

侧方腰椎椎体间融合术的临床应用进展

The clinical application advances of lateral lumbar interbody fusion

邱龙恒,王 兵,董俊杰,陈凌强,杨 晋,龚志强,周子然,李成勇,苗 辉

(昆明医科大学第一附属医院脊柱外科 650000 昆明市)

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2021.08.10

中图分类号: R687.3 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2021)-08-0749-05

随着我国人口老龄化的加剧,腰椎退行性疾病(lumbar degenerative disease, LDD)的发病率逐年上升,侧方腰椎椎体间融合术(lateral lumbar interbody fusion, LLIF)作为治疗 LDD 的一类微创术式得到了快速发展。1998 年 McAfee 等^[1]考虑到后路经椎板间/椎间孔腰椎椎体间融合术 (posterior/transforaminal lumbar interbody fusion, P/TLIF)和前路腰椎椎体间融合术(anterior lumbar interbody fusion, ALIF)手术创伤大、手术时间长、出血多,且 P/TLIF 破坏腰椎后柱及后方张力带结构,因此在 ALIF 植骨面积大、可放置较大融合器的基础上设计提出了 LLIF。LLIF 经过腹膜后间隙到达腰椎侧方,通过切除腰椎间盘后置入大融合器来恢复椎间隙高度,实现间接减压和融合。LLIF 在建立手术通道的过程中主要的阻挡结构就是腰大肌,故产生了腰大肌前方与腹部大血管间隙 (prepsoas/ATP, PP)和劈开腰大肌(transpsoas, TP)两种方法^[2]。笔者复习 LLIF 的相关文献,对 LLIF 的发展史、适应证及涉及两种方法的原理等进行总结,提供两种方法的临床选择依据以降低术式入路相关并发症的发生率。

1 LLIF 的发展史

LLIF 发展至今,出现了极外侧腰椎椎体间融合术(extreme lateral interbody fusion, E/XLIF)、直接外侧腰椎椎体间融合术(direct lumbar interbody fusion, DLIF)、斜外侧腰椎椎体间融合术(oblique lumbar interbody fusion, OLIF)和 Crenel 腰椎椎体间融合术(Crenel lumbar interbody fusion, CLIF)等手术方式。LLIF 的技术要点:(1)患者取侧卧位,斜外侧微创小切口,借助特殊牵开器行 PP 或 TP 方法建立手术通道到达腰椎侧方;(2)手术切除椎间盘并处理终板;(3)置入试模后反复透视选择合适大小融

合器;(4)置入融合器使椎间孔、椎管容积增大和黄韧带褶皱减少实现间接减压和融合。2006 年, Ozgur 等^[3]发现经 LLIF 治疗的 LDD 患者,腹膜、腹腔脏器损伤多。考虑到微创小切口下行 TP 方法视野有限,容易导致腹膜及脏器损伤,于是在 McAfee 等^[1]提出的 LLIF 的基础上增加了在竖脊肌的外侧边缘与椎间盘同一水平面位置的微小切口,通过此切口用手指向前推开腹膜可减少腹膜和腹部脏器的损伤,并命名为 E/XLIF。Knight 等^[4]于 2009 年报道了 DLIF。DLIF 不需要像 E/XLIF 额外增加竖脊肌手术切口,而是通过延长斜外侧手术切口后直视下行 TP 方法建立手术通道,可降低腹膜及腹部脏器损伤的发生率。2012 年,有关 E/X/DLIF 的文献报道了术后患者除腹膜及腹部脏器损伤外,还有大部分患者出现了屈髋无力、大腿前区麻木无力等腰大肌及腰丛损伤症状。Wolf^[5]和 Silvestre^[6]分析这与术中行 TP 方法损伤腰大肌及腰大肌内穿行的神经有关,并在当年首次报道 OLIF。OLIF 与 E/X/DLIF 的主要区别是明确提出行 PP 方法而不是 TP 方法建立手术通道。Salzmann 等^[7]在发现经 OLIF 治疗的患者比经 E/X/DLIF 治疗的患者术后疗效好,但同时也发现腰大肌横截面积过大时行 PP 方法会导致腰大肌牵拉、推移过度而导致术后相关并发症多,于是对不适合行 PP 方法患者完全直视下借助自己设计的新型牵开器行 TP 方法建立手术通道,发现术后疗效好,并发症的发生率比 OLIF 低,2019 年将这种术式命名 CLIF。

2 LLIF 的 PP 和 TP 方法

LLIF 这一类术式原理相同,均在手术通道建立上 OLIF 使用 PP 方法, DLIF、E/XLIF、CLIF 使用 TP 方法。从外科角度来看, PP 和 TP 方法都是侧卧位小切口下钝性分离腹壁肌肉及腹膜后脂肪到达椎体侧方,实现腰椎责任节段的减压融合。从解剖及术后并发症角度看, PP 方法是经腰大肌前与腹部大血管的天然解剖间隙进入椎体侧方,而 TP 方法需要劈开腰大肌到达椎体侧方,因此 PP 和 TP 方法对交感神经、腰大肌、腰丛和血管的损伤存在差异。

2.1 PP 方法

PP 方法首次由 Mayer^[8]报道运用在 LLIF 中,由于当

基金项目:国家自然科学基金(编号:82060416、81760029),云南省卫生科技计划项目(编号:2017NS022)

第一作者简介:男(1995-),硕士研究生,研究方向:脊柱退行性疾病变

电话:(0871)65324888 E-mail:1543444792@qq.com

通讯作者:王兵 E-mail:949739231@qq.com

时缺乏实用手术通道牵开器,该方法未广泛开展。2012 年,Silvestre 等^[9]报道 OLIF 术式的同时研发了 PP 方法专用手术通道牵开器,使得该方法逐渐得到开展。PP 方法走腰大肌与腹部大血管之间的解剖间隙,对腰大肌内的运动神经损伤风险低,一般不需要术中神经电生理监测(intraoperative neurophysiological monitoring,IONM)。PP 方法存在腰大肌对操作空间及手术通道牵开器遮挡,因此手术通道牵开器被迫放在椎体侧方中线的后方,所以行 PP 方法时术中需警惕交感神经、节段血管损伤以及融合器置入位置靠前会导致术后融合器移位^[1]。

2.2 TP 方法

TP 方法,在 2006 年,由 Ozgur 等^[3]首次报道运用在 LLIF 中。随后出现的以 DLIF、E/XLIF、CLIF 命名的术式中均提到 TP 方法因需要对腰大肌劈开,导致腰大肌血肿形成和腰大肌内腰丛(运动神经)损伤风险高,所以 TP 方法术中不仅需要特殊手术通道牵开器还需要 IONM,以避免生殖股神经及腰丛等重要运动神经的损伤^[9]。TP 方法手术通道牵开器需放在椎体侧方中线的后方,警惕放置融合器靠后,导致相应椎管及神经根管受压^[1]。

3 LLIF 的适应证和禁忌证

通过文献复习,LLIF 这类术式与 P/T/ALIF 相比未破坏腰椎后柱、椎板、关节突等骨性结构,在放置融合器时不经过椎管,所以对椎管及神经根的骚扰小。但临床报道经 LLIF 治疗的 LDD 患者疗效不一^[10]。这就需要脊柱外科医生术前把握 LLIF 的适应证和禁忌证。LLIF 的适应证主要包括:轻中度的腰椎管狭窄症、退行性脊柱侧凸、腰椎不稳(腰椎椎体间相对水平移位位在屈伸侧位片上大于 3mm 和/或椎体在伸屈过程中旋转活动度增大 L5/S1>20°,以上节段>15°)、I~II 度腰椎滑脱、邻椎病、椎间盘源性腰痛(椎间盘内如退变、纤维环内裂症、椎间盘炎等刺激椎间盘内疼痛感受器引起的慢性腰痛)、腰椎术后翻修、腰椎感染等^[10]。禁忌证主要包括:有腹部手术史、先天性腰椎管狭窄、重度腰椎管狭窄、III 度及以上椎体滑脱、解剖结构对手术通道严重遮挡,如肋骨、髂嵴等^[11]。

LLIF 虽适用轻中度的腰椎管狭窄症,但因 LLIF 间接减压困难,不适合因髓核游离、硬膜内外占位、后纵韧带骨化或(和)黄韧带钙化、后方小关节增生和融合的椎管狭窄等引起的椎管狭窄^[12,13]。Cho^[14]和 Champagne^[15]回顾对照分析了 OLIF 或 P/TLIF 手术治疗退变性脊柱侧弯的减压、矫形效果,发现 OLIF 矫形效果好,特别是对于退变性脊柱侧弯角度不大合并有腰椎前凸减少、椎间隙狭窄、椎管狭窄的这类患者在腰椎前凸、侧方滑移和椎间隙高度恢复方面疗效更好。对于 II 度及以下滑脱患者也适用 LLIF^[16]。Sheng 等^[17]通过回顾性病例对照研究,比较了经 LLIF 或经典后路手术治疗退行性腰椎滑脱患者的临床及影像学结果,发现 LLIF 创伤更小、术后疗效更好。有研究报道邻椎病经 LLIF 和 P/TLIF 翻修手术治疗的,术后疗效相当,但

LLIF 更突显微创的优势^[18]。且腰腿痛症状经休息后可缓解一半以上,影像学上存在明显椎间隙高度丢失的 LDD 患者,术后疗效较好^[19]。另外,有文献报道 LLIF 对治疗邻椎病、腰椎感染等患者,术后均可获得较好的临床效果^[20]。

对于以上有 LLIF 适应证的患者,有文献报道经独立侧方腰椎椎体间融合术(Stand alone LLIF)治疗后总体临床疗效良好,但术后终板骨折、Cage 沉降及椎间隙塌陷等并发症不可忽略^[9,10]。结合我科治疗经验,若术前责任节段伴有明显腰椎不稳、真性滑脱、退变性脊柱侧弯伴有冠、矢状位失衡或 Cobb 角>25°、融合节段≥3 个时,需术中在同一侧位、原切口下在椎体侧方行椎体钉固定或更换体位为俯卧位行椎弓根螺钉固定。近年 Tempel^[21]和 Scherman^[22]提出骨密度 T 值<-1.0 的患者行 Stand alone LLIF 治疗,术后也易发生终板骨折,故建议这类病人也需要辅助侧方或后路钉棒系统固定甚至需要选择其他术式治疗。

4 不同节段术式选择

唐杰和 Ng 等^[23,24]研究发现,导致 LLIF 术后产生并发症的主要原因是术前未考虑到腰椎不同节段的解剖差异来选择合适 PP 或 TP 方法建议手术通道。结合 PP 或 TP 的方法原理,把握 LLIF 适应证的前提下,术前结合腰椎各节段解剖及影像资料,对手术节段腰大肌横截面积大小、腹主动静脉位置、髂动静脉血管位置、节段血管位置和腹部大血管与腰大肌之间的间距做以下术前评估,对选择 PP 或 TP 方法建立手术通道实施 LLIF 治疗 LDD 是必要的^[25]。

4.1 L1/2 水平

L1/2 水平一般是膈脚的附着点,脊髓圆锥的止点,还有肾动静脉的走行。所以行 LLIF 这一类术式,术前需要行腰椎正侧位 X 线片来明确肋骨是否阻挡手术通道,通过腰椎 MRI 及腹部血管造影来评估膈脚、肾动静脉及脊髓圆锥损伤的风险后,慎重选择这一类术式。术前评估腹部大血管与腰大肌之间的间隙的距离(oblique channel,OC),OC>1cm 优选 PP 方法^[26,27]。

4.2 L2/3 水平

在 L2/3 水平 LLIF 这一类术式都可行,但是肾动静脉血管会变异后在此节段走行,术前也需腹部血管造影排除这一情况。OC<1cm 优选 TP 方法,术中为避免腰大肌内神经损伤,分离腰大肌时应选择在 Moro II-III 区^[28-31]。

4.3 L3/4 水平

L3/4 水平的腰大肌厚度增加,行 PP 方法时腰大肌前移困难,而且腰大肌过度牵拉易使腰大肌及腰丛神经损伤,故优选 TP 方法。在行 TP 方法分离腰大肌时应选择在 Moro II 区,而且术中分离腰大肌时需特别警惕生殖股神经和股神经穿经腰大肌的情况^[28,32]。

4.4 L4/5 水平

L4/5 水平存在髂嵴对手术入路的遮挡,LLIF 这一类术式一般不可行,但是借助特殊的手术牵开器可解决髂嵴

对手术通道遮挡,使得腰椎疾病最好发的 L4/5 节段也是目前实施 LLIF 最多的节段。此节段 OC 常>1cm,常用 TP 方法,术中需警惕股神经和坐骨神经的损伤^[33]。

4.5 L5/S1 水平

L5/S1 水平髂嵴对手术通道阻挡最大,即使借助特殊器械或牵开器也很难到达目标区域。所以此节段常用的治疗术式是 P/T/ALIF 和经皮经骶前入路轴向椎间融合(axial lumbar Interbody fusion, AxiaLIF)。行前路术式时需通过腹部 CT 血管造影(CTA)评估左侧髂总静脉(left common iliac vein, LCIV)的形态。当 LCIV 形态为 II、III 型时,行前路术式损伤髂血管的风险高,优选后路术式。当然部分患者因存在腰骶过渡椎体(lumbosacral transitional vertebra, LSTV),LLIF 这一类术式也是可行的,但应当慎重,因为有文献报道此节段行这类术式术后髂血管和肠梗阻的损伤风险高^[34,35]。

除上述腰椎分节段行特殊术前评估外,对于 L1/S1 都应普遍关注。首先,虽然 OC>1cm,建议行 PP 方法,但是要考腰大肌横截面积过大腰大肌牵拉、推移困难的情况,Kepler 等^[36]收集 43 例正常腰椎 MRI 图像,在椎间隙中点水平测量腰大肌、腰丛和大血管距椎体前缘的距离,然后用相关性分析了腰大肌前缘与腰丛前缘的关系,得出腰大肌前缘超过椎体前缘 10mm 以上时,PP 方法对腰大肌及腰丛有过度牵拉损伤的危险高,应行 TP 方法的结论。其次,术前均应行腹部 CTA 明确输尿管、肾和血管的位置,术中做好积极应对措,以减少相关并发症的发生。最后,腰椎节段血管基本位于椎体的上 1/2,术中放置牵开器、侧方打钉时应选择上位椎体近下终板处。Orita 等^[37]通过 MRI 图像评估发现,腰椎节段动脉存在变异多见于 L4/5 节段,术中需留意节段血管变异情况,警惕损伤。需特别注意的是退变性脊柱侧凸的患者,患者自身存在着椎体旋转及侧凸,使得凹侧上下椎体节段动脉间的距离明显缩短,术前血管评估就更加重要,必要时术前可对节段血管进行介入栓塞^[38]。

5 LLIF 的并发症及防治

LLIF 这一类术式(DLIF/ELIF/XLIF/DLIF/CLIF)的手术入路相关并发症主要有:腰大肌及腰丛神经损伤致大腿前方麻木、疼痛或屈髋无力,交感神经、生殖股神经、股外侧皮神经、腹主动静脉、髂动静脉、肾静动脉及腰椎节段血管等损伤,输尿管损伤,终板骨折,Cage 下沉等^[39-41]。通过术前仔细评估,术中精细操作可降低并发症的发生率,术后积极并发症诊治有利于患者的恢复。

5.1 腰丛及其分支神经损伤

腰丛及其分支神经损伤主要表现为术后大腿前方麻木或疼痛,大多数患者术后 1 个月恢复。其原因一方面是行 PP 方法时术前评估不够,术中对腰大肌过度牵拉致穿经腰大肌的腰丛缺血、损伤所致。另一方面是 TP 方法对腰丛及其分支(如生殖股神经、股外侧皮神经等)的直接损

伤,术前静脉注射 10mg 地塞米松可以降低损伤发生率^[42]。术中运用神经监测仪,准确 C 型臂 X 线机透视定位,保持屈髋体位使腰大肌、神经松弛,操作时精细解剖可减少神经损伤^[43,44]。术后出现神经症状,必要时可给予激素、脱水、营养神经药物治疗,康复理疗等对症治疗。

5.2 血管损伤

血管损伤以髂静脉、主动脉和髂总动脉的损伤最为常见,其次是腰椎节段血管损伤。主要原因是术中直接或牵拉损伤、放入牵开器或置入融合器时损伤等。术前根据腰椎 MRI、腹部 CTA 检查仔细评估手术节段血管位置,术中仔细操作可减少血管损伤的风险^[9]。腰椎节段动脉一般位于椎体的上半部分,因此术中尽可能在上位椎体近下终板处操作,特别在 L4/5 节段,节段血管变异大,需要特别注意。放置牵开器时可用食指触摸节段血管位置或完全直视下逐层缓慢放入,可避免腰椎节段动脉损伤。若术中出现节段血管损伤,可用氨甲环酸、双极电凝、明胶等止血。腹部大血管或脏器损伤时,需术中探查修补,必要时请专科医生协助手术,若术中出血量>1000ml 或者合并围手术期贫血等,及时输血治疗^[45-47]。

5.3 输尿管损伤

输尿管损伤常见于 L2/3 水平。在行 PP 方法进入腹膜后间隙时应将腹膜后脂肪组织和输尿管一起向前推移,警惕输尿管损伤但不需刻意解剖分离输尿管,整个过程尽可能直视下操作。出现肾、输尿管及肠道和腹膜损伤,术后表现腹胀、肠梗阻、血尿等情况时,及时对症治疗并请相关科室会诊协助诊治^[48,49]。

5.4 交感神经损伤

交感神经沿着脊柱纵轴、椎体前 1/3 处走行,因 PP 方法的操作空间及手术通道牵开器被迫放在椎体侧方中线的前方,术中交感神经损伤风险高^[1]。目前还没文献报道避免其损伤的具体方法,根据其解剖关系,术中尽量把牵开器放在椎体中、后 1/3 处是可以避免其损伤的。交感神经损伤后会表现多汗、腰膝酸软、下肢疼痛等症状。术后出现严重症状时,可行康复理疗^[45]。

5.5 终板骨折及沉降

终板骨折常发生在终板准备、放置 Cage 时,也可发生在术后。主要原因是术前没仔细评估患者骨密度及终板退变程度,术中终板处理不当,Cage 置入位置不当及椎间隙撑开过度导致^[10,45]。严重骨质疏松患者术中需加后路椎弓根螺钉固定,必要时采用骨水泥螺钉,置入 Cage 时应保证 Cage 边沿与终板边缘接触,整体位置在椎间隙中 1/3 处,椎间隙高度的恢复应参考邻近正常椎间隙高度。术后发生沉降或终板骨折可二期在责任节段腰椎的侧方行椎体钉或后方行椎弓根螺钉固定^[9,45]。

6 小结

目前,LLIF 这一类术式在治疗 LDD 方面的总体疗效好,但并发症也不少。LLIF 的术后并发症主要与术中采用

PP 或 TP 方法建立手术通道时有关,而 PP 或 TP 方法的主要区别在于前者存在对腰大肌的过度牵拉而导致腰大肌及腰丛的间接损伤,后者存在对腰大肌及腰丛的直接损伤。把握适应证并分节段结合解剖及影像资料行术前评估,以选择合适的 PP 或 TP 方法建议手术通道对减少并发症的发生率是必要的。但再仔细的术前评估也避免不了一些术前检查难以发现的血管、神经、腰大肌存在的解剖变异^[50,51]。因此,LLIF 中行 PP 或 TP 方法建议手术通道时除了术前仔细评估外,术中直视下进行解剖分离和放入牵开器对手术的安全性非常必要。

7 参考文献

- Mcafee PC, Regan JJ, Geis WP, et al. Minimally invasive anterior retroperitoneal approach to the lumbar spine [J]. *Spine*, 1998, 23(13): 1476-1484.
- Spießberger A, Arvind V, Dietz N, et al. A comparison of complications and clinical and radiologic outcome between the mini-open prepsoas and mini-open transpsoas approaches for lumbar interbody fusion: a meta-analysis[J]. *Clin Spine Surg*, 2020, 33(7): 271-279.
- Ozgur BM, Aryan HE, Pimenta L, et al. Extreme lateral interbody fusion (XLIF): a novel surgical technique for anterior lumbar interbody fusion[J]. *Spine J*, 2006, 6(4): 435-443.
- Knight RQ, Schwaegler P, Hanscom D, et al. Direct lateral lumbar interbody fusion for degenerative conditions: early complication profile[J]. *J Spinal Disord Tech*, 2009, 22(1): 34-37.
- Wolf O, Meier U. First experiences using microsurgical techniques for minimally invasive ventral interbody fusion of the lumbar spine (MINI-ALIF)[J]. *Z Arztl Fortbild Qualitatssich*, 1999, 93(4): 267-271.
- Silvestre C, Mac-Thiong JM, Hilmi R, et al. Complications and morbidities of mini-open anterior retroperitoneal lumbar interbody fusion: oblique lumbar interbody fusion in 179 patients[J]. *Asian Spine J*, 2012, 6(2): 89-97.
- Salzmann SN, Fantini GA, Okano I, et al. Mini-open access for lateral lumbar interbody fusion[J]. *JBJS Essent Surg Tech*, 2019, 9(4): e37-e39.
- Mayer HM. A new microsurgical technique for minimally invasive anterior lumbar interbody fusion[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1997, 22(6): 691-699.
- 中国康复医学会脊柱脊髓专业委员会腰椎研究学组. 腰椎侧方椎间融合术应用中国专家共识 [J]. *中华医学杂志*, 2021, 101(3): 199-204.
- 中华医学会骨科学分会脊柱外科学组. 腰椎斜外侧椎间融合术的临床应用指南[J]. *中华骨科杂志*, 2020, 40(8): 459-468.
- Rodgers WB, Gerber EJ, Rodgers JA. Lumbar fusion in octogenarians: the promise of minimally invasive surgery[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2010, 35(26 Suppl): S355-360.
- Tan BB, Kotani Y, Sia U, et al. Effect of indirect neural decompression with oblique lateral interbody fusion was influenced by preoperative lumbar lordosis in adult spinal deformity surgery[J]. *Asian Spine J*, 2019, 13(5): 809-814.
- Lang G, Perrech M, Navarro-Ramirez R, et al. Potential and limitations of neural decompression in extreme lateral interbody fusion—a systematic review[J]. *World Neurosurg*, 2017, 101: 99-113.
- Cho KJ, Kim YT, Shin SH, et al. Surgical treatment of adult degenerative scoliosis[J]. *Asian Spine J*, 2014, 8(3): 371-381.
- Champagne PO, Walsh C, Diabira J, et al. Sagittal balance correction following lumbar interbody fusion: a comparison of the three approaches[J]. *Asian Spine J*, 2019, 13(3): 450-458.
- Xu DS, Walker CT, Godzik J, et al. Minimally invasive anterior, lateral, and oblique lumbar interbody fusion: a literature review[J]. *Ann Transl Med*, 2018, 6(6): 104.
- Sheng SR, Geng YB, Zhou KL, et al. Minimally invasive surgery for degenerative spondylolisthesis: transforaminal or oblique lumbar interbody fusion[J]. *J Comp Eff Res*, 2020, 9(1): 45-51.
- Jin C, Xie M, He L, et al. Oblique lumbar interbody fusion for adjacent segment disease after posterior lumbar fusion: a case controlled study[J]. *J Orthop Surg Res*, 2019, 14(1): 216.
- 朱磊, 冯新民, 张亮, 等. 斜外侧椎间融合技术的研究进展 [J]. *中华损伤与修复杂志(电子版)*, 2019, 14(5): 380-383.
- Orita S, Nakajima T, Konno K, et al. Salvage strategy for failed spinal fusion surgery using lumbar lateral interbody fusion technique: a technical note[J]. *Spine Surg Relat Res*, 2018, 2(1): 86-92.
- Tempel ZJ, Gandhoke GS, Okonkwo DO, et al. Impaired bone mineral density as a predictor of graft subsidence following minimally invasive transpsoas lateral lumbar interbody fusion[J]. *Eur Spine J*, 2015, 24(3 Suppl): 414-419.
- Scherman DB, Rao PJ, Phan K, et al. Outcomes of direct lateral interbody fusion (DLIF) in an Australian cohort[J]. *J Spine Surg*, 2019, 5(1): 1-12.
- 唐杰, 汪洋, 应放, 等. 经侧方入路腰椎融合术(LLIF)的研究进展[J]. *中国矫形外科杂志*, 2016, 24(15): 1399-1402.
- Ng PH, Kaliya-Perumal AK, Tandon AA, et al. The oblique corridor at L4-L5: a radiographic-anatomical study into the feasibility for lateral interbody fusion[J]. *Spine*, 2020, 45(10): E552-E559.
- Chung NS, Jeon CH, Lee HD, et al. Preoperative evaluation of left common iliac vein in oblique lateral interbody fusion at L5-S1[J]. *Eur Spine J*, 2017, 26(11): 2797-2803.
- Sun JC, Wang JR, Luo T, et al. Surgical incision and approach in thoracolumbar extreme lateral interbody fusion surgery[J]. *Spine*, 2016, 41(4): E186-E190.
- Liu L, Yong L, Hong Z, et al. Imaging anatomical research on the operative windows of oblique lumbar interbody fusion

- [J]. Plos One, 2016, 11(9): e0163452.
28. 刘列华, 王杰, 梁勇, 等. 斜向腰椎椎间融合术手术窗的影像解剖学研究[J]. 局解手术学杂志, 2016, 25(2): 90-93.
 29. 洪乐鹏, 廖丙修, 罗嘉伦, 等. XLIF 入路相关的生殖股神经应用解剖及影像学研究[J]. 中国临床解剖学杂志, 2015, 33(6): 617-622.
 30. 张烽, 段广超, 金国华. 下腰椎极外侧椎体间融合术的应用解剖[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2007, 17(11): 859-861, 881.
 31. 田大胜, 钟华璋, 荆珏华, 等. CT 评估斜外侧椎间融合术通道的准确性研究[J]. 安徽医科大学学报, 2018, 53(8): 1299-1303.
 32. Hu WK, He SS, Zhang SC, et al. An MRI study of psoas major and abdominal large vessels with respect to the X/ DLIF approach[J]. Eur Spine J, 2011, 20(4): 557-562.
 33. Ng PH, Kaliya-Perumal AK, Tandon AA, et al. The oblique corridor at L4-L5: a radiographic-anatomical study into the feasibility for lateral interbody fusion[J]. Spine, 2020, 45(10): E552-E559.
 34. Chung NS, Lee HD, Jeon CH. Vascular anatomy and surgical approach in oblique lateral interbody fusion at lumbosacral transitional vertebrae[J]. J Orthop Sci, 2021, 26(3): 358-362.
 35. Shirzadi A, Birch K, Drazin D, et al. Direct lateral interbody fusion (DLIF) at the lumbosacral junction L5-S1[J]. J Clin Neurosci, 2012, 19(7): 1022-1025.
 36. Kepler CK, Bogner EA, Herzog RJ, et al. Anatomy of the psoas muscle and lumbar plexus with respect to the surgical approach for lateral transpsoas interbody fusion[J]. Eur Spine J, 2011, 20(4): 550-556.
 37. Orita S, Inage K, Sainoh T, et al. Lower lumbar segmental arteries can intersect over the intervertebral disc in the oblique lateral interbody fusion approach with a risk for arterial injury: radiological analysis of lumbar segmental arteries by using magnetic resonance imaging[J]. Spine, 2017, 42(3): 135-142.
 38. Nojiri H, Miyagawa K, Banno S, et al. Lumbar artery branches coursing vertically over the intervertebral discs of the lower lumbar spine: an anatomic study[J]. Eur Spine J, 2016, 25(12): 4195-4198.
 39. Joseph JR, Smith BW, Marca FL, et al. Comparison of complication rates of minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion and lateral lumbar interbody fusion: a systematic review of the literature[J]. Neurosurgical Focus, 2015, 39(4): E4.
 40. Lykissas MG, Aichmair A, Hughes AP, et al. Nerve injury after lateral lumbar interbody fusion: a review of 919 treated levels with identification of risk factors[J]. Spine J, 2014, 24(5): 749-758.
 41. Woods K, Billys JB, Hynes RA. Technical description of oblique lateral interbody fusion at L1-L5 (OLIF25) and at L5-S1 (OLIF51) and evaluation of complication and fusion rates[J]. Spine J, 2017, 27(4): 545-553.
 42. Rao PJ, Thayaparan GK, Fairhall JM, et al. Minimally invasive percutaneous fixation techniques for metastatic spinal disease[J]. Orthop Surg, 2014, 6(3): 187-195.
 43. Tohmeh AG, Rodgers WB, Peterson MD. Dynamically evoked, discrete-threshold electromyography in the extreme lateral interbody fusion approach [J]. J Neurosurg Spine, 2011, 14(1): 31-37.
 44. Deukmedjian AR, Le TV, Dakwar E, et al. Movement of abdominal structures on magnetic resonance imaging during positioning changes related to lateral lumbar spine surgery: a morphometric study: clinical article [J]. J Neurosurg Spine, 2012, 16(6): 615-623.
 45. Quillo-Olvera J, Lin GX, Jo HJ, et al. Complications on minimally invasive oblique lumbar interbody fusion at L2-L5 levels: a review of the literature and surgical strategies [J]. Ann Transl Med, 2018, 6(6): 101.
 46. Aichmair A, Fantini GA, Garvin S, et al. Aortic perforation during lateral lumbar interbody fusion [J]. J Spinal Disord Tech, 2015, 28(2): 71-75.
 47. Regev GJ, Chen L, Dhawan M, et al. Morphometric analysis of the ventral nerve roots and retroperitoneal vessels with respect to the minimally invasive lateral approach in normal and deformed spines[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2009, 34(12): 1330-1335.
 48. Pereira EA, Farwana M, Lam KS. Extreme lateral interbody fusion relieves symptoms of spinal stenosis and low-grade spondylolisthesis by indirect decompression in complex patients[J]. J Clin Neurosci, 2017, 35: 56-61.
 49. Tohmeh AG, Rodgers WB, Peterson MD. Dynamically evoked, discrete-threshold electromyography in the extreme lateral interbody fusion approach [J]. J Neurosurg Spine, 2011, 14(1): 31-37.
 50. Fan SW, Hu ZJ. How to grasp strict indication and develop technological advantage: experience and thinking of clinical outcomes of oblique lateral interbody fusion[J]. Chin J Orthop, 2017, 37(16): 961-964.
 51. Zhang JF, Fan SW, Fang XC, et al. Clinical value of one level oblique lateral interbody fusion in the treatment of degenerative lumbar disc diseases[J]. Chin J Orthop, 2017, 37(2): 80-88.

(收稿日期:2021-01-09 修回日期:2021-06-20)

(本文编辑 姜雅浩)