

· 述评 ·

经皮全脊柱内镜技术在脊柱疾病的应用进展

何升华, 赖居易, 冯华龙

(深圳市中医院, 广东 深圳 518081)

关键词 脊柱疾病; 脊柱内镜; 微创外科手术

中图分类号: R681

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2020.06.001

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Advances on the application of percutaneous full-endoscopy spine surgery for spinal diseases HE Sheng-hua, LAI Ju-yi, and FENG Hua-long. Traditional Chinese Medicine Hospital of Shenzhen, Shenzhen 518081, Guangdong, China

KEYWORDS Spinal diseases; Spine endoscopic; Minimal surgical procedures



(何升华教授)

近年来,经皮全脊柱内镜技术因具有微创、高效等特点,逐渐被脊柱外科医生学习采用,同时更多地受到了广大患者的关注,其适应证也逐步扩大。2010 年在美国脊柱内镜手术占所有脊柱手术总数的 1/6,到了 2016 年则是 1/3, 预计 2020 年可以达到 1/2^[1]。而在我国,2016 年脊柱内镜

手术约占全部脊柱手术的 10%, 并且这一比例正在快速增长^[2]。该技术之所以发展迅猛,在于与传统脊柱开放手术相比,术中肌肉组织不会遭到大量破坏,不需要破坏关节突关节和椎板,减少牵拉神经根和硬脊膜囊,能够最大地保证脊柱手术节段的稳定性,减少因为脊柱不稳等原因导致的长期疼痛不适等并发症的发生。正是该技术具有创伤小、术后恢复快、保证脊柱稳定性等优势,现在已经成为治疗脊柱退变性疾病的主流技术。脊柱内镜技术起源于 1975 年 Hijikata^[3]在 X 线透视下经皮穿刺对腰椎间盘突出进行减压,治疗腰椎间盘突出症。随后 2000 年 Yeung^[4]研制出单纯同轴脊柱内镜系统(yeung endoscopic spine system, YESS),被认为是现代经皮脊柱内镜技术的基础。2006 年 Hoogland 等^[5]对该系统进行改良,后续经多位医者不断更新设备以及技术的日臻完善,使得脊柱内镜技术不单应用于腰椎间盘突出症,其适应证日渐扩大,扩展到治疗颈椎病、胸椎间盘突出症、慢性腰痛、椎管狭窄、椎间不稳及脊柱感染等疾病。

1 经皮全脊柱内镜技术在颈椎疾病的应用

颈椎前路椎间盘切除减压融合术一直被认为是治疗神经根型颈椎病的金标准,然而其手术创伤大,术中肌肉的破坏,且手术节段活动度减少,加速相邻节段退变,这些都是不可轻视的问题,同时还可能会出现颈痛、植骨不融合等并发症。而经皮全脊柱内镜下进行颈椎间盘切除术治疗神经根型颈椎病具有损伤小、恢复快的优点,临床医生把握好技术要点以及临床指征后,该技术能为广大患者带来福音,消除病患,减少并发症的发生。目前该技术在颈椎疾病的应用分为了前路及后路两种入路技术。

Soliman^[6]收集了 70 例行前路经皮脊柱内镜颈椎间盘摘除融合术和传统颈椎前路开放手术的患者,进行了平均 28 个月的双盲随机对照研究,优良率为 91%,与传统开放手术组无差异,但具有创伤及术口小的优点,有效降低咽部不适等并发症的发生,减少术后镇痛药的使用以及住院康复时间。而 Lee 等^[7]对 37 例行前路经皮脊柱内镜颈椎间盘摘除术但未行椎间融合的患者进行了 2 年的随访,发现虽然椎间盘高度平均从 3.6 mm 降低至 2.6 mm,但是患者的临床症状有显著的改善。可以看出与传统融合技术相比,两者都能有效缓解症状,但经皮脊柱内镜技术在创伤程度、住院康复时间、并发症发生率等方面具有显著优势。

而颈椎后路经皮脊柱内镜技术在临床上更为常用。Yang 等^[8]就将两种入路进行了对照研究,发现两者在临床疗效方面无差异,但是在椎间盘摘除量、住院时间及术后平均椎间盘垂直高度减小幅度方面,后路手术更具优势,认为在适应证范围内首选为后路手术。Ren 等^[9]则是从生物力学的改变上,比较了颈椎后路经皮脊柱内镜椎间盘摘除术与传统前路开放手术的差异,发现经皮脊柱内镜术后稳定性接近

通讯作者:何升华 E-mail:heshenghua99@163.com

Corresponding author: HE Sheng-hua E-mail:heshenghua99@163.com

于非手术组,并且应力分布均匀。而传统开放手术后稳定性最差,尤其在进行侧弯和后伸时,应力较大,主要分布在内固定系统上,认为颈椎后路经皮脊柱内镜椎间盘摘除术后手术节段能有良好的生物力学性能和稳定性。颈椎后路经皮脊柱内镜技术能够达到和传统手术技术相似的疗效,同时创伤更小,脊柱稳定性更佳,住院康复时间缩短,但仍需要把握手术适应证,完善相关手术技术,减少并发症发生。

脊髓型颈椎病是颈椎病中最为严重的疾病,易造成脊髓损伤,是脊髓损伤的常见病因。该疾病多由于颈椎结构退行性改变而导致椎管狭窄,甚至脊髓压迫导致功能障碍。症状表现常为上运动神经元损伤所导致的异常长束征,还有的患者同时伴有根性病变^[10]。脊髓型颈椎病是一种进展型疾病,曾有学者认为其发病后病情进展较慢。但实际上不少研究表明若不及时有效干预,患者神经功能障碍会越来越严重,最终甚至丧失行动能力^[11]。因此对待该疾病的策略应为早发现、早干预,能够极大地缓解症状,减少残疾以及脊髓不可逆的损伤。而外科手术治疗对于中、重度患者是必要的。研究表明^[12],中重度患者手术治疗较保守治疗效果更为显著。目前临床上常用术式有颈前路减压融合术、后路椎管成形术、椎板切除术,但会出现椎间高度丢失以及邻近节段退变等问题,同时由于手术创伤较大、广泛剥离软组织,出现术后恢复慢,甚至引起颈部轴性疼痛、活动受限等症^[13]。经皮脊柱内镜技术则能保留颈椎棘突韧带复合体、扩大椎管,维持颈椎远期稳定性,改善脊髓功能,减少并发症的发生。

张春霖等^[14]开展了一种能应用于短节段及多节段的术式,在颈后路内镜下双侧椎板进行长槽状减压,将棘突-韧带复合体后移。并且使用双侧微型钛板固定,令椎管均匀扩大,改善了脊髓功能,认为该术式适应证有先天性椎管狭窄症,后纵韧带骨化、黄韧带、关节突增生所致的椎管狭窄,多个颈椎间盘突出压迫硬膜,单纯颈前路手术不能缓解症状者。禁忌证包括颈椎后凸畸形患者,颈椎不稳者。该术式具有创伤小、轴性症状轻、手术安全性高等优点,但不足有椎板显露范围有限,同时钛板安装也较为繁琐。徐利民^[15]收集 82 例脊髓型颈椎病患者临床资料,比较了后路脊柱内镜下颈椎管成形术与颈后路单开门术的临床疗效,两者脊髓功能改善率对比无差异,而内镜组轴性症状评分在术后 3、6、12 个月均低于单开门术组,并且术后内镜组的颈椎曲率与颈椎活动率均高于单开门术组,手术并发症发生率,认为内镜下通过双侧开槽椎板促进椎板整体后移,同时双侧粘连带能够充分减压,术后骨性容积率改善率高,实

现脊髓充分的减压。Kong 等^[16]则探讨了单节段脊髓型颈椎病前路经椎体入路脊柱内镜椎管减压术的临床临床疗效以及手术特点,术后疼痛视觉模拟评分 (visual analogue scale, VAS),日本骨科协会 (Japanese Orthopaedic Association, JOA) 评分与颈椎曲率较术前明显改善,未出现颈椎不稳、椎体骨折和术后感染等并发症;然而术后椎间盘高度较术前下降,但 < 0.5 mm,其长期疗效仍需随访评估。

目前,颈前路经皮脊柱内镜技术治疗脊髓型颈椎病仍存有争议,同时相关临床研究也较少,问题在于颈前路脊柱内镜工作通道置入需要经过颈部重要器官、血管,增加了手术难度,同时工作通道对椎间盘及椎体造成的损伤也有争议,长期椎间隙高度改变仍需进一步随访研究。而颈后路能够克服相关缺点,保留颈椎活动度,减少相邻椎间盘退变,但是也存在手术范围无法扩大、无法重建椎间隙等缺点。这需要术者严格把握手术指征,准确评估术前情况,选择适合的手术入路。

2 经皮全脊柱内镜技术在胸椎相关疾病的应用

胸椎间盘突出症是一种在临床上较为少见的疾病,过往传统开放手术的并发症发生率较高。近年来,不少临床医生开始尝试使用经皮全脊柱内镜技术治疗该疾病,并且取得了不错的疗效。Nie 等^[17]对 13 例有症状的胸椎间盘突出症患者进行脊柱内镜下经椎间孔胸椎间盘摘除术,术后平均随访 17 个月,背部疼痛 VAS 评分由 9.1 分改善至 4.2 分,腰椎 Oswestry 功能障碍指数 (Oswestry Disability Index, ODI) 从 61.0 分改善至 43.8 分,仅 1 例术后出现头痛并发症,经处理后缓解。Paolini 等^[18]利用后路经皮脊柱内镜技术治疗 2 例伴钙化的胸椎间盘突出症患者,实现了脊髓的完全减压,神经恢复快,无手术并发症的发生,传统经胸腔入路虽然可以避免牵拉脊髓,但会造成术后疼痛以及肺部支气管方面并发症的发生,而经皮脊柱内镜技术可以安全有效完成减压。Guo 等^[19]则报道了 6 例接受经椎间孔经皮脊柱内镜胸椎间盘减压术的下胸椎管狭窄症患者,平均随访 12.6 个月,JOA 评分从术前的 4.4 分改善至 6.6 分,ODI 评分从 71.2 分降至 10.2 分,VAS 评分从 7.8 分降至 1.9 分,安全有效地解决了下胸椎管狭窄症。可以看出经皮脊柱内镜技术在治疗胸椎疾病方面也有突出的疗效,但目前仍缺乏多中心、大样本、长期的随访对照研究,还需要更高等级的循证医学证据。

3 经皮全脊柱内镜技术在腰椎相关疾病的应用

3.1 在腰椎间盘突出症的应用

近年来,微创技术在临床应用越来越广泛,经皮

全脊柱内镜下腰椎间盘突出术日趋成熟,以其微创优势和等同于开放手术的良好疗效,在腰椎间盘突出症的外科治疗方面获得了越来越多的关注,是目前常用的微创手术方式。同时临床医生也在手术过程中积累经验,不断改善手术扩大其适应证及减少并发症,改进手术器械进一步加强疗效。李振宙等^[20]认为目前全内镜下腰椎间盘突出术会在纤维环上遗留破裂口,会对神经根造成刺激,若裂口愈合不良会导致复发,建议摘除术后,行纤维环缝合手术,能有效减少复发率,对 50 例非包含型腰椎间盘突出症患者进行了经椎间孔入路全内镜下单针缝合术或经椎板间隙入路双针缝合术,并进行了 1 年的随访,术后无明显并发症,且无复发,症状缓解明显,ODI 评分明显改善,术后 1 年 Macnab^[21]评分优良率达 92%。目前的椎间孔入路及椎板间入路无法彻底摘除高度脱垂的髓核组织。王想福等^[22]提出了经椎弓根锚定技术靶向治疗高度脱垂游离型腰椎间盘突出症,对 24 例高度脱垂游离型腰椎间盘突出症患者进行经皮脊柱内镜经椎弓根锚定技术治疗,并进行 2 年的随访,术后腰痛 VAS 评分由 6.36 分降至 0.37 分,腿痛 VAS 评分由 8.28 分降至 0.46 分,ODI 评分 48.79 分降至 7.24 分,该技术能够很好地治疗高度脱垂游离型腰椎间盘突出症,明显缓解患者临床症状。针对腰椎间盘突出症合并椎体后缘离断的患者,陈少初等^[23]采用了经椎板间入路全脊柱内镜技术治疗 21 例,摘除突出椎间盘,并且全部或部分切除离断骨块,腿痛 VAS、ODI 评分较术前明显下降,能到达开放手术的减压效果,同时损伤更小。而王宇等^[24]发现临床上有一部分患者影像学显示微小椎间盘突出,但伴有严重的症状,且经保守治疗症状无改善或仅轻微缓解,此类患者一般起病急,病程短,局部炎症重,采用经皮脊柱内镜腰椎间盘突出术治疗,镜下发现神经根明显红肿,摘除突出椎间盘后,症状缓解显著,同时复发率低。目前经皮脊柱内镜技术在治疗腰椎间盘突出症方面已日趋成熟,具有创伤小、出血少、恢复时间短、减压完全等优点,但是仍然需要在实践过程中不断熟悉技术,改良技术,注意手术适应证,以期能取得更好的疗效。

3.2 在腰椎滑脱症与腰椎管狭窄症的应用

随着经皮脊柱内镜技术的进步,已经不局限于内镜下椎间盘摘除术,已有报道经皮内镜技术在更复杂的腰椎融合手术中使用,尤其是经椎间孔腰椎椎体间融合术(transforaminal lumbar interbody fusion, TLIF)中使用。不少国内外脊柱外科医生已经致力于开展相关技术,并且取得满意的近期临床疗效,然而仍有许多方面需要改进,如手术并发症发生率较高、

适应证未有统一意见、长期疗效需要进一步验证。

适应证方面目前没有统一的意见,不同文献^[25-26]的适应证主要有:腰椎椎间盘源性腰痛,Ⅰ、Ⅱ度腰椎滑脱症,腰椎节段性不稳定,腰椎管狭窄症等。禁忌证:严重腰椎管中央狭窄,严重椎间隙狭窄,高等级的腰椎滑脱症,骨质疏松症、椎体骨折、感染等。

目前相关手术临床疗效总体而言,短期临床疗效相对满意。Kocun 等^[27]采用经皮脊柱内镜经椎间孔腰椎椎体间融合术(PE-TLIF)治疗了 100 例Ⅰ型或Ⅱ型腰椎滑脱症患者或者腰椎管狭窄症患者,并进行了 1 年随访,术后 ODI 平均由 29.6 分降至 17.2 分,2 例发生了 cage 移位,1 例骨髓炎,1 例终板骨折。Osman^[28]对 60 例腰椎滑脱症患者行 PE-TLIF,所有患者运动功能均改善,2 例仍残留有麻木,8 例运动时有不适感,椎体间融合率为 59.6%。孙凤龙等^[29]在脊柱内镜下经椎间孔腰椎椎体间融合术治疗腰椎间盘突出症伴腰椎不稳,患者 VAS 和 ODI 均得到显著改善,椎间隙高度、腰椎前凸角、硬膜囊横截面积均有所增加,其中术后 1 年椎体融合率为 100%。但是目前暂时缺乏长期大样本量高级别的随访评估,长期疗效目前未知。同时还需要手术器械以及材料进一步发展,以期获得更好地治疗效果。

关于该技术的技术难点或是突破点,杨晋才^[30]认为在于这几点:(1)确保出口神经根安全的前提下做好关节突的切除。上关节突与出口神经根之间是呈相对平行梯形关系,空间狭窄,对于减压和融合器的植入是十分大的威胁,因此设计了钩舌状套筒,可以确保安全切除上关节突。(2)不损伤神经前提下,需要对神经彻底减压。(3)需要处理好植骨床,提出需要切除超过 1/2 椎间盘面积的软骨终板,将骨性终板充分显露,并在镜下观察到广泛骨性终板渗血,这是融合的关键之一。而内镜下处理较为困难,需要改进手术器械。(4)需要充足的植骨量,植骨材料来源最好为自体骨。(5)需要解决适合椎间隙大小的融合器与手术通道之间的矛盾。高度可调节的融合器能够解决问题,同时聚醚醚酮材料在弹性模量、组织相容性、椎间生理角度方面,与人体相近。但满足两者条件的融合器未面市。(6)融合需要坚强的内固定,推荐双侧椎弓根螺钉固定。若是突破相关技术难点,经皮脊柱内镜经椎间孔腰椎椎体间融合术定能有更长足的进步。

目前该技术在临床上已经开展起来了,同时脊柱外科医生们也在实践中总结,努力完善相关技术,结合相关报道,有不错的治疗效果,但仍需要严格把握手术指征,改善手术技术以提高安全性,并降低技术复杂性。同时需要进行更长期的随访的队列研究

和随机临床试验来揭示其长期疗效。

4 经皮全脊柱内镜技术在脊柱感染的应用

如何利用经皮全脊柱内镜技术去治疗脊柱感染是近年来众多医者探索的方向之一。Lin 等^[31]回顾性研究了 60 例经皮脊柱内镜治疗的脊柱感染患者,内镜手术后 3 个月,患者的红细胞沉降率和 C-反应蛋白水平明显降低。经皮脊柱内镜技术对于治疗胸椎或腰椎感染是安全有效的,并且被认为是治疗此类疾病的新趋势。

5 经皮全脊柱内镜技术与数字医学技术的应用

由于脊柱解剖结构复杂,重要血管与神经走行其中,因此脊柱手术难度与风险都很高,若是对脊髓、神经根及血管造成损伤,那将是灾难性的。而在脊柱内镜手术中准确定位与穿刺是十分重要的,以往医者通过体表解剖标志与透视,凭借经验徒手定位。而定位过程中需要多次使用 C 形臂 X 线机透视,使得患者与术者较长时间暴露于射线。并且术者术中也可能出现误差,损伤重要组织,从而导致各种术后并发症。

数字医学技术基于信息技术应用于医学,利用计算机将人体断面数据整合重建,形成人体数字化三维图像。数字医学技术与骨科结合体现在医学影像处理、三维重建以及计算机导航系统等方面。而该技术应用于脊柱外科令术者直面脊柱,能够更好诊断疾病以及设计手术方案。在脊柱内镜方面,计算机导航系统是关注点之一。王建等^[32]尝试使用计算机导航系统辅助脊柱内镜手术穿刺定位治疗腰椎管狭窄症,做了一系列解剖学实验,选择 10 只日本大白兔,使用计算机导航系统定位椎间孔,共操作 50 次,准确率达到 100%,术后兔子四肢活动自如,解剖兔子后腰椎及周围结构未见损伤,认为计算机导航系统能够显著提高脊柱内镜手术安全性和准确性。Fan 等^[33]则是研究了计算机导航系统对于经椎间孔经皮内镜下腰椎间盘切除术学习曲线的影响,研究表明计算机导航系统明显减少了初学者的手术时间、定位时间、手术通道穿刺时间,并且能够最大程度减少放射时间。

计算机导航系统结合脊柱内镜技术能够提高手术安全性和准确性,同时也是微创化和智能化的相结合的体现。如何将二者更好结合,也将是接下来脊柱内镜技术发展的一个热点,微创化与智能化也必是发展方向。

目前经皮脊柱内镜技术正在迅猛发展,我国相关手术病例在快速增长,今后需要加强长期、大样本、多中心随访对照研究,进一步了解其远期疗效。同时手术入路在不断改进创新,从椎间孔入路到椎

板间入路,并且仍不断涌现新的手术入路。该技术的适应证随着手术技术及器械的改进,不再局限于治疗腰椎间盘突出症,还使用在颈椎病、胸椎间盘突出症、椎间不稳及椎管狭窄等疾病。经皮全脊柱内镜技术必定有更加长远的发展,能为广大患者带来福音。

参考文献

- [1] Phillips FM, Cheng I, Rampersaud YR, et al. Breaking through the "glass ceiling" of minimally invasive spine surgery[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2016, 41 (Suppl 8): S39-S43.
- [2] Zhang X, Du J, Yeung AT. Development of percutaneous endoscopic lumbar discectomy (PELD) technology in China[J]. J Spine, 2017, 6 (4): 374-376.
- [3] Hijikata S. Percutaneous nucleotomy. A new concept technique and 12 years' experience[J]. Clin Orthop Relat Res, 1989, (238): 9-23.
- [4] Yeung AT. The evolution of percutaneous spinal endoscopy and discectomy: state of the art[J]. Mt Sinai J Med, 2000, 67(4): 327-332.
- [5] Hoogland T, Schubert M, Miklitz B, et al. Transforaminal posterolateral endoscopic discectomy with or without the combination of a low-dose chymopapain: a prospective randomized study in 280 consecutive cases[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2006, 31(24): E890-E897.
- [6] Soliman HM. Cervical microendoscopic discectomy and fusion: does it affect the postoperative course and the complication rate? A blinded randomized controlled trial[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2013, 38(24): 2064-2070.
- [7] Lee JH, Lee S-H. Clinical and radiographic changes after percutaneous endoscopic cervical discectomy: a long-term follow-up[J]. Photomed Laser Surg, 2014, 32(12): 663-668.
- [8] Yang JS, Chu L, Chen L, et al. Anterior or posterior approach of full-endoscopic cervical discectomy for cervical intervertebral disc herniation? A comparative cohort study[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2014, 39(21): 1743-1750.
- [9] Ren J, Li R, Zhu K, et al. Biomechanical comparison of percutaneous posterior endoscopic cervical discectomy and anterior cervical decompression and fusion on the treatment of cervical spondylotic radiculopathy[J]. J Orthop Surg Res, 2019, 14(1): 71.
- [10] Aljuboory Z, Boakye M. The natural history of cervical spondylotic myelopathy and ossification of the posterior longitudinal ligament: a review article[J]. Cureus, 2019, 11(7): e5074.
- [11] Iyer A, Azad TD, Tharin S. Cervical spondylotic myelopathy[J]. Clin Spine Surg, 2016, 29(10): 408-414.
- [12] Bakhsheshian J, Mehta VA, Liu JC. Current diagnosis and management of cervical spondylotic myelopathy[J]. Global Spine J, 2017, 7(6): 572-586.
- [13] Banno F, Zreik J, Alvi MA, et al. Anterior cervical corpectomy and fusion versus anterior cervical discectomy and fusion for treatment of multilevel cervical spondylotic myelopathy: Insights from a national registry[J]. World Neurosurg, 2019, 132: e852-e861.
- [14] 张春霖, 张银鹤, 严旭, 等. 内镜下颈椎管成形术治疗脊髓型颈椎病[J]. 中华骨科杂志, 2017, 37(2): 89-95. ZHANG CL, ZHANG YH, YAN X, et al. Minimally invasive laminoplasty for cervical spondylotic myelopathy using microendoscopy[J]. Zhonghua Gu Ke Za Zhi, 2017, 37(2): 89-95. Chinese.
- [15] 徐利民. 内镜下微创颈椎管成形术治疗脊髓型颈椎病的可行

- 性观察[J]. 颈腰痛杂志, 2018, 39(4): 438-441.
- XU LM. Feasibility of endoscopic minimally invasive cervical laminoplasty in the treatment of cervical spondylotic myelopathy [J]. *Jing Yao Tong Za Zhi*, 2018, 39(4): 438-441. Chinese.
- [16] Kong W, Xin Z, Du Q, et al. Anterior percutaneous full-endoscopic transcorporeal decompression of the spinal cord for single-segment cervical spondylotic myelopathy: The technical interpretation and 2 years of clinical follow-up [J]. *J Orthop Surg Res*, 2019, 14(1): 461.
- [17] Nie HF, Liu KX. Endoscopic transforaminal thoracic foraminotomy and discectomy for the treatment of thoracic disc herniation [J]. *Minim Invasive Surg*, 2013, 2013: 264105.
- [18] Paolini S, Tola S, Missori P, et al. Endoscope-assisted resection of calcified thoracic disc herniations [J]. *Eur Spine J*, 2016, 25(1): 200-206.
- [19] Guo C, Zhu D, Kong Q, et al. Transforaminal percutaneous endoscopic decompression for lower thoracic spinal stenosis [J]. *World Neurosurg*, 2019, 128: e504-e512.
- [20] 李振宙, 曹峥, 赵宏亮, 等. 全内镜下腰椎纤维环缝合术的技术要点及临床疗效分析 [J]. *中国骨伤*, 2020, 33(6): 498-504.
- LI ZZ, CAO Z, ZHAO HL, et al. Technical notes and clinical efficacy analysis of full-endoscopic lumbar annulus fibrosus suture [J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2020, 33(6): 498-504. Chinese with abstract in English.
- [21] Macnab I. Negative disc exploration. An analysis of the causes of nerve-root involvement in sixty-eight patients [J]. *J Bone Joint Surg (Am)*, 1971, 53(5): 891-903.
- [22] 王想福, 叶丙霖, 孙凤岐, 等. 经皮内镜椎弓根锚定技术治疗高度游离型腰椎间盘突出症 [J]. *中国骨伤*, 2020, 33(6): 514-518.
- WANG XF, YE BL, SUN FQ, et al. Transforaminal percutaneous endoscopic lumbar discectomy combined with anchorage technique of pedicle for highly migrated lumbar disc herniation [J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2020, 33(6): 514-518. Chinese with abstract in English.
- [23] 陈少初, 张昊, 龚铭, 等. 内镜治疗腰椎间盘突出症合并椎体后缘离断 [J]. *中国骨伤*, 2020, 33(6): 519-523.
- CHEN SC, ZHANG H, GONG M, et al. Clinical efficacy of endoscopy in the treatment of lumbar disc herniation combined with posterior apophyseal ring separation [J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2020, 33(6): 519-523. Chinese with abstract in English.
- [24] 王宇, 滕红林, 朱旻宇, 等. 脊柱内镜手术治疗下肢剧烈放射痛的微小腰椎间盘突出 [J]. *中国骨伤*, 2020, 33(6): 508-513.
- WANG Y, TENG HL, ZHU MY, et al. Clinical outcomes of spinal endoscopic surgery for tiny lumbar disc herniation with severe radiating pain of lower limb [J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2020, 33(6): 508-513. Chinese with abstract in English.
- [25] 李振宙, 侯树勋. 全内镜下腰椎椎体间融合术的现状与争议 [J]. *中国骨与关节杂志*, 2020, 9(1): 1-4.
- LI ZZ, HOU SX. Reality and discussion of full-endoscopic lumbar interbody fusion [J]. *Zhongguo Gu Yu Guan Jie Za Zhi*, 2020, 9(1): 1-4. Chinese.
- [26] 刘缪, 李莹, 吴从俊, 等. 经皮内镜下腰椎间融合技术研究进展 [J]. *中国中医骨伤科杂志*, 2019, 27(11): 85-88.
- LIU L, LI Y, WU CJ, et al. Research progress of full-endoscopic lumbar interbody fusion [J]. *Zhongguo Zhong Yi Gu Shang Ke Za Zhi*, 2019, 27(11): 85-88. Chinese.
- [27] 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.
- [28] Osman SG. Endoscopic transforaminal decompression, interbody fusion, and percutaneous pedicle screw implantation of the lumbar spine: a case series report [J]. *Int J Spine Surg*, 2012, 6: 157-166.
- [29] 孙凤龙, 梁庆晨, 王宏庆, 等. 脊柱内镜下经椎间孔腰椎椎间融合术治疗腰椎间盘突出症伴腰椎不稳的早期临床研究 [J]. *中华骨与关节外科杂志*, 2019, 12(10): 754-760.
- SUN FL, LIANG QC, WANG HQ, et al. Early efficacy of endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion in the treatment of lumbar disc herniation with lumbar instability [J]. *Zhonghua Gu Yu Guan Jie Wai Ke Za Zhi*, 2019, 12(10): 754-760. Chinese.
- [30] 杨晋才. 经皮内镜辅助腰椎融合技术面临的问题与挑战 [J]. *中华医学杂志*, 2019, 99(33): 2566-2568.
- YANG JC. Current problems and challenges for percutaneous endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion [J]. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*, 2019, 99(33): 2566-2568. Chinese.
- [31] Lin CY, Chang CC, Chen YJ, et al. New strategy for minimally invasive endoscopic surgery to treat infectious spondylodiscitis in the thoracolumbar spine [J]. *Pain Physician*, 2019, 22(3): 281-293.
- [32] 王建, 郭家全, 常德勇, 等. 计算机导航系统辅助脊柱内镜手术治疗腰椎管狭窄症的解剖学实验研究 [J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2019, 34(11): 1145-1147.
- WANG J, GUO JQ, CHANG DY, et al. The experimental study for treatment of lumbar spinal stenosis with spinal endoscopy assisted by navigation system [J]. *Zhongguo Gu Yu Guan Jie Sun Shang Za Zhi*, 2019, 34(11): 1145-1147. Chinese.
- [33] Fan, GX, Han R, Gu X, et al. Navigation improves the learning curve of transforaminal percutaneous endoscopic lumbar discectomy [J]. *Int Orthop*, 2017, 41(2): 323-332.

(收稿日期: 2020-05-13 本文编辑: 连智华)