

经骶前间隙轴向腰椎间融合术的研究进展

Advance of axial lumbar interbody fusion

王华锋, 郑召民

(中山大学附属第一医院脊柱外科 510080 广州市)

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2013.03.16

中图分类号: R687.3 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2013)-03-0275-04

轴向腰椎间融合术(axial lumbar interbody fusion, AxiaLIF)是一种新兴的微创经骶前间隙入路的腰椎间融合技术,由Cragg等^[1]最先于2004年提出,其巧妙利用特殊解剖通道,避免暴露脊柱前方、后方及侧方的结构,不破坏双侧关节突关节及椎旁肌肉、韧带等结构,不显露神经根和硬膜囊,无需进入腹腔以免牵拉血管和腹腔内脏器,避免了神经根和其他重要结构的破坏,达到真正微创的目的。而且,AxiaLIF保留了纤维环和前后纵韧带的完整性,使脊柱融合节段得到最大程度支持和力学稳定。笔者就AxiaLIF的可行性、操作技术及临床应用等方面进展综述如下。

1 AxiaLIF 的局部解剖学研究

对于大多数脊柱外科医生来说,骶前间隙的局部解剖相对陌生,对骶前间隙进行详尽的解剖学研究,可提高操作的安全性。

骶前间隙位于直肠、直肠侧韧带与骶骨之间,前方为包裹直肠系膜的直肠固有筋膜,后方为包裹骶前血管和交感神经干的骶前壁筋膜,上方与腹膜后间隙相通,下方由提肛肌封闭,侧方则与髂内血管及其分支、下腹下丛、盆内神经和直肠侧韧带相邻。

2006年,Yuan等^[2]在尸体和影像学研究的基础上,提出了“安全区”概念,“冠状面安全区”指最靠近中线的左、右髂血管内侧缘之间的区域,而“矢状面安全区”指骶骨正中前缘到直肠后壁之间的区域。Yuan等^[2]认为,如果MRI上测量的骶前间隙达到“足够矢状面区域”,可防止AxiaLIF操作中直肠损伤。

然而,最近Li等^[3]在尸体上对AxiaLIF的应用解剖进行详尽研究后,提出了不同的观点。他们认为,目前大多数研究主要关注“纵向”血管,而非骶前间隙的筋膜结构和骶前静脉丛,这样的疏忽导致了外科医生的盲目乐观。Li等^[3]将骶前间隙内筋膜分为5层,即骨膜层、骶前壁筋膜层、骶

直肠筋膜层、自主神经筋膜层和直肠固有筋膜层;直肠固有筋膜层包裹脂肪组织、血管和淋巴组织,骶前壁筋膜覆盖相关骶前血管和神经,疏松脂肪组织位于骶前壁筋膜和直肠固有筋膜之间,这类似于解剖学上的肌间隙。在骶前间隙进行操作时,应在骶前壁筋膜和骶骨直肠筋膜之间的外科平面行锐性分离,因为不小心和钝性分离注定会导致筋膜层破裂,从而使筋膜下的骶静脉丛受损引起大出血的机会大大增加^[3]。

Li等^[3]在模拟操作中发现,钝性分离时很难行走于精确的外科平面;如果导针偏浅,骶前静脉丛受损的风险较高;而导针偏深又有直肠受损的风险。因此,Li等^[3]建议,操作时可考虑在内窥镜引导下于准确的外科平面进行锐性分离,以避免骶骨直肠筋膜和骶前壁筋膜破裂,只有如此,才能保证所谓的“冠状面安全区”。同时,他们认为,骶前间隙的“矢状面安全区”应以盆内脏神经的长度为界定,平均为2.2cm(1.9~2.5cm)。鉴于直肠回缩的弹性和塑性,在外科实践中,其“矢状安全区”可能会超过上述值。Li等^[3]特别强调,操作时需注意穿越静脉和盆腔内脏神经,因为损伤这些结构可导致盆腔血肿和性/排尿功能障碍。

总之,骶前间隙理论上存在AxiaLIF安全操作的外科平面,对骶前间隙局部解剖的深入理解是保证安全的前提,内窥镜引导下操作可能会减少局部重要结构的损伤几率。

2 AxiaLIF 的生物力学研究

与其他传统腰椎融合术相比,AxiaLIF不损坏纤维环和前、后纵韧带,最大限度地保留了正常组织^[4]。许多学者就其生物力学进行了详尽的研究。Ledet等^[5]在牛腰骶椎标本上进行了AxiaLIF与多种传统融合固定方法的生物力学稳定性比较研究,结果显示,AxiaLIF显著增加了脊柱刚度,降低了节段活动范围,在侧向和矢状位方向稳定性显著优于传统椎间融合方法,而在轴向与牵引和压缩方面AxiaLIF也和钢板、钉棒系统表现出类似的刚度,认为AxiaLIF比传统融合固定方法更利于促进椎体间融合。Akesen等^[6]在人体上测试了AxiaLIF技术的相关生物力学性能,结果表明,单独使用AxiaLIF显著降低了节段活

第一作者简介:男(1981-),主治医师,博士研究生,研究方向:脊柱外科

电话:(020)87332220-8236 E-mail:wanghuafeng2008@163.com

通讯作者:郑召民 E-mail:zhengzm1@163.com

动范围,同时证实 AxiaLIF 有保持纤维环完整、通过撑开间接减压的优势。但为了获得最佳的生物力学性能,Akesen 等^[9]建议行 AxiaLIF 时辅以诸如关节突螺钉或椎弓根螺钉等后方内固定措施。Erkan 等^[6]在双节段 AxiaLIF 固定的生物力学性能研究中得到了类似的结果,单独的双节段 AxiaLIF 固定降低了节段的活动范围,但辅助后方内固定较单独双节段 AxiaLIF 固定有着更强的刚度。

最近,Fleischer 等^[7]在人尸体脊柱上研究了长节段融合中 AxiaLIF 的生物力学性能,比较四种不同固定方式(单独椎弓根螺钉固定、前路椎间融合器与椎弓根螺钉联合使用、椎弓根螺钉与 AxiaLIF 联合使用、髂骨螺钉和椎弓根螺钉联合使用)的 S1 螺钉应变程度,结果显示,S1 螺钉应变程度最大的是单独使用椎弓根螺钉,而联合使用前路椎间融合器应变力减少了 38%,联合使用 AxiaLIF 减少了 75%,联合使用髂骨螺钉则减少 78%,表明在长节段融合中保护 S1 螺钉方面,AxiaLIF 可以提供与髂骨螺钉类似的生物力学性能。

综上所述,在生物力学性能方面,AxiaLIF 具有良好的抗剪切应力、抗移位和抗弯曲/伸展能力。

3 AxiaLIF 的操作技术

术前常规清洁灌肠;术中使用双平面 X 线透视技术监测正位及侧位;患者俯卧于 Jackson 手术床上,于骨盆下垫一软垫,以最大限度地屈曲髋关节^[8,9]。常规消毒铺单后,于臀区靠近尾骨作一横切口(既往常采取纵切口,但横切口可减少坐位时的伤口开裂)^[8]。继而循如下步骤操作^[1,8,9]:①建立工作通道:用手指钝性分离直至达骶结节韧带前方;插入钝性插管,沿骶骨前中线前推,通过触觉及透视引导,缓慢向内弧形前移,向前方推开直肠,保持插管装置与骶骨前面的骨性接触。确保尖端在本通道中心插入,否则会伤及偏外侧神经孔发出的神经及前方的骨盆内结构(如直肠)。继而,在透视引导下,将插管置于 S1 与 S2 椎体融合处的骶骨前侧皮质处。更换尖锐导针,将导针按计划路线锤入骶骨,沿导针用扩张管依次扩张骶前软组织,创建骶骨内的骨性工作通道。②处理椎间隙:空心钻向前经骶骨及椎间盘钻至 L5 下终板,保留 L5 下终板完整性,移除空心钻,钻内骨屑留作自体植骨用。随后使用特殊设计的椎间盘铰刀,在透视引导下绞碎 L5/S1 椎间盘髓核组织,注意维护纤维环完整,应用特殊设计的丝状刷子将切碎椎间盘组织取出。③填充植骨材料:用特殊设计的注射器,将所选植骨材料填塞入椎间隙。④置入经骶前微创(TranS1)内固定螺钉,撑开 L5/S1 椎间隙:用钻头钻穿 L5 椎体至距 L5 上终板 1cm 范围内,插入最后的导针,测量深度,拧入特制的 TranS1 螺钉。

如果需要行双节段 AxiaLIF 固定(AxiaLIF II),在第②步完成后继续向 L4 进行操作^[8]。建立通道、处理 L4/5 椎间盘和钻入 L4 椎体方法同前;继而先沿导针方向拧入固定 L4-5 的 TranS1 内固定远侧螺钉直至其近端接近 L5 下

终板;将近侧螺钉沿着相同的骨通道插入,在 L5/S1 椎间隙与远侧螺钉衔接;旋转近侧螺钉,通过与远侧螺钉之间的抵抗力来扩张椎间隙^[8]。手术可同时辅以经皮后路关节突螺钉固定或经皮椎弓根螺钉内固定,以提供更为可靠的固定^[8]。完成上述步骤后,取出工作通道,关闭皮肤切口,术后第 2 天即可戴腰围下地活动。

4 AxiaLIF 的临床应用

AxiaLIF 已获美国 FDA 认证,先后在美国和欧洲应用于临床,并取得了较好的临床效果。根据融合节段的不同分为 L5/S1 单节段融合(AxiaLIF)和 L5/S1、L4/5 双节段融合(AxiaLIF II)。

4.1 手术适应证和禁忌证

目前对于 AxiaLIF 的适应证仍有争议,比较公认的适应证有^[1,9-12]:L4/5 和/或 L5/S1 节段的退变性椎间盘疾病导致的腰痛,伴或不伴神经根症状;L4/5 和/或 L5/S1 节段的复发性椎间盘突出症;腰椎融合术失败,有 L5/S1 假关节形成;L4/5 和/或 L5/S1 节段椎板切除术后不稳定或假关节形成造成的腰痛;L4/5 和/或 L5/S1 节段的 I、II 度腰椎滑脱。当前,已有学者开始尝试在融合至骶骨指征的成人脊柱侧凸手术中应用 AxiaLIF 技术^[8]。

禁忌证:① II 度以上腰椎滑脱、严重脊柱侧凸、骶管严重畸形(包括高弓度骶椎)等不利于工作通道建立的脊柱疾病^[13,14];②有骶前手术史、结直肠炎性疾病^[12,15];③凝血障碍、肿瘤、创伤等全身性疾病以及妊娠等^[15]。

4.2 AxiaLIF 的临床疗效

自从 Cragg 等^[1]报道了在 3 例患者中应用 AxiaLIF 的可行性后,许多研究报告了 AxiaLIF 的临床疗效。Patil 等^[11]报道了 50 例 AxiaLIF,平均随访 12 个月,融合率达 96%;Aryan 等^[12]报道 21 例 AxiaLIF 的融合率为 91%。

最近,一些学者报告了随访超过 2 年的临床疗效。Tobler 等^[16]报道了 156 例 AxiaLIF 患者的回顾性研究结果,术后 2 年随访时疼痛及功能均较术前明显改善,影像学融合率为 94%,与之前的报告^[11,12]类似。Tobler 等^[17]也报告了随访达 2 年的前瞻性研究结果,在术后 3 个月随访时疼痛和功能显著改善;1 年随访时影像学上 22 例(92%)完全融合,2 年随访时 23 例(96%)完全融合;其中 1 例假关节形成,通过后外侧融合翻修后成功融合。Gerszten 等^[18]还报道了行 AxiaLIF 时,使用或不使用重组人骨形态发生蛋白-2(rhBMP-2)的融合率相似,表明 AxiaLIF 手术可以达到良好的融合,进而避免了使用 rhBMP-2 相关的并发症。

一些学者报道了应用 AxiaLIF 技术治疗腰椎滑脱症的研究。Tender 等^[19]对 3 例退变性腰椎滑脱症患者行 AxiaLIF,临床疗效满意;而 Gerszten 等^[20]对 26 例轻度峡部裂滑脱症患者行 AxiaLIF,也取得了满意疗效。Anand 等^[14]对 12 例退变性腰椎侧凸患者联合使用 3 种微创技术[极外侧椎间融合术(XLIF),AxiaLIF 和后路经皮内固定术]进行矫形手术,结果显示在较少并发症和出血的前提下达到

理想的矫形效果,进一步支持了 AxiaLIF 在成人脊柱侧凸手术中的应用。

由此可见,在选择恰当病例的前提下,AxiaLIF 无论在症状缓解、功能改善,还是融合率方面,均具有较优良的表现。

4.3 并发症

Patil 等^[14]的研究发现,最常见的并发症为浅表伤口感染,其次是假关节形成、直肠损伤、血肿与螺钉激惹神经根。

Lindley 等^[15]报道了 68 例 AxiaLIF,总体并发症发生率为 26.5%,总计 16 例患者 18 种并发症,其中包括假关节形成(8.8%)、浅表感染(5.9%)、骶骨骨折(2.9%)、盆腔血肿(2.9%)、伤口愈合不良(1.5%)、一过性神经根刺激症状(1.5%)和直肠穿孔(2.9%)。关于直肠穿孔,Meyer 和 Mummaneni^[20]指出,了解既往结直肠手术史很重要,因其可引起局部粘连;同样仔细术前影像学评估也很重要。因此有学者强烈建议有任何腹腔粘连可能的患者需行盆腔 MRI 或增强 CT 检查^[21]。

Boachie-Adjei 等^[8]进行了一项应用 AxiaLIF 连续治疗 40 例成人脊柱侧凸患者的研究,25 例患者接受单节段 AxiaLIF,15 接受双节段 AxiaLIF;40 例中 9 例出现并发症(22.5%),包括 3 例短暂的神经刺激症状、2 例血栓栓塞、3 例浅表伤口感染和 1 例 TranS1 螺钉位置不佳;40 例中 4 例(10%)行二次手术;1 例行 TranS1 螺钉置入物重新调整,3 例浅表伤口灌洗和清创;无深部伤口感染、肠穿孔、永久性神经和血管损伤的病例。

在行 AxiaLIF 前,外科医生应该充分了解相关危险因素,尤其强调询问患者既往结直肠手术史,因为患者在术前可能不会主动透露这些信息^[15,21]。考虑到直肠损伤的风险,术前应仔细阅读骶前间隙 MRI,以评估骶前空间的大小,确定直肠贴附于骶骨,排除血管异常,辅助术前设计螺钉的置入轨迹^[15]。为了防止和早期发现肠道受损,低位肠道症状应在术前和术后进行彻底的评估。术前彻底的肠道准备包括完全的流质饮食至关重要。一个充满粪便的直肠在术中很难移动,如果并发穿孔,则会大大增加处理的难度^[15]。另外,当 AxiaLIF 与其他手术相结合使用时,后实施 AxiaLIF 可能有利,因为 AxiaLIF 操作结束后使患者直接仰卧位可以早期压迫直肠后间隙^[15]。

4.4 翻修技术

关于 AxiaLIF 翻修手术,安全是一个问题,因为手术瘢痕可能会导致直肠损伤。DeVine 等^[22]报道了 AxiaLIF 后因假关节形成而翻修的病例,其采取旁正中入路通过 L5-S1 前方取出 AxiaLIF 融合器。Nasca 等^[23]则认为通过原手术入路取出 AxiaLIF 融合器是安全的,与 Hofstetter 等^[24]的观点一致。

Hofstetter 等^[24]详细描述了经原手术切口行 AxiaLIF 装置取出的操作技术:患者体位与置入手术时体位相同,循原手术切口瘢痕切开至筋膜层,利用血管钳钝性分离盆

底肌肉,小心进入骶前间隙,进而在 C 型臂 X 线机透视监测下建立工作通道;在透视引导下,钝头导针紧贴覆盖于骶骨的骶前筋膜小心向前推进,一旦钝头导针的前端与 AxiaLIF 置入物的螺帽中心精确地对接后,使用木槌将导丝推进 AxiaLIF 置入物内;确认插入导丝后,撤除钝头导针,保留导丝;沿导丝插入系列钝性扩张器进行扩张,后插入斜面交换套管作为工作通道,并通过固定线锚定于骶骨;进而利用制造商提供的两种工具取出 AxiaLIF 装置。

对于取出 AxiaLIF 装置的指征,Hofstetter 等^[24]认为是装置周围过度的骨吸收和慢性感染。

5 展望

不可否认,AxiaLIF 是一项设计新颖的微创技术,既可以单独使用,又可以和其他微创或开放手术联合使用,为 L5/S1 乃至 L4/5 节段的椎间融合提供了一个安全、有效的融合方式。微创 AxiaLIF 是目前为止真正意义上的经皮腰椎椎间融合术。该技术可避免暴露脊柱前方、后方及侧方的结构,不损伤后部肌肉、韧带及后部椎体组件,也不需进入腹腔或牵拉血管、内脏器官。由于直肠后间隙内为脂肪组织,手术操作又是在腰骶椎中轴进行,该入路对途经组织、脊柱周围组织、脊柱本身结构的损伤降到最低,有利于患者的术后康复。总体上,AxiaLIF 是一个相对安全的技术,在选择合适的病例中达到了良好的临床效果;在 S1 螺钉保护方面,与骨盆固定效果相当,但由于其微创,出血和并发症更少;此外其还可以提供间接减压,促进椎间融合。全面评估患者的病史和准确选择适应证是保证操作安全及取得成功的关键。

6 参考文献

1. Cragg A, Carl A, Casteneda F, et al. New percutaneous access method for minimally invasive anterior lumbosacral surgery[J]. J Spinal Disord Tech, 2004, 17(1): 21-28.
2. Yuan PS, Day TF, Albert TJ, et al. Anatomy of the percutaneous presacral space for a novel fusion technique[J]. J Spinal Disord Tech, 2006, 19(4): 237-241.
3. Li X, Zhang Y, Hou Z, et al. The relevant anatomy of the approach for axial lumbar interbody fusion[J]. Spine, 2012, 37(4): 266-271.
4. Ledet EH, Tymeson MP, Salerno S, et al. Biomechanical evaluation of a novel lumbosacral axial fixation device[J]. J Biomech Eng, 2005, 127(6): 929-933.
5. Akesen B, Wu C, Mehbod AA, et al. Biomechanical evaluation of paracoccygeal transsacral fixation [J]. J Spinal Disord Tech, 2008, 21(1): 39-44.
6. Erkan S, Wu C, Mehbod AA, et al. Biomechanical evaluation of a new AxiaLIF technique for two-level lumbar fusion [J]. Eur Spine J, 2009, 18(6): 807-814.
7. Fleischer GD, Kim YJ, Ferrara LA, et al. Biomechanical analysis of sacral screw strain and range of motion in long poste-

- rior spinal fixation constructs: effects of lumbosacral fixation strategies in reducing sacral screw strains[J]. *Spine*, 2012, 37(3): E163-169.
8. Boachie-Adjei O, Cho W, King AB. Axial lumbar interbody fusion (AxiaLIF) approach for adult scoliosis[J]. *Eur Spine J*, 2012, May 10. [Epub ahead of print]
9. Marotta N, Cosar M, Pimenta L, et al. A novel minimally invasive presacral approach and instrumentation technique for anterior L5-S1 intervertebral discectomy and fusion[J]. *Neurosurg Focus*, 2006, 20(1): E9.
10. Marchi L, Oliveira L, Coutinho E, et al. Results and complications after 2-level axial lumbar interbody fusion with a minimum 2-year follow-up[J]. *J Neurosurg Spine*, 2012, 17(3): 187-192.
11. Patil SS, Lindley EM, Patel VV, et al. Clinical and radiological outcomes of axial lumbar interbody fusion[J]. *Orthopedics*, 2010, 33(12): 883.
12. Aryan HE, Newman CB, Gold JJ, et al. Percutaneous axial lumbar interbody fusion (AxiaLIF) of the L5-S1 segment: initial clinical and radiographic experience[J]. *Minim Invasive Neurosurg*, 2008, 51(4): 225-230.
13. Ledet EH, Carl AL, Cragg A. Novel lumbosacral axial fixation techniques[J]. *Expert Rev Med Devices*, 2006, 3(3): 327-334.
14. Anand N, Baron EM, Thayanithan G, et al. Minimally invasive multilevel percutaneous correction and fusion for adult lumbar degenerativescoliosis: a technique and feasibility study[J]. *J Spinal Disord Tech*, 2008, 21(7): 459-467.
15. Lindley EM, McCullough MA, Burger EL, et al. Complications of axial lumbar interbody fusion[J]. *J Neurosurg Spine*, 2011, 15(3): 273-279.
16. Tobler WD, Gerszten PC, Bradley WD, et al. Minimally invasive axial presacral L5-S1 interbody fusion: two-year clinical and radiographic outcomes [J]. *Spine*, 2011, 36(20): E1296-E1301.
17. Tobler WD, Ferrara LA. The presacral retroperitoneal approach for axial lumbar interbody fusion: a prospective study of clinical outcomes, complications and fusion rates at a follow-up of two years in 26 patients[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2011, 93(7): 955-960.
18. Gerszten PC, Tobler WD, Nasca RJ. Retrospective analysis of L5-S1 axial lumbar interbody fusion (AxiaLIF): a comparison with and without the use of recombinant human bone morphogenetic protein-2[J]. *Spine J*, 2011, 11(11): 1027-1032.
19. Tender GC, Miller LE, Block JE. Percutaneous pedicle screw reduction and axial presacral lumbar interbody fusion for treatment of lumbosacral spondylolisthesis: a case series[J]. *J Med Case Rep*, 2011, 5: 454.
20. Gerszten PC, Tobler W, Raley TJ, et al. Axial presacral lumbar interbody fusion and percutaneous posterior fixation for stabilization of lumbosacral isthmic spondylolisthesis[J]. *J Spinal Disord Tech*, 2012, 25(2): E36-E40.
21. Meyer SA, Mummaneni PV. Axial interbody fusion[J]. *J Neurosurg Spine*, 2011, 15(3): 271-272.
22. DeVine JG, Gloystein D, Singh N. A novel alternative for removal of the AxiaLifTranS1) in the setting of pseudarthrosis of L5-S1[J]. *Spine J*, 2009, 9(11): 910-915.
23. Nasca RJ. Re: "a novel alternative for removal of the AxiaLIF(TranS1) in the setting of pseudarthrosis of L5-S1"[J]. *Spine J*, 2010, 10(10): 945-946.
24. Hofstetter CP, James AR, Härtl R. Revision strategies for AxiaLIF[J]. *Neurosurg Focus*, 2011, 31(4): E17.

(收稿日期:2012-11-10 修回日期:2013-01-26)

(本文编辑 李伟霞)