

# 内镜下经椎间孔腰椎融合术(Endo-TLIF)研究进展\*

陈礼龙 综述 林维成 刘 杰\*\*<sup>①</sup> 审校

(昆明理工大学医学院,昆明 650500)

文献标识:A 文章编号:1009-6604(2022)07-0580-05

doi:10.3969/j.issn.1009-6604.2022.07.010

与传统开放手术相比,经椎间孔腰椎融合术(transforaminal lumbar interbody fusion, TLIF)及微创经椎间孔腰椎融合术(minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion, MIS-TLIF)、斜外侧腰椎融合术(oblique lumbar interbody fusion, OLIF)等微创技术具有出血少、创伤小、术后恢复快等优点,随着内镜下腰椎手术的普及,出现了镜下椎管减压等技术,可以取得与传统手术相同的效果,并且减少软组织损伤,更有利于术后恢复<sup>[1-3]</sup>。近年来,经皮内镜下经椎间孔腰椎融合术(endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion, Endo-TLIF)越来越多地用于治疗腰椎退行性疾病,此技术可通过内镜和工作通道实现完全内镜下椎间盘切除、椎管和椎孔减压、椎体间融合<sup>[4,5]</sup>。本研究就近年 Endo-TLIF 的研究进展作一综述。

## 1 手术适应证及禁忌证

Endo-TLIF 的手术适应证为<sup>[6-8]</sup>:①腰椎间盘突出伴病变节段不稳;②腰椎管狭窄伴病变节段不稳;③腰椎滑脱(Meyerding I、II 度且为非僵硬型),伴或不伴腰椎峡部裂;④椎间盘源性腰痛;⑤局限性退变性脊柱侧弯;⑥单纯腰椎不稳。

禁忌证<sup>[9-14]</sup>:①任何可能导致融合器植入后终板塌陷的情况都是相对禁忌证,如先天性骨性终板异常、骨吸收、骨质减少和严重骨质疏松症、感染、椎间盘炎或局部炎症迹象、椎骨骨折;②由于塌陷导致的极其狭窄的椎间孔安全三角/椎间盘高度;③神经系统异常及重度中央椎管狭窄在内镜下不能满意减

压;④Meyerding III 度及以上的高度腰椎滑脱等。

## 2 解剖学基础

Endo-TLIF 的解剖学基础即椎间孔安全三角(Kambin's triangle)。椎间孔安全三角位于腰椎间孔内,由下位椎体的上终板、上位椎体的出行神经根和硬膜囊组成,但是这并不意味着手术操作空间就是一个三角形,手术操作的空间实际上是一个梯形<sup>[15]</sup>。随着 L<sub>1</sub>~S<sub>1</sub> 神经根向下走行,神经根发出的位置相对于对应椎体的下缘逐渐升高,神经根与硬膜囊的夹角逐渐减小,Kambin 三角面积逐渐增大,这为内镜下椎间融合术提供了更大的操作空间,同时降低术中损伤神经根的风险<sup>[16]</sup>。想要安全地进入椎间孔安全三角,下一椎体上关节突的处理尤为关键,内镜下良好地处理上关节突可以使安全三角的显露更加清晰,并可以更好地保护出行神经根、走行神经根及硬膜囊<sup>[17]</sup>。在椎间孔安全三角的解剖基础上,Endo-TLIF 得以蓬勃发展。

## 3 手术步骤

Endo-TLIF 的主要手术步骤:①俯卧位;②以病变节段关节突关节为导针进入的终点,棘突旁开 6~8 cm 做手术切口,证实导针位于关节突关节后,沿工作通道放入内镜;③内镜下切除入路侧椎体上关节突尖部分、背侧黄韧带,暴露椎间孔安全三角,确认硬膜囊、走行神经根及出行神经根三者的位置关系,旋转保护套管,保护走行神经根,清除压迫的软组织,探查走行神经根是否仍存在压迫,走行神经根

\* 基金项目:云南省基础研究计划项目面上项目(202101AT070228);云南省第一人民医院博士科研基金项目(KHBS-2020-002)

\*\* 通讯作者, E-mail: pacemakerliu@126.com

①(昆明理工大学附属医院 云南省第一人民医院骨科,昆明 650032)

松解完毕后向上探查出行神经根是否存在压迫;④镜下处理病变节段的椎间盘及软骨下骨;⑤确认神经根安全,进行椎间试模及融合器植入,再次探查神经根;⑥植入经皮椎弓根螺钉。

从以上手术步骤可以看出,此技术的操作要点及难点集中在是否能进行充分的神经根减压、足够的终板准备和如何在不损伤神经根的前提下植入椎间融合器。所以由于 Kambin 三角区空间有限和邻近神经

根的存在,Endo-TLIF 仍是一项具有挑战性的技术。

#### 4 固定方式选择

单节段 Endo-TLIF 内固定方式大体可分为单钉固定(椎板关节突螺钉固定)、双钉固定(单侧椎弓根螺钉固定)、三钉固定(单侧椎弓根螺钉加椎板关节突螺钉固定)、四钉固定(传统双侧椎弓根螺钉固定)(图 1),根据实际情况选择。

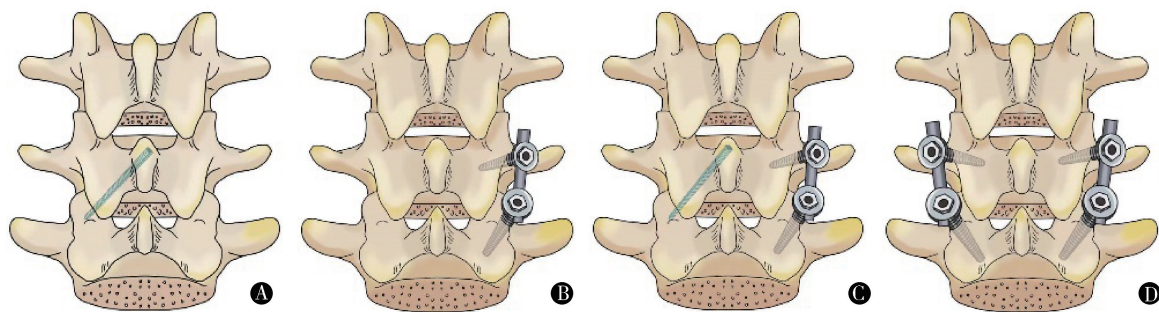


图 1 单节段 Endo-TLIF 固定方式示意图:A. 单钉固定;B. 双钉固定;C. 三钉固定;D. 四钉固定

对于单节段腰椎不稳及 Meyerding I 度腰椎滑脱,可以选择经棘突、椎板、对侧关节突关节、对侧椎弓根的单枚螺钉固定,从而达到后柱融合,加上椎间植骨融合能达到前中柱融合,此方式可以完成三柱融合,同时也是椎体和病变节段双侧关节突的三关节融合,使单侧螺钉的稳定性得以保证,从而保证脊柱的稳定性<sup>[18]</sup>。由于缺乏远期随访数据,单钉固定手术后椎体间融合率尚不清楚。

关于 Endo-TLIF 采用双钉固定(即单侧椎弓根螺钉固定),目前存在很多争议。内镜手术对手术侧椎旁肌肉的损伤较小,螺钉可通过同一切口植入,因此单侧椎弓根螺钉固定具有减少创伤、在一定程度上减少手术侧骶棘肌变性萎缩、不损伤对侧组织等优点<sup>[19]</sup>,内镜下手术对软组织、骨质、关节突关节及椎间稳定性的破坏性较小,所以单侧椎弓根螺钉固定的稳定性是足够的。Lu 等<sup>[20]</sup>的 meta 分析纳入 808 例行 TLIF、MIS-TLIF 或 Endo-TLIF 的腰椎退行性疾病患者,单侧椎弓根螺钉固定 393 例,双侧椎弓根螺钉固定 415 例,其中 10 项研究(666 例)报告术后融合率,结果显示单侧与双侧固定组融合率无明显差异( $RR = 0.96, 95\% \text{ CI}: 0.92 \sim 1.00, P = 0.073$ );6 项研究(355 例)报告术中失血量,结果显示单侧椎弓根螺钉固定术中失血量更少(加权均数差  $WMD = -125.66, 95\% \text{ CI}: -231.93 \sim -19.39, P = 0.020$ )。因为 TLIF 对脊柱稳定性破坏及软组

织的剥离程度均较 Endo-TLIF 大,故此结论在 Endo-TLIF 同样适用。但是单侧椎弓根螺钉固定也有局限性,在治疗较严重的腰椎退行性疾病(如 Meyerding III 度及以上腰椎滑脱症、双侧峡部裂)和严重骨质疏松症时,稳定性不足,不能为椎间植骨融合提供良好的力学稳定性,文献报道较少。由于牵引力相对较小,单侧椎弓根螺钉固定不适合治疗椎间隙狭窄,而且断钉和断棒的风险以及应力集中导致固定失败的风险增加,仍然是瓶颈问题。当对侧组织结构完整时,单侧椎弓根螺钉固定可以提供有效的稳定性;当对侧组织结构被破坏时,如关节突关节不稳或峡部裂,单侧椎弓根内固定很难提供有效的稳定性。因此,单侧椎弓根螺钉固定的条件应该是:对侧关节突结构完整、无峡部裂且无腰椎不稳的单节段腰椎退行性疾病(包括单节段腰椎管狭窄、Meyerding I 度腰椎滑脱、腰椎间盘突出)。

三钉固定即单侧椎弓根螺钉加椎板关节突螺钉固定。刘爽等<sup>[21]</sup>的 meta 分析纳入 10 项因腰椎退行性疾病(包括腰椎间盘突出、腰椎管狭窄、腰椎不稳、腰椎滑脱)行融合手术的研究,其中单侧椎弓根螺钉加椎板关节突螺钉固定组 291 例,双侧椎弓根螺钉固定组 297 例,随访时间 12~60 个月。3 项研究(2 组分别为 88 例、94 例)报告末次随访时的融合率,结果显示 2 组融合率差异无统计学意义( $OR = 0.31, 95\% \text{ CI}: 0.10 \sim 1.03, P = 0.06$ );9 项研

究(2 组分别为 251 例、260 例)报告手术时间、术中出血量,结果显示单侧椎弓根螺钉加椎板关节突螺钉固定组手术时间更短( $WMD = -32.61, 95\% CI: -45.23 \sim 19.99, P < 0.000\ 01$ ),术中出血量更少( $WMD = -152.63, 95\% CI: -208.91 \sim -96.35, P < 0.000\ 01$ )。林博颖等<sup>[22]</sup>的生物力学研究证实单侧椎弓根螺钉联合椎板关节突螺钉固定可以为 Endo-TLIF 提供良好的生物力学稳定性。以上研究显示,三钉固定用于内镜下融合手术是可行的,适用于单节段伴有腰椎不稳的腰椎退行性疾病,包括退变导致的椎间盘突出、Meyerding I 度腰椎滑脱、腰椎不稳、腰椎管狭窄。

四钉固定即传统双侧椎弓根螺钉固定。四钉固定虽然可以为 Endo-TLIF 技术提供足够的椎间稳定性,但是双侧椎弓根螺钉固定应用于内镜融合手术中似乎有点过度,推荐用于单节段腰椎退行性疾病合并骨质疏松的病人<sup>[18]</sup>。结合以上研究,四钉固定的适应证为峡部裂导致的腰椎滑脱、Meyerding II 度滑脱、骨质疏松、椎板或关节突发育不良及前柱稳定性不足行 Endo-TLIF 患者。

综上,单钉固定适用于 Endo-TLIF 手术中关节突关节稳定性无破坏的患者;双钉固定适用于对侧关节突结构完整、无峡部裂且无腰椎不稳的单节段腰椎退行性疾病(包括单节段腰椎管狭窄、Meyerding I 度腰椎滑脱、腰椎间盘突出);三钉固定适用于单节段伴有腰椎不稳的腰椎退行性疾病,包括退变导致的椎间盘突出、Meyerding I 度腰椎滑脱、腰椎不稳、腰椎管狭窄;四钉固定适用于峡部裂导致的腰椎滑脱、Meyerding II 度滑脱、骨质疏松、椎板或关节突发育不良及前柱稳定性不足的患者。

## 5 融合器的选择

Alkalay 等<sup>[23]</sup>的研究显示,合适的椎间融合器可以提供轴向稳定性,促进手术节段融合,恢复椎间孔高度及腰椎前凸。Provaggi 等<sup>[24]</sup>认为双融合器有利于保持稳定,增加椎间融合的面积,但由于生物力学稳定性和临床结果相似,单融合器是内镜下融合手术的标准技术。融合器在 Endo-TLIF 中的运用,总体来说与开放手术类似,包括 PEEK 融合器、金属可撑开融合器、碳纤维融合器等<sup>[25]</sup>。PEEK 融合器一般尺寸固定,较小的融合器虽能顺利通过工作通道,但是椎间隙难以恢复到理想的高度,不能提供足够的椎间支撑;大尺寸的 PEEK 融合器植入则

需要更换较大直径的工作通道,增加椎板和关节突骨质的去除量,加大对脊柱后方结构的破坏,脊柱后方结构的稳定性也因此减低,同时也会增加神经根及硬膜囊受损的风险<sup>[26]</sup>。由于内镜操作条件的限制,为了满足内镜手术的需要,降低融合器相关并发症,以及防止神经根损伤,金属可撑开融合器成为近年内镜下腰椎融合器研发的热点。金属可撑开融合器可以小尺寸经 Kambin 三角植入椎间隙后撑开扩大,提高融合器植入的安全性,并且融合器植入后可使滑脱的椎体部分复位,恢复椎间孔高度及腰椎前凸;但容易出现融合率下降、融合器损坏等并发症<sup>[27]</sup>。由于金属可扩张融合器无法进行融合器内部植骨,其椎间融合率尚待进一步验证<sup>[28]</sup>。碳纤维融合器在 Endo-TLIF 中的应用报道较少,其安全性和有效性尚待验证。内镜下腰椎融合术中只进行植骨而不放置椎间融合器,缺点是脊柱中柱缺乏有效支撑,稳定性难以保证<sup>[29]</sup>。综上所述,Endo-TLIF 中融合器的选择较多,具体须根据病人的实际情况及术者的手术习惯选用。

## 6 安全性与有效性

已有不少文献证实 Endo-TLIF 的安全性及有效性。Zhu 等<sup>[30]</sup>的 meta 分析纳入 28 项研究 1475 例因腰椎退行性疾病行手术治疗的患者,其中 Endo-TLIF 549 例, MIS-TLIF 927 例,结果显示:在安全性方面,Endo-TLIF 较 MIS-TLIF 显著减少术中出血量(2 组平均术中失血量分别为 101.1 ml 和 174 ml,平均每个融合节段失血量分别为 92.9 ml 和 160.5 ml),缩短住院时间(2 组平均住院日分别为 3.7 d 和 5.2 d),2 组并发症发生率差异无统计学意义(术中并发症分别为 2.2% 和 2.5%,术后并发症分别为 7.8% 和 10.2%);在临床疗效方面,术后 2 周内和术后 2~3 个月 Endo-TLIF 组腰背痛视觉模拟评分(Visual Analogue Scale, VAS)均明显低于 MIS-TLIF 组( $MD = -1.11, 95\% CI: -1.52 \sim -0.71, I^2 = 0\%, P < 0.05$ ;  $MD = -0.75, 95\% CI: -1.45 \sim -0.04, I^2 = 83\%, P = 0.04$ ),其他各随访时点腰背痛 VAS、Oswestry 功能障碍指数(Oswestry Disability Index, ODI)差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ),2 组融合率分别为 95% (360/379) 和 94.9% (451/475) ( $P > 0.05$ )。Kou 等<sup>[31]</sup>的 meta 分析纳入 6 项研究共 480 例因腰椎退行性疾病行手术治疗的患者,其中 Endo-TLIF 组 216 例, MIS-TLIF 组 264 例,结果显



示在 VAS、ODI 等功能评分方面 2 组差异无统计学意义;3 项研究(192 例)报告术中出血量,Endo-TLIF 组术中出血量明显低于 MIS-TLIF 组( $WMD = 120.80, 95\% CI: -237.92 \sim 3.68, P = 0.043, I^2 = 99\%$ );4 项研究(273 例)报告住院时间,Endo-TLIF 组住院时间明显短于 MIS-TLIF 组( $WMD = 3.55, 95\% CI: -5.54 \sim 1.16, P = 0.004, I^2 = 95.7\%$ );末次随访 Endo-TLIF 组融合率为 89%,MIS-TLIF 组为 91%,差异无统计学意义;2 组并发症发生率差异亦无统计学意义(6.9% vs. 6.3%)。因此,Endo-TLIF 的安全性和有效性优于 MIS-TLIF。

## 7 优点和局限性

### 7.1 优点

7.1.1 可以避免全麻 Endo-TLIF 的手术操作与椎间孔镜技术相似,可以在局部麻醉加轻度镇静下手术,术中患者清醒,可以得到患者的实时反馈,减少神经根损伤。Kolcun 等<sup>[32]</sup>报道 100 例因 Meyerding I 度或 II 度腰椎滑脱行 Endo-TLIF,术中局部使用长效布比卡因,静脉使用丙泊酚和氯胺酮使患者处于轻中度镇静状态,证明采用非全麻行内镜下腰椎融合手术安全有效。总的来说,非全麻的 Endo-TLIF 可以缩短术后住院时间,减少住院并发症和手术费用,同时还可以加快康复,可以与 ERAS 理念同步实现<sup>[33]</sup>。

7.1.2 与 MIS-TLIF 相比手术创伤更小 与 MIS-TLIF 相比,Endo-TLIF 通过 4~5 个 1 cm 切口完成手术,通过逐级扩张肌肉达到操作区域,只切除少部分关节突骨质,无需使用电刀,对肌肉及软组织的损伤更小,更有利于术后恢复,术后第 1 天即可下地行走,坠积性肺炎、深静脉血栓及肺栓塞的发生率降低,术后住院时间更短。Ao 等<sup>[34]</sup>的前瞻性队列研究纳入 75 例单节段腰椎退行性疾病(包括单节段腰椎管狭窄、Meyerding I 度腰椎滑脱、腰椎间盘突出),35 例行 Endo-TLIF,40 例行 MIS-TLIF,结果显示 Endo-TLIF 组术中出血量更少[(84.29 ± 44.3) ml vs. (171.79 ± 112.27) ml,  $P < 0.001$ ]。因此,Endo-TLIF 比 MIS-TLIF 手术创伤更小<sup>[30,31]</sup>。

7.1.3 直视下进行终板准备 传统腰椎融合技术及 MIS-TLIF 均不能直视下进行髓核摘除及终板准备,而 Endo-TLIF 运用内镜可视化技术,可以直视下观察终板准备情况<sup>[12,34]</sup>,提高终板准备的充分性,同时降低终板骨折风险,有助于扩大终板准备的范围,提高椎间融合率。

### 7.2 局限性

7.2.1 学习曲线更长 与 MIS-TLIF 相比,Endo-TLIF 需要更长的学习曲线。术者需要理解 TLIF 及 MIS-TLIF 手术及脊柱解剖结构,熟练掌握内镜下腰椎间盘突出、腰椎管减压技术,开展初期要严格筛选手术适应证,尽量选择单侧椎间盘突出、单侧症状的椎管狭窄症、Meyerding I 度腰椎滑脱。

7.2.2 适应证有限 对于椎间隙狭窄及椎间孔安全三角狭窄者,Endo-TLIF 很难安全地进入椎间盘,并且有可能损伤神经根;对于严重椎管狭窄,内镜下操作不能完全减压。这些都不适合内镜手术。由于 Endo-TLIF 术中只截取少部分上关节突尖及下关节突的骨质即可进入椎间盘,故自体骨极少,不能满足椎间隙植骨的需要。

7.2.3 术中 C 臂机透视次数多 Endo-TLIF 的手术步骤中很多都需要透视,如术前定位、操作套位置确认、椎间融合器位置确认、经皮椎弓根螺钉植入过程等多个环节,增加术者和患者放射暴露的时间<sup>[35]</sup>。

## 8 小结

与 MIS-TLIF、TLIF 等传统技术相比,Endo-TLIF 具有创伤小、可使用局部麻醉、术后恢复快及终板准备可视化等优点,但是由于其适应证有限等局限性,限制了其在临床的大规模发展。但目前关于 Endo-TLIF 的研究大多数是回顾性病例分析(4 级研究)或技术性说明,样本量相对较小,也缺乏远期随访结果支持,证据水平相对较低,还没有足够的临床证据支持 Endo-TLIF 的有效性。未来还要设计进行良好的前瞻性随机对照研究以确定 Endo-TLIF 的安全性和有效性。

## 参考文献

- Gadjradj PS, Harhangi BS, Amelink J, et al. Percutaneous transforaminal endoscopic discectomy versus open microdiscectomy for lumbar disc herniation: a systematic review and meta-analysis. *Spine*, 2021, 46(8): 538–549.
- 王大巍,邵滨,邢建强,等. 椎间孔镜技术治疗腰椎间盘突出症 2 年以上随访的疗效. *中国微创外科杂志*, 2020, 20(4): 326–329.
- 薛静波,陈浩翔,李学林,等. 经皮全脊柱内镜经椎板间隙入路治疗中央型腰椎管狭窄症. *中国微创外科杂志*, 2020, 20(4): 322–325, 329.
- Kim JE, Yoo HS, Choi DJ, et al. Comparison of minimal invasive versus biportal endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion for single-level lumbar disease. *Clin Spine Surg*, 2021, 34: E64–E71.
- He EX, Guo J, Ling QJ, et al. Application of a narrow-surface cage in full endoscopic minimally invasive transforaminal lumbar interbody

- fusion. *Int J Surg*, 2017, 42: 83 – 89.
- 6 Heo DH, Son SK, Eum JH, et al. Fully endoscopic lumbar interbody fusion using a percutaneous unilateral biportal endoscopic technique; technical note and preliminary clinical results. *Neurosurg Focus*, 2017, 43(2): E8.
- 7 Heo DH, Hong YH, Lee DC, et al. Technique of biportal endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion. *Neurospine*, 2020, 17: S129 – S137.
- 8 He EX, Guo J, Ling QJ, et al. Application of a narrow-surface cage in full endoscopic minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion. *Int J Surg*, 2017, 42: 83 – 89.
- 9 Shen J. Fully endoscopic lumbar laminectomy and transforaminal lumbar interbody fusion under local anesthesia with conscious sedation; a case series. *World Neurosurg*, 2019, 127: e745 – 750.
- 10 Youn MS, Shin JK, Goh TS, et al. Full endoscopic lumbar interbody fusion (FELIF); technical note. *Eur Spine J*, 2018, 27(8): 1949 – 1955.
- 11 Ahn Y, Youn MS, Heo DH. Endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion; a comprehensive review. *Expert Rev Med Devices*, 2019, 16(5): 373 – 380.
- 12 Jin M, Zhang J, Shao H, et al. Percutaneous transforaminal endoscopic lumbar interbody fusion for degenerative lumbar diseases; a consecutive case series with mean 2-year follow-up. *Pain Physician*, 2020, 23(2): 165 – 174.
- 13 张 骏, 金梦然, 赵廷潇, 等. 经皮脊柱内镜辅助下腰椎椎体间融合术及其临床应用. *中国骨伤*, 2019, 32(12): 1138 – 1143.
- 14 Gong J, Huang Z, Liu H, et al. A modified endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion technique; preliminary clinical results of 96 cases. *Front Surg*, 2021, 8: 676847.
- 15 Tumialán LM, Madhavan K, Godzik J, et al. The history of and controversy over Kambin's triangle; a historical analysis of the lumbar transforaminal corridor for endoscopic and surgical approaches. *World Neurosurg*, 2019, 123: 402 – 408.
- 16 丁 一, 杨晋才, 张黎明, 等. 正常腰神经根磁共振神经成像临床影像学特点研究. *首都医科大学学报*, 2019, 40(5): 769 – 775.
- 17 Yin P, Zhang Y, Pan A, et al. The feasibility for a novel minimally invasive surgery-percutaneous endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion (PE-TLIF) for the treatment of lumbar degenerative diseases; a cadaveric experiment. *J Orthop Surg Res*, 2020, 15(1): 387.
- 18 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. *中华骨与关节外科杂志*, 2019, 12(10): 754 – 760.
- 19 侯继春, 何人可, 曹 杨. 单侧椎弓根螺钉固定系统在腰椎退行性疾病治疗中的研究进展. *中华骨与关节外科杂志*, 2020, 13(1): 67 – 72.
- 20 Lu P, Pan T, Dai T, et al. Is unilateral pedicle screw fixation superior than bilateral pedicle screw fixation for lumbar degenerative diseases; a meta-analysis. *J Orthop Surg Res*, 2018, 13(1): 296.
- 21 刘 爽, 王晓波, 孙懿君, 等. 单侧椎弓根螺钉联合对侧经椎板关节突螺钉内固定与双侧椎弓根螺钉内固定治疗腰椎退行性疾病疗效的 Meta 分析. *中国脊柱脊髓杂志*, 2021, 31(6): 510 – 519.
- 22 林博颖, 沈 茂. 内镜下腰椎椎间融合: 单侧椎弓根螺钉联合对侧椎板关节突螺钉固定的生物力学稳定性. *中国组织工程研究*, 2022, 26(3): 329 – 333.
- 23 Alkalay RN, Adamson R, Groff MW. The effect of interbody fusion cage design on the stability of the instrumented spine in response to cyclic loading; an experimental study. *Spine J*, 2018, 18(10): 1867 – 1876.
- 24 Provaggi E, Capelli C, Leong JJH, et al. A UK-based pilot study of current surgical practice and implant preferences in lumbar fusion surgery. *Medicine (Baltimore)*, 2018, 97(26): e11169.
- 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. *中国骨与关节杂志*, 2020, 9(1): 1 – 4.
- 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. *中国中医骨伤科杂志*, 2019, 27(11): 85 – 88.
- 27 Lee S, Erken HY, Bae J. Percutaneous transforaminal endoscopic lumbar interbody fusion; clinical and radiological results of mean 46-month follow-up. *Biomed Res Int*, 2017, 2017: 3731983.
- 28 韩振川, 任博文, 刘庆祖, 等. 经皮脊柱内镜腰椎微创融合术的临床研究进展. *解放军医学院学报*, 2021, 42(9): 970 – 973.
- 29 Krishnan A, Barot MP, Dave BR, et al. Percutaneous transforaminal endoscopic decompression and cageless percutaneous bone graft transforaminal lumbar interbody fusion; a feasibility study. *J Orthop Allied Sci*, 2018, 6(3): S21 – S27.
- 30 Zhu L, Cai T, Shan Y, et al. Comparison of clinical outcomes and complications between percutaneous endoscopic and minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion for degenerative lumbar disease; a systematic review and meta-analysis. *Pain Physician*, 2021, 24(6): 441 – 452.
- 31 Kou Y, Chang J, Guan X, et al. Endoscopic lumbar interbody fusion and minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion for the treatment of lumbar degenerative diseases; a systematic review and meta-analysis. *World Neurosurg*, 2021, 152: e352 – e368.
- 32 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. *Neurosurg Focus*, 2019, 46(4): E14.
- 33 Garg B, Ahuja K, Sharan AD. Awake spinal fusion. *J Clin Orthop Trauma*, 2020, 11(5): 749 – 752.
- 34 Ao S, Zheng W, Wu J, et al. Comparison of preliminary clinical outcomes between percutaneous endoscopic and minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion for lumbar degenerative diseases in a tertiary hospital; is percutaneous endoscopic procedure superior to MIS-TLIF? A prospective cohort study. *Int J Surg*, 2020, 76: 136 – 143.
- 35 薛 文, 王栋, 管晓鹏, 等. 脊柱内镜辅助套管内微创经椎间孔椎体间融合术的初步应用. *中国微创外科杂志*, 2019, 19(8): 756 – 759.

(收稿日期: 2021 – 12 – 04)

(修回日期: 2022 – 05 – 01)

(责任编辑: 王惠群)