

2.2.2 PELD

PELD根据入路可分为椎间孔入路经皮内镜下腰椎间盘切除术(PETD)和椎板间入路经皮内镜下椎间盘切除术(PEID)。由于入路的不同,两种方式适用的狭窄类型也有所差异。PETD为椎间孔入路,可以在摘除髓核的同时较好地处理侧隐窝狭窄,切除增生的黄韧带,因此适合椎间孔及侧隐窝狭窄^[16];PEID由椎板间进入,因此可以较好地处理黄韧带肥厚和小关节增生,同时还可以处理移位明显或钙化严重的椎间盘,对椎旁肌肉影响也较小^[17-18]。研究显示,临床上PELD表现出对LSS的良好疗效,经12~60个月的随访,其术后并发症发生率可达9.76%,其中再狭窄发生率达2.3%,短期并发症多为椎间盘源性狭窄,而长期并发症以骨性或黄韧带肥厚居多^[19]。

2.2.3 UBE

目前UBE技术已应用于各种LSS及脱出型和重度脱垂型腰椎间盘突出症的治疗,因手术时需要在同侧置2个通道而得名,其中内镜通道可容纳内镜及注入水流,而操作通道可供操作器械出入及水流排出。椎板间入路UBE经切除椎板进入椎管,咬除肥厚的黄韧带后,可以对中央管、双侧侧隐窝及神经根管进行有效减压^[20],解剖结构清晰,便于定位减压,对小关节损伤较小,同侧小关节保留率可达85%,对侧小关节保留率可达94%,可更好地保护脊柱稳定性^[21]。而椎旁入路UBE则主要用于处理椎间孔及椎间孔外狭窄,对于L₅~S₁处的狭窄有良好的减压能力^[22],若操作得当也可用于侧隐窝和中央管狭窄。较单通道内镜技术,UBE技术的双通道视野更大、操作更方便,水介质的持续冲洗也能保持术野清晰,这使得UBE减压范围更大、更彻底,可以适用于单通道不适合的全椎管减压。Aygün等^[23]以改良MacNab标准评估施行UBE术患者术后24个月的满意度,结果显示术后末次随访手术优良率可达63%,术后疼痛视觉模拟评分(VAS)、Oswestry功能障碍指数(ODI)均较术前明显改善,且无再手术病例,认为UBE是治疗LSS的可靠手段。也有研究报道,虽然UBE的学习曲线较PELD短,便于临床医师学习掌握,但仍会产生颅内压增高、硬膜外血肿、硬脊膜撕裂、腹膜外积液等并发症,在实际应用中需要控制生

理盐水的高度,以预防颅内压增高和避免水压过高掩盖出血点,同时为保护硬脊膜完整,对于硬脊膜黄韧带粘连严重的患者,剥离黄韧带不必过于充分^[24]。

研究显示, MED、PELD 和 UBE 都是 LSS 的有效治疗方式,末次随访时 VAS 评分及 ODI 指数并无统计学差异,但 UBE 和 PELD 较 MED 可以有效减少术后即时疼痛,可能是传统微创减压术的有效替代^[25]。无论是开放减压还是内镜减压,其核心都是扩大容积、松弛神经。切开减压术野大,减压更彻底,但组织损伤大,需要全麻,对患者体质要求高,且对脊柱稳定性影响较大,破坏了脊柱后方原有结构,从而导致疼痛或肌肉萎缩,椎板切除使得脊髓失去了完整椎管保护,术后瘢痕形成也可向内压迫,再次引发狭窄症状^[26-27];内镜减压对组织损伤小,麻醉要求更小,对患者体质要求相对较低,通过入路选择可以尽量避免韧带及肌肉损伤,一定程度上保护了脊柱稳定性,但由于微创手术的局限性,对于非神经源性背痛、脊柱畸形或失稳需要干预时,内镜技术并不适用,且无论是 MED、PELD 还是 UBE 都存在术野小、易损伤神经、减压不充分、技术要求高等缺陷^[28-29]。

Chen 等^[30]研究认为,尽管减压融合术后再手术率较低,但手术时间和术后并发症发生率明显高于单纯减压术,而单纯减压术与融合减压术在缓解症状的效果上并无明显差异,所以对于脊柱稳定性尚可、狭窄程度轻的 LSS 患者,单纯减压术更加合适。但我国 LSS 患者来医院就诊时往往已是多节段、中重度狭窄甚至复杂性狭窄,多节段全椎板切除减压术虽然减压更彻底,但会导致腰椎不稳定,加之术前可能已存在腰椎不稳或术中切除小关节超过 50%,若仅减压处理,无法提供足够的稳定性,再发狭窄发生可能性大,因此需考虑行融合内固定术加强腰椎稳定性。

3 融合术

脊柱融合术主要用于加强脊柱稳定性及限制活动,通过减少责任节段的活动,减少硬脊膜受到的压迫,从而缓解腰腿痛症状。脊柱融合术包括传统的后路开放减压融合术及各种内镜融合术。根据入路不同,它可分为后路椎间植骨融合术(PLIF)、前路椎间植骨融合术(ALIF)、后外侧腰椎植骨融合术(PLF)、斜外侧椎间植骨融合术(OLIF)、经椎间孔椎间植骨融合术(TLIF)等。

3.1 开放减压融合术

目前 PLIF 是治疗 LSS 的主要术式,该术式结合了减压与融合的优点,不但能明显缓解症状,而且能有效维持腰椎稳定性,但其不足也较为明显,包括神经系统风险、手术时间长、出血多、损伤大、椎旁组织切除较多、再发狭窄、邻近节段退变等,术后患者需要长期卧床,所以基础疾病多、心肺功能差的老年患者难以承受此手术^[31]。

当腰椎稳定性下降时,单纯减压术虽然能在短期内减轻 LSS 患者症状,但无法维持腰椎稳定性,加之减压时椎板及小关节咬除,进一步降低了脊柱稳定性,再发狭窄甚至滑脱的可能性增大,所以融合椎体提高腰椎稳定性尤为重要^[32]。研究显示,短期内单纯减压术与减压融合术在缓解 LSS 患者症状程度方面并没有明显区别,因此轻度狭窄的患者适宜使用椎板切除术,而对于重度狭窄、椎间孔性狭窄及脊柱稳定性下降的患者,传统的腰椎融合术更有优势^[33]。此观点与 Kim 等^[34]的研究结论一致。临床上 LSS 患者往往存在多个节段狭窄,但长节段融合发生邻椎病的风险高,所以当患者多节段不稳定、骨性或非骨性狭窄关节突咬除过多时仍应行多节段融合,而当非骨性狭窄腰椎稳定性尚可时,应尽量减少椎板与关节突的切除,因此宜采用长节段减压固定、短节段融合的方式以降低发生邻椎病可能^[35-36]。

3.2 显微减压融合术

随着内镜技术的发展,腔镜技术也已应用于融合术中。研究显示,TLIF 与 PLIF 疗效相当,且 TLIF 术中出血更少,手术时间更短^[37]。有研究认为,相较于 TLIF 或 PLIF,OLIF 对严重狭窄的 LSS 患者在融合率、失血量等方面更有优势^[38]。近年来水介质的出现使得 UBE 逐渐回到大众视野中。目前 UBE 主要适用于轻度腰椎滑脱、各种腰椎间盘突出症及 LSS,对严重的椎间孔狭窄、减压术后残存椎间孔狭窄及轻度腰椎滑脱有独特优势,但不适用于重度腰椎滑脱及脊柱畸形等的治疗。研究报告,采用 UBE 治疗 LSS,术后 VAS 评分及 ODI 指数较术前明显改善,治疗效果明确,且较 TLIF,该技术术中出血量及术后引流量明显减少,短期疗效更好,还具有防止融合器下沉、保证融合率等优点^[39]。

ALIF 由小切口腹膜后入路进入椎间盘进行融合,因此能避免对椎旁肌肉及脊柱后方结构的破

坏,由于不经过椎管,避免了脊髓及马尾损伤,但也因此不适用于源自后柱疾病如小关节增生、黄韧带肥厚神经根管狭窄所致的LSS及峡部裂等导致的腰椎滑脱^[40]。虽然随着带有固定系统的前路椎间融合器的出现,有学者认为不需要联合后路钉棒系统或前路钢板固定也能实现较好疗效,但一般认为联合固定有助于提高融合率^[41]。

研究认为,ALIF、PLF、PLIF及TLIF术后VAS评分、ODI指数及并发症发生率并无明显差异,ALIF、PLF较PLIF、TLIF出血量更少,ALIF手术时间明显最短,且引起腰背痛的概率少于PLF,似乎是较好的融合术式选择,但目前的主流仍以PLIF为主^[42-43]。

3.3 PLF

PLF是由后路进入,在横突间和小关节间植骨融合的术式。临床研究显示,PLF虽然易于显露,便于操作,不进入椎管,脊柱后柱结构较完整,减少了损伤椎管内容物的风险,具有一定的保护作用,且最终疗效与PLIF相似,但由于椎旁肌损伤大,且难以恢复腰椎前凸及椎间隙高度,融合率也不及PLIF,所以目前应用仍以PLIF较多^[44]。

4 棘突间撑开系统置入术

虽然融合术后LSS患者症状可以有效缓解,但无论是开放手术还是内镜手术,都无法避免由于融合术后相邻节段代偿手术节段下降的活动度,使得相邻节段加速退变,最终导致邻椎病发生而出现再次手术的风险。有研究对LSS患者在融合术后随访时进行MRI检查,证实由于退变加速,再发狭窄的可能性增大,所以寻找一种既能解决患者症状又能避免邻椎病发生的手术方式一直是脊柱外科的热门话题^[45]。主流观点认为,同一椎间平面的双侧关节突关节和椎间盘构成的三关节复合体是稳定腰椎的主要结构,可减少三关节复合体所受压力,延缓其退变是预防LSS的突破点。基于椎管体积前屈增大后伸减小的原理,在棘突间放置1枚支撑物限制腰椎后伸,进而拉伸皱缩的黄韧带,间接撑开椎间孔及椎间隙,撑开缩小的椎间孔的同时,减少椎间盘后缘压力,可利于膨出的椎间盘回缩,共同达到解除神经压迫的目的。随后从这种支撑物逐渐发展出了各种各样的棘突间撑开系统。经过30余年的应用,这类系统已被证实治疗LSS的效果肯定,且与传统融合术相比,它具有一定预防发生邻椎病的能力,但这类

系统仍存在一定问题,尤其是导致棘突间应力过大,易造成棘突骨折,而且多数系统固定能力较差,无法牢固固定在棘突间,容易发生移位而失效^[46]。近年来,为了解决传统棘突间撑开系统的缺点,可以实现棘突间融合的BacFuse系统应运而生。

BacFuse系统外形与X-Stop系统相近,形似“H”形的套筒,目前较多应用于腰椎间盘突出症,通过减少椎间盘间压力,使突出的髓核逐渐回缩,从而解除对神经的压迫,原理类似于牵引治疗,故又被称为“体内牵引器”。作为棘突间撑开系统的成员,BacFuse系统无法应用于包括椎板切除术后和峡部损伤在内的棘突及椎板缺失、严重骨质疏松、金属过敏的LSS患者。因为它的机制仍是通过棘突间撑开解决病症,所以不能完全避免棘突骨折的风险。但与其他棘突间撑开系统不同的是,BacFuse系统在两侧挡板的末端增加了固定用的铆钉并将中心撑开物换成了能融合棘突的植骨槽,通过铆钉和融合棘突可以大大加强其固定能力,加之将上、下棘突间进行融合,所以其具有一定的抗棘突骨折的能力。BacFuse系统手术方式类似于X-Stop系统置入,仅需蛛网膜下腔阻滞或腰硬联合阻滞,术中分离软组织显露棘突根部,以扩张器逐步分离棘间韧带,确定型号,在植骨槽放入骨材料后,将融合板穿过棘间韧带,放置固定板锁紧即可。通过联合减压,BacFuse系统也得以应用于轻度LSS治疗,术中可以显露部分椎板直接进行开窗减压,清理黄韧带和小关节等,也可以与椎间孔镜联合减压^[47],有效减压的同时还可以减少对脊柱结构的破坏,相比传统的减压融合术,该系统具有操作简便、对脊柱结构破坏少、手术时间短、术中出血少、减少手术风险等优点,且有利于患者术后恢复。

Chen等^[48]的随访研究不仅证明了BacFuse系统的疗效,而且对于各种情况的预后有了进一步的探讨,其中对中度侧方型狭窄无需联合减压,术后满意度可达93.33%,对中度中央型狭窄单独应用与联合减压疗效并无明显差异,对重度侧方狭窄往往联合减压效果更好,而对重度中央型狭窄,虽然可以缓解症状,但满意度较低,不建议应用此系统。Wang等^[49]对比LSS患者BacFuse系统置入术前后的影像学资料,结果发现该系统扩大椎管面积、撑开椎间隙的能力在影像学上也得到验证。

有研究构建BacFuse系统的有限元模型分析其

生物力学特性,证明此系统继承其他棘突间撑开系统优点的同时,以其独特的设计限制了腰椎旋转及侧屈时的活动性,比其他棘突间撑开系统可更好地减少椎间活动度,维持脊柱稳定,而且相较于钉棒固定,该系统仍有一定的活动度,使其可以延缓邻椎病发生^[50]。对于首次手术治疗的LSS患者,相比减压术或融合术,棘突间撑开系统置入术的并发症发生率更低,手术损伤更小,且能阻止退变加剧,避免融合的结局,是治疗LSS的有效方式^[51]。

5 结语

目前LSS治疗方式在各自适应证内均有效,但也都存在一定局限性。在临床应用中,需要根据患者具体情况选择最适合的治疗方式,好的术前评估及术式选择往往胜过精湛的手术。

参考文献

- [1] Jensen RK, Harhangi BS, Huygen F, et al. Lumbar spinal stenosis[J]. *BMJ*, 2021, 373: n1581.
- [2] Minetama M, Kawakami M, Nakatani T, et al. Lumbar paraspinal muscle morphology is associated with spinal degeneration in patients with lumbar spinal stenosis[J]. *Spine J*, 2023, 23(11): 1630-1640.
- [3] Oh H, Choi S, Lee S, et al. The effects of manual manipulation therapy on pain and dysfunction in patients with lumbar spinal stenosis[J]. *J Phys Ther Sci*, 2020, 32(8): 499-501.
- [4] Kwon CY, Yoon SH, Lee B, et al. Acupotomy for the treatment of lumbar spinal stenosis: a protocol for a systematic review and meta-analysis[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2019, 98(3): e14160.
- [5] Zhou J, Liu S, Sun Y, et al. Efficacy of acupuncture for treatment of intermittent claudication in patients with degenerative lumbar spinal stenosis: protocol for a randomized controlled trial[J]. *Trials*, 2020, 21(1): 679.
- [6] Oka H, Matsudaira K, Takano Y, et al. A comparative study of three conservative treatments in patients with lumbar spinal stenosis: lumbar spinal stenosis with acupuncture and physical therapy study (LAP study)[J]. *BMC Complement Altern Med*, 2018, 18(1): 19.
- [7] Bussi eres A, Cancelliere C, Ammendolia C, et al. Non-surgical interventions for lumbar spinal stenosis leading to neurogenic claudication: a clinical practice guideline[J]. *J Pain*, 2021, 22(9): 1015-1039.
- [8] Minetama M, Kawakami M, Teraguchi M, et al. Supervised physical therapy versus surgery for patients with lumbar spinal stenosis: a propensity score-matched analysis[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2022, 23(1): 658.
- [9] Katz JN, Zimmerman ZE, Mas S H, et al. Diagnosis and management of lumbar spinal stenosis: a review[J]. *JAMA*, 2022, 327(17): 1688-1699.
- [10] Suzuki A, Nakamura H. Microendoscopic lumbar posterior decompression surgery for lumbar spinal stenosis: literature review[J]. *Medicina (Kaunas)*, 2022, 58(3): 384.
- [11] Lewandrowski KU, Abraham I, Ramírez León JF, et al. Differential agnostic effect size analysis of lumbar stenosis surgeries[J]. *Int J Spine Surg*, 2022, 16(2): 318-342.
- [12] Tunturk A, Meral M, Kucuk A, et al. Hemilaminectomy and bilateral decompression for thoracic spinal stenosis[J]. *Turk Neurosurg*, 2020, 30(6): 841-846.
- [13] Daentzer D, Venjakob E, Schulz J, et al. Influence of microsurgical decompression on segmental stability of the lumbar spine - One-year results in a prospective, consecutive case series using upright, kinetic-positional MRI[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2022, 23(1): 742.
- [14] Bombieri FF, Shafafy R, Elsayed S. Complications associated with lumbar discectomy surgical techniques: a systematic review[J]. *J Spine Surg*, 2022, 8(3): 377-389.
- [15] Bekki H, Arizono T, Inokuchi A, et al. Risk factors for incidence of postoperative spinal epidural hematoma following multilevel microendoscopic laminectomy[J]. *Spine Surg Relat Res*, 2022, 6(1): 45-50.
- [16] Lin YP, Wang SL, Hu WX, et al. Percutaneous full-endoscopic lumbar foraminoplasty and decompression by using a visualization reamer for lumbar lateral recess and foraminal stenosis in elderly patients[J]. *World Neurosurg*, 2020, 136: e83-e89.
- [17] Sivakanthan S, Hasan S, Hofstetter C. Full-endoscopic lumbar discectomy[J]. *Neurosurg Clin N Am*, 2020, 31(1): 1-7.
- [18] Hellinger S, Telfeian AE, Lewandrowski KU. Magnetic resonance imaging documentation of approach trauma with lumbar endoscopic interlaminar, translaminar, compared to open microsurgical discectomy[J]. *Int J Spine Surg*, 2022, 16(2): 343-352.
- [19] Fan N, Yuan S, Du P, et al. Complications and risk factors of percutaneous endoscopic transforaminal discectomy in the treatment of lumbar spinal stenosis[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2021, 22(1): 1041.
- [20] Heo DH, Quillo-Olvera J, Park CK. Can percutaneous biportal endoscopic surgery achieve enough canal decompression for degenerative lumbar stenosis? Prospective case-control study[J]. *World Neurosurg*, 2018, 120: e684-e689.
- [21] Ito Z, Shibayama M, Nakamura S, et al. Clinical comparison of unilateral biportal endoscopic laminectomy versus microendoscopic laminectomy for single-level laminectomy: a single-center, retrospective analysis[J]. *World Neurosurg*, 2021, 148: e581-e588.
- [22] Park MK, Son SK, Park WW, et al. Unilateral biportal endoscopy for decompression of extraforaminal stenosis at the lumbosacral junction: surgical techniques and clinical outcomes[J]. *Neurospine*, 2021, 18(4): 871-879.
- [23] Aygun H, Abdulshafi K. Unilateral biportal endoscopy versus tubular microendoscopy in management of single level degenerative lumbar canal stenosis: a prospective study[J]. *Clin Spine Surg*, 2021, 34(6): E323-E328.
- [24] Bui AT, Trinh GM, Wu MH, et al. Indications for and outcomes of three unilateral biportal endoscopic approaches for the decompression of degenerative lumbar spinal stenosis: a systematic review[J]. *Diagnosics (Basel)*, 2023, 13(6): 1092.
- [25] Heo DH, Lee DC, Park CK. Comparative analysis of three types of minimally invasive decompressive surgery for lumbar

- central stenosis: biportal endoscopy, uniportal endoscopy, and microsurgery[J]. *Neurosurg Focus*, 2019, 46(5): E9.
- [26] Chiu RG, Patel S, Zhu A, et al. Endoscopic versus open laminectomy for lumbar spinal stenosis: an international, multi-institutional analysis of outcomes and adverse events[J]. *Global Spine J*, 2020, 10(6): 720-728.
- [27] Kim HS, Choi SH, Shim DM, et al. Advantages of new endoscopic unilateral laminectomy for bilateral decompression (ULBD) over conventional microscopic ULBD[J]. *Clin Orthop Surg*, 2020, 12(3): 330-336.
- [28] Ruetten S, Komp M. Endoscopic lumbar decompression[J]. *Neurosurg Clin N Am*, 2020, 31(1): 25-32.
- [29] Ju CI, Lee SM. Complications and management of endoscopic spinal surgery[J]. *Neurospine*, 2023, 20(1): 56-77.
- [30] Chen B, Lv Y, Wang ZC, et al. Decompression with fusion versus decompression in the treatment of lumbar spinal stenosis: a systematic review and meta-analysis[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2020, 99(38): e21973.
- [31] Rault F, Briant AR, Kamga H, et al. Surgical management of lumbar spinal stenosis in patients over 80: is there an increased risk?[J]. *Neurosurg Rev*, 2022, 45(3): 2385-2399.
- [32] Leschke JM, Chen CC. Supplementing decompression with instrumented fusion for symptomatic lumbar spinal stenosis-a critical appraisal of available randomized controlled trials[J]. *Neurosurg Rev*, 2021, 44(2): 643-648.
- [33] Miyahara J, Yoshida Y, Nishizawa M, et al. Treatment of restenosis after lumbar decompression surgery: decompression versus decompression and fusion[J]. *J Neurosurg Spine*, 2022, 36(6): 892-899.
- [34] Kim SK, Park SW, Lim BC, et al. Comparison of reoperation after fusion and after decompression for degenerative lumbar spinal stenosis: a single-center experience of 987 cases[J]. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg*, 2020, 81(5): 392-398.
- [35] Le Huec JC, Seresti S, Bourret S, et al. Revision after spinal stenosis surgery[J]. *Eur Spine J*, 2020, 29(Suppl 1): 22-38.
- [36] Hennemann S, de Abreu MR. Degenerative lumbar spinal stenosis[J]. *Rev Bras Ortop (Sao Paulo)*, 2021, 56(1): 9-17.
- [37] Fang X, Zhang M, Wang L, et al. Comparison of PLIF and TLIF in the treatment of LDH complicated with spinal stenosis[J]. *J Healthc Eng*, 2022, 2022: 9743283.
- [38] Shimizu T, Fujibayashi S, Otsuki B, et al. Indirect decompression via oblique lateral interbody fusion for severe degenerative lumbar spinal stenosis: a comparative study with direct decompression transforaminal/posterior lumbar interbody fusion[J]. *Spine J*, 2021, 21(6): 963-971.
- [39] Gatam AR, Gatam L, Mahadhipta H, et al. Unilateral biportal endoscopic lumbar interbody fusion: a technical note and an outcome comparison with the conventional minimally invasive fusion[J]. *Orthop Res Rev*, 2021, 13: 229-239.
- [40] Buckland AJ, Leon C, Ashayeri K, et al. Spinal exposure for anterior lumbar interbody fusion (ALIF) in the lateral decubitus position: anatomical and technical considerations[J]. *Eur Spine J*, 2022, 31(9): 2188-2195.
- [41] Mortazavi A, Mualem W, Dowlati E, et al. Anterior lumbar interbody fusion: single institutional review of complications and associated variables[J]. *Spine J*, 2022, 22(3): 454-462.
- [42] Rathbone J, Rackham M, Nielsen D, et al. A systematic review of anterior lumbar interbody fusion (ALIF) versus posterior lumbar interbody fusion (PLIF), transforaminal lumbar interbody fusion (TLIF), posterolateral lumbar fusion (PLF)[J]. *Eur Spine J*, 2023, 32(6): 1911-1926.
- [43] Fenton-White HA. Trailblazing: the historical development of the posterior lumbar interbody fusion (PLIF)[J]. *Spine J*, 2021, 21(9): 1528-1541.
- [44] Said E, Abdel-Wanis ME, Ameen M, et al. Posterolateral fusion versus posterior lumbar interbody fusion: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *Global Spine J*, 2022, 12(5): 990-1002.
- [45] Karlsson T, Försth P, Skorpil M, et al. Decompression alone or decompression with fusion for lumbar spinal stenosis: a randomized clinical trial with two-year MRI follow-up[J]. *Bone Joint J*, 2022, 104B(12): 1343-1351.
- [46] Falowski SM, Sayed D, Deer TR, et al. Biomechanics and mechanism of action of indirect lumbar decompression and the evolution of a stand-alone spinous process spacer[J]. *Pain Med*, 2019, 20(Suppl 2): S14-S22.
- [47] Martínez CR, Lewandrowski KU, Rugeles Ortiz JG, et al. Transforaminal endoscopic discectomy combined with an interspinous process distraction system for spinal stenosis[J]. *Int J Spine Surg*, 2020, 14(s3): S4-S12.
- [48] Chen M, Tang H, Shan J, et al. A new interspinous process distraction device BacFuse in the treatment of lumbar spinal stenosis with 5 years follow-up study[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2020, 99(26): e20925.
- [49] Wang R, Ji X, Liu L, et al. Changes of MRI in inter-spinal distraction fusion for lumbar degenerative disease: a retrospective analysis covering 3 years[J]. *J Clin Neurosci*, 2020, 81: 455-461.
- [50] Liu Z, Zhang S, Li J, et al. Biomechanical comparison of different interspinous process devices in the treatment of lumbar spinal stenosis: a finite element analysis[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2022, 23(1): 585.
- [51] Whang PG, Tran O, Rosner HL. Longitudinal comparative analysis of complications and subsequent interventions following stand-alone interspinous spacers, open decompression, or fusion for lumbar stenosis[J]. *Adv Ther*, 2023, 40(8): 3512-3524.

(收稿日期 : 20023-09-13)

(本文编辑 : 卢千语)