

综述

微创经椎间孔腰椎椎体间融合术内固定方式的研究进展

Research on different posterior instrumentation for minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion

汤红伟^{1,2}, 梁裕¹

(1 上海市伤骨科研究所 上海交通大学医学院附属瑞金医院骨科 200025 上海市;

2 上海市嘉定区中心医院骨科 201800)

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2014.05.15

中图分类号: R687.3 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2014)-05-0462-04

1982年 Harms 等^[1]首次提出经椎间孔腰椎椎体间融合术(transforaminal lumbar interbody fusion, TLIF)。2003年 Foley 等^[2]首次报道了微创(minimally invasive, MIS) TLIF。经过不断改良和完善,目前 MIS-TLIF 已被广泛应用于各种腰椎退变性疾病的治疗。内固定的目的在于提供节段的即刻稳定,促进融合。目前 MIS-TLIF 手术中常用的内固定方法有:(1)双侧椎弓根螺钉(bilateral pedicle screw, BPS)固定,对侧经皮固定;(2)单侧椎弓根螺钉(unilateral pedicle screw, UPS)固定,对侧不固定;(3)单侧椎弓根螺钉+对侧经皮关节突螺钉(unilateral pedicle and contralateral facet screw, UPCFS)固定。笔者就 MIS-TLIF 三种不同内固定方法及其相关研究进展综述如下。

1 BPS 固定

1.1 生物力学研究

BPS 固定的生物力学研究均显示其在维持脊柱稳定性方面,具有较高的生物力学强度。Schleicher 等^[3]应用 8 具新鲜冰冻尸体腰椎,比较 MIS-TLIF 各种后侧固定方式生物力学上的强度差别,在过伸、过屈、侧屈、旋转方向进行活动度(range of motion, ROM)测试,结果显示,在各种测试模式中 BPS 提供的生物力学稳定性均高于其他固定方式。Chen 等^[4]通过有限元模型分析,发现 MIS-TLIF 联合 BPS 固定在手术及邻近节段能取得与完整腰椎相似的 ROM(<5%),且应力在各个方向分布均衡。Harris 等^[5]采用 5 具新鲜冰冻尸体腰椎进行 TLIF 术后各种后侧内固定方式生物力学研究,结果 BPS 固定的 L4/5 节段在轴向旋转、侧弯及屈伸方向的灵活性分别为完整腰椎的 91%、99%和 93%,最接近原始状态的 L4/5 节段。

1.2 临床应用

自 TLIF 手术出现以来, BPS 一直作为标准的内固定方式普遍应用于临床,该固定方法可提供坚强固定,限制

固定节段椎体间的活动并促进融合。MIS-TLIF 手术结合经皮 BPS 固定,在不降低手术节段固定强度的同时,大大减少了椎旁肌肉的剥离,减少术中出血、术后疼痛及术后麻醉药品的使用量^[6,7]。Tsahtsarlis 等^[8]的前瞻性研究中,对 34 例腰椎退行性疾病患者行 MIS-TLIF 治疗,手术采用扩张通道管系统(METRx X-Tube),借助 Sextant 系统行经皮 BPS 固定,平均住院时间为 4d,通过至少 6 个月的随访,所有患者术前根性疼痛症状得到不同程度的缓解,其中 23 例伴有腰椎滑脱的患者通过后侧内固定系统获得完全或部分复位,没有一例发生内固定断裂、松动等并发症。

1.3 融合率

无论何种融合手术其最终目的是达到椎体间牢固融合,而脊柱内固定的目的在于提供节段的即刻稳定,促进融合。BPS 固定生物力学强度高,固定牢靠,能取得良好的融合率,有学者报道 MIS-TLIF 结合 BPS 固定的融合率可达到 90%~100%^[2,7]。Tsahtsarlis 等^[8]报道 34 例腰椎退行性疾病患者,在行 MIS-TLIF 联合经皮 BPS 固定术后 6 个月,经 CT 扫描有 33 例患者手术节段获得骨性融合,融合率为 97%。Choi 等^[9]报道,27 例腰椎退行性疾病患者进行单节段 MIS-TLIF 术联合 BPS 固定,随访 28.85±4.37 个月,根据 Bridwell 评价标准,至末次随访时 26 例患者评定为融合。邹海波等^[10]对 21 例腰椎退行性疾病患者采用 MIS-TLIF 结合 BPS 固定治疗,随访 3~18 个月,平均 1 年,所有患者均达到影像学融合标准。

1.4 相关并发症

BPS 固定的生物力学强度高,其固定节段的活动度最小,但手术节段的稳定性过高被怀疑可能增加邻近节段的应力,加速其术后退变,增加邻近节段病变(adjacent segment disease, ASD)的发生率^[11]。Kim 等^[12]的回顾性研究中,对 147 例行后外侧融合手术并取得成功融合的患者进行了 10 年以上随访,发现 BPS 固定组的影像学 ASD 发生率明显高于 UPS 组(72.7%和 55.9%),尤其在第二邻近节段更明显。Choi 等^[9]报道,在有关 MIS-TLIF 联合 BPS 和 UPS 固定的临床对照研究中, BPS 固定组 1 例患者

第一作者简介:男(1978-),在读医学硕士,研究方向:脊柱外科

电话:(021)59531711 Email:thwgmy@hotmail.com

通讯作者:梁裕 Email:hugoliang@126.com

发生上一节段的椎间盘突出,并进行再次手术。

1.5 适应证

BPS 目前仍是 MIS-TLIF 手术的标准固定方式,在临床中普遍应用。目前比较公认的适应证有:不合并神经症状或仅有单侧神经症状的峡部裂性或退行性 I~II 度腰椎滑脱症,多次复发的椎间盘突出症,严重的退行性椎间盘疾病,椎板切除术后脊柱不稳,假关节形成,创伤需要椎体间融合等^[13]。

2 UPS 固定

2.1 生物力学研究

UPS 的固定强度明显低于 BPS 固定,仅提供不均衡的固定,尤其在侧方屈曲和旋转时局部区域应力集中并产生偏轴运动(off-axis movement)^[4,5,14]。Slucky 等^[14]采用 7 具新鲜冰冻人体尸体腰椎标本,行 MIS-TLIF 操作并应用 BPS、UPS、UPCFS 三种内固定,在屈、伸、侧弯和轴向旋转状态承受 5N 扭矩和 50N 轴向压缩负荷,UPS 固定节段的活动度在屈伸和侧弯时大约为 BPS 固定的 2 倍,旋转时为 1.4 倍。Chen 等^[4]的有限元模型分析结果显示,应用左侧 UPS 固定的 MIS-TLIF 模型,其手术节段在后伸、右侧侧弯及右侧旋转方面的活动度明显大于 BPS 组,尤其在右侧侧弯及旋转时应力集中于椎弓根螺钉(pedicle screw,PS)周围及融合器-终板表面,易造成内固定断裂及融合器移位,不利于融合。但 Schleicher 等^[3]的体外实验研究结果显示,虽然 MIS-TLIF 联合 UPS 固定在多数测试模式中提供的强度显著弱于 BPS 固定,但至少能达到原始节段的稳定性。

2.2 临床应用

Beringer 等^[15]和 Deutsch 等^[16]分别在其前瞻性研究中应用 MIS-TLIF 联合 UPS 固定治疗腰椎退行性疾病的患者,均取得了满意的临床疗效,且创伤小,术中出血少,无螺钉断裂、cage 移位等相关并发症。

在与 BPS 固定的临床随机对照研究(randomized controlled trial,RCT)中,Xue 等^[17]对 37 例腰椎退行性疾病患者进行 MIS-TLIF 联合 UPS 固定术,UPS 组的手术时间、术中出血量、住院时间、置入物成本分别为 136min、70.8ml、12.1d、3943.3 美元,明显优于 BPS 组;随访 18~32 个月,UPS 组 2 例患者出现螺钉松动,BPS 组 1 例,两组间无显著性差异。Sonmez 等^[18]将 20 例单节段复发性椎间盘突出症患者随机分为 2 组,行 MIS-TLIF 手术并分别应用经皮 UPS 固定及经皮 BPS 固定,UPS 组的手术时间及置入物成本分别为 100min、2900 里拉,BPS 组为分别 147min、4700 里拉,UPS 组显著低于 BPS 组;随访 2 年,UPS 组亦无内固定断裂、融合器移位与下沉及椎体骨折等并发症发生。

由此可见,相比于 BPS 固定,UPS 固定于临床应用方面似乎更适合微创手术,其避免了对侧软组织的损伤,可减少失血,缩短手术时间,减少术中放射暴露时间,降低医

疗成本,并能取得与 BPS 固定相当的临床疗效。

2.3 融合率

回顾近年来有关 MIS-TLIF 联合 UPS 与 BPS 固定的 RCT 研究,Choi 等^[9]、Xue 等^[17]、Sonmez 等^[18]、Dahdaleh 等^[19]、Lin 等^[20]和 Shen 等^[21]报道 UPS 组的融合率分别为 84.6%、91.9%、80%、93.8%、92.3%、96.8%,BPS 组分别为 96.3%、93%、90%、95%、93.4%、100%,数据上均一致显示 UPS 组的融合率略低于 BPS 组,但除 Choi^[9]外,其他各项研究中两组间无明显差异。但是,目前相关的临床对照研究总体数量较少,且研究中的样本量较小,因此,需要高质量大样本的 RCT 研究来进一步确认这些结果。

2.4 相关并发症

UPS 固定的低生物力学稳定性可能增加术后 cage 移位的发生率。有学者^[22,23]报道,TLIF UPS 固定组 cage 移位的发生率明显高于 BPS 固定组。Choi 等^[9]报道,在 MIS-TLIF 固定方式的对照研究中,UPS 组有 2 例患者发生 cage 移位,其中 1 例进行翻修手术,而 BPS 组无一例发生。

UPS 固定为不对称固定,手术节段两侧应力分布不均衡,可能较双侧固定更易发生后脊柱侧凸改变。Choi 等^[9]报道,在其 RCT 研究中,MIS-TLIF 联合 UPS 固定组与 BPS 组分别随访 27.5 个月和 28.9 个月,UPS 固定组术后脊柱侧凸的发生率(23.1%)明显高于 BPS 组(3.7%)。但在其他临床报道^[17-21]中,并未发现 MIS-TLIF UPS 固定与 BPS 固定在术后脊柱侧凸发生率方面的差异,可这些影像学结果主要从不超过 3 年的随访中获得,因此仍然需要进一步的长期随访。

2.5 适应证

UPS 固定的潜在缺点为固定节段不够稳定^[4,5,14],考虑其提供的刚度可能不够,目前 MIS-TLIF 联合 UPS 固定主要适用于单节段且术前无明显腰椎不稳的患者,包括:退行性腰椎滑脱(I~II 度)^[9,19,20],单侧椎间盘突出症^[9,20],退行性椎间盘突出症^[15,16,21],复发性椎间盘突出症^[9,15,18],椎管狭窄症^[9,20]等。只有 Choi 等^[9]将峡部裂型腰椎滑脱纳入研究中,但在其研究中,UPS 组的融合率明显低于 BPS 组,脊柱侧凸及 cage 移位的发生率高于 BPS 组。可见,峡部裂型腰椎滑脱患者进行双侧固定可能更为合适。

此外,对于椎管严重狭窄需要双侧减压、对侧稳定结构完整性已破坏和两节段及以上病变时,采用 UPS 固定可能增加内固定断裂、植骨不融合的发生率,宜首选 BPS 固定。

3 UPCFS 固定

3.1 生物力学研究

为弥补 UPS 固定的结构缺陷,在手术对侧补充关节突螺钉(facet screw,FS)固定可明显提高其生物力学固定强度,且 FS 置入可经皮操作,无需额外的手术暴露^[4]。Chen 等^[4]在有限元模型分析中发现,UPS 固定的 MIS-TLIF

模型在辅助对侧 FS 固定后,能明显改善手术节段的稳定,分担邻近组织的应力,显示出与 BPS 固定模型相似的 ROM 及应力分布。

3.2 临床应用

近年来,有学者将 UPCFS 固定系统应用于 MIS-TLIF,能明显缓解患者腰腿痛症状,且减少了对侧置钉造成的医源性肌肉及软组织损伤,术中出血少,患者住院时间短^[24-26]。Awad 等^[25]在其回顾性研究中,首次对 MIS-TLIF 采用 UPCFS 和 BPS 两种固定方法进行了比较,34 例单节段腰椎退行性疾病患者纳入研究,UPCFS 组 20 例,BPS 组 14 例,两组患者分别随访 26.7 个月及 23.6 个月,结果显示 UPCFS 组手术时间、术中出血量显著低于 BPS 组(227min vs 291min,276ml vs 443ml),置入物成本至少比 BPS 组低 35%,两组间置入物相关并发症发生率未见明显差异。徐教等^[26]报道,对 82 例单节段腰椎退行性疾病患者进行 MIS-TLIF,分别采用 UPCFS 固定(37 例)及 BPS 固定(45 例),平均随访 17.6 个月,UPCFS 组手术时间、术中出血量、切口长度、下地活动时间和住院时间平均分别为 110min、68ml、29mm、2h、2.9d,BPS 组分别为 155min、96ml、59mm、27h、3.4d,UPCFS 组显著优于 BPS 组。但目前关于 MIS-TLIF 联合 UPCFS 固定的临床研究总体还较少,其临床应用还有待进一步观察。

3.3 融合率

徐教等^[26]的临床对照研究中,应用 Bridwell 椎间融合评价标准判定,至末次随访时 UPCFS 组患者中 I 级 21 例(56.8%),II 级 16 例(43.2%),无 III 级和 IV 级病例,均获得影像学融合,与 BPS 组比较无显著差异。Awad 等^[25]报道,UPCFS 与 BPS 两组在末次随访时的融合率均为 67%。可见,MIS-TLIF 应用 UPCFS 固定的影像学融合率令人满意,且不差于 BPS 固定方法。

3.4 相关并发症

MIS-TLIF 联合 UPCFS 固定临床应用的并发症报道不多。Hsiang 等^[27]报道 40 例腰椎管狭窄症患者行 MIS-TLIF 并应用 UPCFS 固定,2 例患者因 FS 置入位置不理想而产生新的腿痛。Jang 等^[24]报道行 MIS-TLIF 联合 UPCFS 固定的 23 例不稳定退行性腰椎滑脱患者中,1 例发生 PS 断裂及 cage 移位。但这些并发症总体发生率较低,与应用 BPS 固定比较无明显差异,总体而言,目前 MIS-TLIF 应用 UPCFS 固定是一种安全可行的手术方案。

3.5 适应证

UPCFS 固定有不弱于 BPS 固定的生物力学强度^[4,11],故适应证也相似。在 MIS-TLIF 联合 UPCFS 固定的临床研究中纳入的对象主要为:腰椎管狭窄症^[27],退行性椎间盘突出^[25,26],复发性椎间盘突出症^[25],退行性腰椎滑脱^[24,25]。Jang 等^[24]将 MIS-TLIF 联合 UPCFS 固定应用于两节段病变及伴有退行性腰椎不稳的患者,也获得了满意的临床及影像学结果。但使用 FS 需保持椎板及关节突关节的完整性,如手术对侧有关节突或椎板切除术史则无法使用。且

FS 不像 PS 那样有较强的提拉复位作用,对双侧峡部裂型腰椎滑脱需要复位的患者不适用^[28]。

4 小结

BPS、UPS 和 UPCFS 三种内固定方法在生物力学、临床应用、融合率及相关并发症方面均有其各自的优势和劣势,在行 MIS-TLIF 时,应选择何种后侧内固定方案目前没有明确标准,要求手术医师权衡考虑。而严格把握适应证,熟练掌握操作技能,是 MIS-TLIF 各项内固定技术得以普遍开展的关键。

5 参考文献

1. Harms J, Rolinger H. A one-stage procedure in operative treatment of spondylolistheses: dorsal traction-reposition and anterior fusion[J]. Z Orthop Ihre Grenzgeb, 1982, 120(3): 343-347.
2. Foley KT, Holly LT, Schwender JD. Minimally invasive lumbar fusion[J]. Spine, 2003, 28(15 Suppl): S26-S35.
3. Schleicher P, Beth P, Ottenbacher A, et al. Biomechanical evaluation of different asymmetrical posterior stabilization methods for minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion: Laboratory investigation[J]. J Neurosurgery Spine, 2008, 9(4): 363-371.
4. Chen SH, Lin SC, Tsai WC, et al. Biomechanical comparison of unilateral and bilateral pedicle screws fixation for transforaminal lumbar interbody fusion after decompressive surgery: a finite element analysis[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2012, 13(1): 72.
5. Harris BM, Hilibrand AS, Savas PE, et al. Transforaminal lumbar interbody fusion: the effect of various instrumentation techniques on the flexibility of the lumbar spine [J]. Spine, 2004, 29(4): E65-E70.
6. Parker SL, Mendenhall SK, Shau DN, et al. Minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion(TLIF) for degenerative spondylolisthesis: comparative effectiveness and cost-utility analysis[J]. World Neurosurg, 2013, Jan 12. pii: S1878-8750(13)00102-2. doi: 10.1016/j.wneu.2013.01.041. [Epub ahead of print].
7. Tian NF, Wu YS, Zhang XL, et al. Minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion: a meta-analysis based on the current evidence[J]. Eur Spine J, 2013, 22(8): 1741-1749.
8. Tsatsarlis A, Wood M. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion and degenerative lumbar spine disease [J]. Eur Spine J, 2012, 21(11): 2300-2305.
9. Choi UY, Park JY, Kim KH, et al. Unilateral versus bilateral percutaneous pedicle screw fixation in minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion [J]. Neurosurg Focus, 2013, 35(2): E11.
10. 邹海波, 绳厚福, 李中实, 等. 微创 TLIF 单侧或双侧固定治疗腰椎退行性疾病的临床疗效[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2013,

- 23(12): 1086–1091.
11. Lee JC, Kim Y, Soh JW, et al. Risk factors of adjacent segment disease requiring surgery after lumbar spinal fusion: comparison of posterior lumbar interbody fusion and posterolateral fusion[J]. *Spine*, 2014, 39(5): E339–345.
 12. Kim TH, Lee BH, Moon SH, et al. Comparison of adjacent segment degeneration after successful posterolateral fusion with unilateral or bilateral pedicle screw instrumentation: a minimum 10-year follow-up [J]. *Spine J*, 2013, 13 (10): 1208–1216.
 13. Karikari IO, Isaacs RE. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion: a review of techniques and outcomes[J]. *Spine*, 2010, 35(26 Suppl): S294–301.
 14. Slucky AV, Brodke DS, Bachus KN, et al. Less invasive posterior fixation method following transforaminal lumbar interbody fusion: a biomechanical analysis[J]. *Spine J*, 2006, 6(1): 78–85.
 15. Beringer WF, Mobasser JP. Unilateral pedicle screw instrumentation for minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion[J]. *Neurosurg Focus*, 2006, 20(3): E4.
 16. Deutsch H, Musacchio MJ Jr. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion with unilateral pedicle screw fixation[J]. *Neurosurg Focus*, 2006, 20(3): E10.
 17. Xue H, Tu Y, Cai M. Comparison of unilateral versus bilateral instrumented transforaminal lumbar interbody fusion in degenerative lumbar diseases [J]. *Spine J*, 2012, 12 (3): 209–215.
 18. Sonmez E, Coven I, Sahinturk F, et al. Unilateral percutaneous pedicle screw instrumentation with minimally invasive TLIF for the treatment of recurrent lumbar disk disease: 2 years follow-Up[J]. *Turk Neurosurg*, 2013, 23(3): 372–378.
 19. Dahdaleh NS, Nixon AT, Lawton CD, et al. Outcome following unilateral versus bilateral instrumentation in patients undergoing minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion: a single-center randomized prospective study[J]. *Neurosurg Focus*, 2013, 35(2): E13.
 20. Lin B, Xu Y, He Y, et al. Minimally invasive unilateral pedicle screw fixation and lumbar interbody fusion for the treatment of lumbar degenerative disease [J]. *Orthopedics*, 2013, 36(8): e1071–e1076.
 21. Shen XL, Wang L, Zhang H, et al. Radiographic analysis of one-level minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion (MI-TLIF) with unilateral pedicle screw fixation for lumbar degenerative diseases[J]. *J Spinal Disord Tech*, 2013, Oct 30. [Epub ahead of print]
 22. Aoki Y, Yamagata M, Nakajima F, et al. Examining risk factors for posterior migration of fusion cages following transforaminal lumbar interbody fusion: a possible limitation of unilateral pedicle screw fixation: Clinical article[J]. *J Neurosurg Spine*, 2010, 13(3): 381–387.
 23. Duncan JW, Bailey RA. An analysis of fusion cage migration in unilateral and bilateral fixation with transforaminal lumbar interbody fusion[J]. *Eur Spine J*, 2013, 22(2): 439–445.
 24. Jang JS, Lee SH. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion with ipsilateral pedicle screw and contralateral facet screw fixation[J]. *J Neurosurg Spine*, 2005, 3(3): 218–223.
 25. Awad BI, Lubelski D, Shin JH, et al. Bilateral pedicle screw fixation versus unilateral pedicle and contralateral facet screws for minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion: clinical outcomes and cost analysis[J]. *Global Spine J*, 2013, 3(4): 225–230.
 26. 徐教, 毛克亚, 王岩, 等. 微创经椎间孔腰椎椎体间融合术采用两种不同内固定方式的临床对照研究[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2013, 23(9): 798–803.
 27. Hsiang J, Yu K, He Y. Minimally invasive one-level lumbar decompression and fusion surgery with posterior instrumentation using a combination of pedicle screw fixation and transpedicular facet screw construct [J]. *Surg Neurol Int*, 2013, 4: 125.
 28. Aepli M, Mannion AF, Grob D. Translaminar screw fixation of the lumbar spine: long-term outcome[J]. *Spine*, 2009, 34 (14): 1492–1498.
- (收稿日期: 2014-03-30 修回日期: 2014-05-04)
(本文编辑 李伟霞)