

综述

极外侧入路腰椎椎体间融合术入路安全性及相关并发症的研究进展

Advancement of approach related safety and complications of extreme lateral interbody fusion

何 磊,戎利民,董健文

(中山大学附属第三医院脊柱外科 510630 广州市)

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2012.11.18

中图分类号: R687.3

文献标识码: A

文章编号: 1004-406X(2012)-11-1046-05

腰椎椎体间融合术已广泛应用于治疗腰椎退行性疾病,包括经前路腰椎椎体间融合术(anterior lumbar interbody fusion, ALIF)、经后路腰椎椎体间融合术(posterior lumbar interbody fusion, PLIF)、经椎间孔入路腰椎椎体间融合术(transforaminal lumbar interbody fusion, TLIF)。前路手术常需普通外科或血管外科医生协助,存在大血管与内脏损伤、男性还存在逆行射精等并发症发生的可能^[1,2]。后路手术必然造成肌肉和韧带广泛剥离、椎间关节与后方韧带结构破坏、对硬膜囊与神经根过度刺激,术后由于椎旁肌肉缺血、挛缩、神经支配缺失和硬膜外粘连,可产生腰椎手术失败综合征,从而影响疗效^[3,4]。为此, Ozgur 等^[5]于 2006 年报道了一种与以往腰椎前、后入路截然不同的全新入路的手术方式,并将其命名为极外侧入路腰椎椎体间融合术(extreme lateral interbody fusion, XLIF),也有学者将其称为直接外侧入路腰椎椎体间融合术(direct lateral lumbar interbody fusion, DLIF)^[6,7]。该术式具有显著的微创优越性,允许通过小的切口与扩张管工作通道完成椎间盘切除、椎体间融合,并最大限度地保持术后脊柱稳定性,同时可减少腰椎手术失败综合征的发生^[5,8]。但其手术入路安全性及其相关并发症一直是令术者关注的问题,笔者对该手术方式技术特点、入路安全性、常见并发症及其国内外研究新进展综述如下。

1 XLIF 技术特点与应用

XLIF 作为一种全新的微创融合术式,其最大特点是经腹膜后与经腰大肌肌纤维侧方入路,扩张管直视下暴露手术目标节段椎体及椎间盘侧面,行椎间盘切除及椎体间融合;该侧方入路无需普通外科或血管外科医生辅助建立,不存在陡峭的学习曲线,有经验的脊柱外科医生即可

完成,且较前路腹腔镜手术时间明显缩短^[9]。由于侧方入路无需过多剥离牵拉腹膜与大血管、神经,避免前路手术造成的血管损伤和逆行性射精等的发生,也不会损伤前方椎间盘纤维环结构和前纵韧带;同时未切除对限制腰椎背伸及轴向旋转运动起重要作用的椎间小关节,避免了后路手术对脊柱稳定性的破坏^[6,8]。所以, XLIF 可明显降低或避免常规前、后路手术入路相关并发症的发生,使脊柱融合节段得到最大程度的前柱支撑和力学稳定,又因为 XLIF 允许最大面积与体积的椎间融合器置入,分散终板载荷应力,减少融合器下沉发生率,并提供更好的融合环境,能更有效地恢复椎间孔高度及脊柱矢状位、冠状位轴线,间接恢复神经根管容积,达到神经根间接减压目的^[9,10]。

XLIF 最早用于治疗腰椎间盘退行性病变与轴性腰痛^[5,6,11],随着其技术的推广,手术适应证几乎已扩展到 L1~L5 节段所有需融合的疾病(L5/S1 节段因入路受髂嵴遮挡,该节段椎间盘病变不适用),近年来已广泛应用于治疗退行性腰椎侧凸畸形,以及采用极外侧入路行人工椎间盘置换^[12]与人工腰椎间盘置换失败后翻修术^[13,14]。XLIF 可置入最大面积与体积椎间融合器有助于提供前柱支撑、恢复椎间隙高度、提高融合率以及恢复脊柱轴线平衡,在获得充分矫形的同时又尽可能减少创伤与出血,严重并发症发生率低,可获得最佳的手术效果^[15-17]。

2 腰椎极外侧入路的安全性

2.1 解剖学研究

了解腰椎极外侧入路的局部解剖、尤其是重要血管神经的解剖有助于正确建立手术通道并尽可能减少入路相关并发症的发生。虽然术中神经监测(electromyography, EMG)能发现粗大的运动神经发出的信号,但对于细小感觉支并不能被识别,这就要求对操作空间结构的熟悉^[18]。

腹膜后间隙前方为腹膜结构、后方为腰方肌和髂肌包绕,上方为横膈、下方为腹膜后盆腔区域,其重要结构包括腰椎侧方附着肌肉(腰大肌、腰方肌与横突间肌)、腰骶

第一作者简介:男(1987-),硕士在读,研究方向:脊柱外科

电话:(020)85252900 E-mail:hl-8734@163.com

通讯作者:戎利民 E-mail:ronglimin@21cn.com

丛、交感干、血管结构(腹主动脉、下腔静脉)和腹膜后脏器(肾脏、输尿管)。腰椎极外侧入路从侧方分离扩张腰大肌纤维,手术通道与腹腔脏器、血管以及交感干距离较远,不涉及到对这些解剖结构暴露与牵拉,而最有可能损伤的结构主要是位于腰大肌内的腰骶丛及其分支^[19]。

腰骶丛最大的运动支包括股神经与闭孔神经(L2~L4),其走行位于腰大肌外侧缘下部。主要的皮支包括来源于 L1 神经根的髂腹股沟支(支配腹股沟与阴囊皮肤)与髂腹下支(支配前腹壁下部皮肤),来源于 L1 与 L2 神经根的生殖股神经(支配提睾肌与股三角皮肤),来源于 L2 与 L3 神经根的股外侧皮神经,后两者在 XLIF 工作通道建立过程中最易受到损伤^[19,20]。生殖股神经斜行穿过腰大肌内,于 L3/4 椎间隙平面位于腰大肌内缘,之后在腰大肌腹侧面下行,通常在腹膜层深面分为生殖支与股支,生殖支向外穿出腰大肌到达阴囊皮肤支配区,股支沿髂外动脉下行,于腹股沟韧带深面穿出至大腿,支配大腿前面皮肤;当手术目标椎间盘为 L3/4 及其以下平面时有可能损伤生殖股神经^[19,20]。股外侧皮神经于腰大肌前方途径髂前上棘内侧到达股前,跨过缝匠肌后分为前、后支;腰大肌平面直接损伤神经纤维束或拉钩对髂嵴压迫均有可能造成股外侧皮神经损伤,发生感觉异常性股痛综合征^[21,22]。

为了分析极外侧入路中腰骶丛及其分支的空间位置、走行,避免导针穿刺以及扩张管扩张时伤及神经,国外有多篇应用解剖学研究验证该入路安全性。Moro 等^[23]对腹膜后外侧入路腹腔镜手术安全区进行了评估,认为不考虑损伤生殖股神经,L4/5 以上平面也是安全区。为更好地模拟真实手术体位并测量相应椎间隙平面与腰骶丛的解剖关系,Urbe 等^[20]对成人尸体进行解剖研究,采用手术侧卧位,通过椎体前后缘连线及其之间四等分连线将椎体由前到后分为 I、II、III、IV 区,腰骶丛由 L1/2 到 L4/5 平面逐渐向腹侧走行;除生殖股神经以外,其余腰丛神经在 L1/2 到 L3/4 平面均位于 IV 区与椎体后方,L4/5 平面位于 III 和 IV 区。相似的结论来自于 Benglis 等^[24]的解剖研究。其中,生殖股神经在扩张工作通道时易受损且难以进行神经监测,术后大腿前方和腹股沟区疼痛麻木感常与该神经受损有关,需要特别关注;其斜行穿过腰大肌,于 L2/3 平面位于 II 区,L3/4 和 L4/5 平面均位于 I 区^[20,23]。为避免神经损伤,极外侧入路的手术安全区在 L1/2 至 L3/4 平面为 III 区(椎体中点后 1/4 区域),L4/5 平面在 II、III 区交点(即椎体中点),随着手术节段下移,手术安全通道区域也相应前移,这就要求腰椎椎间盘穿刺点更加准确,甚至需略微前移;但在 L3/4 和 L4/5 平面牵拉损伤腰大肌内小分支的可能性依然存在,未能完全辨认腰骶丛运动支与感觉支是重要原因之一^[20]。

尽管以上研究已经详细分析各椎间隙平面腰骶丛及其分支的分布以及与腰大肌的关系,由于 XLIF 导针穿刺与扩张管扩张均以椎间盘透视中心点为参考点,各平面腰骶丛与椎间盘中心点确切位置关系更有实际临床意义。

Park 等^[25]模拟 XLIF,测量 L1~L5 每一节段神经根出口根以及腰骶丛与 XLIF 入路导针之间的距离,研究发现对于相应节段椎间盘中心点,腰骶丛位于其后方平均 $14.0 \pm 5.9\text{mm}$ 处,腰神经出口根位于其后方平均 $19.0 \pm 4.8\text{mm}$ 处;XLIF 最大直径扩张管后片部分距术中导针位置为 7.27mm ,因此当神经距离导针超过 8mm 时被认为是安全距离,该研究中腰骶丛和腰神经出口根与相应椎间盘透视中心点的距离远超过 8mm 的安全阈值,表明腰大肌内神经不会被扩张管所伤,XLIF 手术通道安全,但在 L4/5 节段,由于解剖变异,约 15%腰骶丛位于椎间盘中心点,对于少数病例来说,该节段建立工作通道时存在腰骶丛受损的风险,建议采用神经肌电图监测。

2.2 影像学研究

影像学作为临床常规的检查手段,能更直接、简便地观察重要结构的位置关系。为了解正常椎体序列和畸形椎体序列的血管、神经等对 XLIF 入路的影响,Regev 等^[26]通过 MRI 测量神经根腹侧距椎体后缘以及腹膜后血管距椎体前缘的距离,安全区定义为神经根前方到血管后方之间的区域,结果发现 L1/2 到 L4/5 平面,安全区域面积由 47.9%逐渐减小至 13.1%,L4/5 节段随着神经根位置的相当靠前,手术窗口被迫前移,安全操作空间缩减明显,该平面血管和神经受损风险大。此外,术中切除椎间盘与处理终板时,由于对侧纤维环常被松解,置入融合器过深可能会造成对侧血管神经受损,尤其是对于退行性侧凸畸形的病例,由于椎体旋转畸形导致凸侧的神经根偏前,凹侧的腹膜后血管靠后,安全区进一步缩小,左侧凸畸形的患者尤其明显;当 XLIF 采用凸侧入路行椎间盘切除与处理终板时易损伤同侧神经根,对侧血管损伤风险大大增加^[26]。Guerin 等^[27]应用相同的 MRI 测量方法得出类似的结论,术前 MRI 评估血管和神经有无位置变异可有效降低术中损伤风险。然而,以上研究仅针对腰神经出口根和大血管,腹膜后脂肪间隙以及腰大肌内神经分支(如生殖股神经)在 MRI 上难以分辨,且测量平面均采用下终板平面,与实际术中经椎间隙中点穿刺入路平面不符,临床相关性欠缺。鉴于此,Kepler 等^[28]在各椎间隙中点水平,以部分 XLIF 术者建立工作通道与置入融合器习惯采用的椎体前缘作为参考平面,利用 MRI 对 43 例正常椎体序列者测量腰大肌、腰丛和大血管距椎体前缘的距离;针对 MRI 辨认细腰丛分支的不足,该研究通过相关性分析阐述了腰大肌前缘与腰丛前缘的关系,以腰大肌位置代表腰丛分布,并认为对于 XLIF 普遍使用的 18mm 融合器和辅助融合器置入的 2mm 撑开器而言,当腰大肌前缘超过椎体前缘 10mm 以上时,腰丛有受牵拉的危险。该研究还首次通过影像学测量评估了各椎间隙平面血管和神经医源性损伤的患者比例,随着手术节段下移,比例呈递增趋势,L4/5 椎间隙平面医源性损伤风险最高(左、右侧手术窗患者比例分别为 20.9%、44.2%)。由于右侧手术窗血管位置相对靠后,右侧入路重要结构受损风险高于左侧;同样,由于现行 MRI 检

查无法行侧卧位扫描,手术体位对解剖结构的影响难以通过影像学判断^[28]。

针对国人手术入路安全性评估不足以及腹部大血管和腰大肌在各个腰椎间隙的分布不一致性, Hu 等^[29]对国人腰大肌和腹部大血管位置进行了 MRI 影像学分析,结合国外文献^[23, 24]关于腰神经丛的分布规律进行分区,认为 XLIF 入路在 L1/2 至 L2/3 椎间隙从 II、III 区之间穿过腰大肌,在 L3/4 与 L4/5 椎间隙从 II 区穿过腰大肌比较安全,不会损伤大血管和神经;此外,男性在 L1/2 至 L3/4 椎间隙应在腰大肌最高点前方分开腰大肌,在 L4/5 椎间隙应在腰大肌最高点分开腰大肌,而女性在 L1/2 至 L4/5 椎间隙均应在腰大肌最高点前方分开腰大肌。该研究揭示了 XLIF 手术入路的一般规律,但例数较少,未排除身高、体重、种族差异以及畸形椎体序列的影响,且未能对国人腰侧方入路的神经丛分布进行影像学分析。

3 XLIF 并发症及其防治

XLIF 自应用于临床以来获得了良好的疗效,同时也有一些并发症的报道。其总体并发症发生率为 2%^[11]~30.4%^[30]。其中一般并发症发生率最高为 20%^[15],严重并发症(如持续的运动神经损伤、置入物断裂或下沉、心肌梗死等)则为 8.6%^[6]。而报道最多的并发症常为术后一过性大腿前方麻木或疼痛,以及少数患者术后下肢肌力下降,发生率在 1%^[11, 31]~60.1%^[32]。总体来说, XLIF 的并发症可归纳为手术入路相关并发症、技术相关并发症、一般外科手术并发症和内科相关并发症^[33]。

3.1 手术入路相关并发症

为 XLIF 主要并发症,包括术后一过性大腿前方麻木或疼痛,也有少数下肢肌力下降的报道,无需干预数月即可恢复,分析其原因主要是极外侧入路对腰神经丛及其分支(如生殖股神经、股外侧皮神经等)的损伤;其他如手术牵拉神经时间过长,建立工作通道时腰大肌被扩张的程度等因素均会造成影响^[8, 33]。因侧凸畸形患者椎体旋转造成重要解剖结构的变异,入路相关并发症发生率为 12%^[15]~75%^[17],高于一般腰椎退行性变患者的发生率(1%^[11, 31]~36%^[34])。

一项大样本的并发症研究报道指出^[33], 600 例共 741 个节段接受 XLIF 术的患者围手术期并发症总体发生率为 6.2%,其中 4 例(0.7%)出现术后一过性运动神经损伤的表现,11 例(1.8%)需附加其他手术方式或翻修;对于有相应节段手术史的病例尤其是融合术史者,其围手术期并发症风险显著提高。该作者随访中观察到大腿前方痛或髋部屈肌肌力减弱的表现非常普遍,但在 6 周内症状逐渐消失,认为术中腰大肌损伤是直接相关因素;尽管术中应用神经监测,仍有运动神经损伤的发生,尤其是处理 L4/5 节段,术前静脉注射 10mg 地塞米松可以预防神经损伤症状的发生,明显降低一过性运动神经损伤的发生率^[33]。

对于退行性胸腰椎侧凸畸形的病例,椎体旋转畸形

可明显增加术中腹腔内、外脏器损伤的概率,术中穿刺扩张通道时也易损伤神经,由于不同节段病变情况以及年龄、并存病等多种混杂因素影响, XLIF 应用于退行性侧凸的并发症发生率报道各不相同^[15, 30, 32, 35]。一项多中心前瞻性研究结果表明^[16], 107 例退行性胸腰椎侧凸畸形患者中, 29 例出现术后下肢近端肌力下降且认为与工作通道扩张管拉钩损伤腰大肌有关,其中 86.2% 的患者症状为一过性,并认为与手术时间过长相关;另外, 7 例(6.5%)术后下肢肌力下降超过 2 级且随访期间未改善的病例中, 1 例可能为腰丛神经受损;作者同时采用相关性分析提出手术操作节段数的增加是并发症发生率提高的重要危险因素。Tormenti 等^[17]的报道中, 8 例患者有 6 例(75%)术后出现大腿前方麻木和感觉迟钝,仅 1 例术后 2 个月麻木恢复,其余 5 例随访期内无恢复; 2 例(25%)出现术后下肢肌力减退,仅 1 例术后 2 个月恢复。尽管总病例数少,但如此高发生率的并发症值得重视。椎体侧凸畸形解剖变异较多,建立工作通道也较复杂,这就要求术者对解剖结构的熟悉以及技术的掌握,一项新技术的开展往往有一段学习曲线,技术掌握不熟练也是造成早期并发症发生率高的原因之一^[16, 17, 36]。因此,在建立极外侧入路工作通道时一定要强调椎间盘入针处须精确位于侧位椎间盘前后中点处或稍偏前,术中需正侧位透视确认,保持屈髋体位可松弛腰大肌以减少扩张时损伤,同时神经松弛易被牵开^[20, 25, 37]。

扩张管应沿着导针垂直进入进行扩张,操作时需小心以免损伤腰大肌内或椎体侧方的腰丛。相关文献均强调术中应用 EMG 监测对建立安全入路极为重要^[5, 38, 39], EMG 实时监测能有效探测扩张管与神经之间的距离,并发出信号引导术者采取措施以避开神经,很大程度上降低腰丛神经受损的风险。据统计,应用 EMG 可使神经损伤发生率小于 1%^[18]。当 EMG 记录小于 10mA 提示操作与神经过近,小于 5mA 则提示损伤神经的风险性大,需仔细确认术野中软组织甚至需改变入路;导针入点如果靠后, EMG 不论发出什么信息都将导致神经损伤^[18, 39]。尽管运动神经可通过 EMG 轻易辨别,但像生殖股神经与股外侧皮神经这样的感觉神经发出的信号并不能有效探测出,到目前为止尚无 EMG 能真正起到保护神经的证据;这就要求术者熟悉入路中解剖结构,直视下仔细观察术野中与神经相似的组织,小心操作,尽可能减少过度牵拉腰大肌与压迫周围软组织^[18]。

有学者提议将工作通道前移以减少神经损伤,但由于椎体宽度存在差异而导致融合器长度选择不同,完全依靠术中正位透视选择融合器的长度会导致融合器长度大于椎体的实际宽度,造成进入椎间隙的深度减少,置入位置偏前或偏后就会突出于椎体外缘,因而只能选用更短的融合器,同时也相应增加了前方血管与腹腔脏器损伤的风险^[25]。国外有学者对选择融合器长度要求进行相关影像学测量^[40],研究表明当融合器位置偏前时其突出于椎间隙外缘的发生率明显增加,且上腰段置入融合器位置偏前的概

率更高;测量数据还发现椎体前 1/3 的宽度比其中间最宽处减少 16.5%,当侧位透视发现融合器即将置入的位置偏前时,应选择长度比正位透视椎体宽度小 15% 的融合器。

3.2 其他并发症

包括技术相关并发症(如终板骨折、置入物下沉或断裂、术后持续疼痛、假关节形成等),一般外科手术并发症(如感染、贫血、肠梗阻等),内科相关并发症(如尿道感染、脑卒中、肺炎、深静脉血栓形成、房颤等),其发生率远较传统手术低^[8,33]。

一项大样本 XLIF 并发症报道^[33],600 例临床病例中 15 例(2.5%)出现手术相关并发症,其中切口疝和皮下血肿各 1 例(0.3%),术后贫血 1 例(0.2%),股四头肌和胫骨前肌无力 4 例(0.7%),终板骨折、椎体骨折和医源性髓核突出等 6 例(1%),置入物和螺钉断裂及下沉 2 例(0.3%)。另一项为期 2 年的随访研究显示^[40],62 例行 XLIF 患者并发症发生率为 19%,且无严重并发症,除 1 例术后椎体间假关节形成、1 例腰大肌血肿、1 例切口感染外,其余均为内科相关并发症,并得到有效诊治。此外 XLIF 对肥胖患者较传统手术有明显优势,术后早期并发症发生率与非肥胖患者比较并无差异^[42]。

由于并发症尤其是严重并发症发生率低,与一般脊柱手术的并发症无明显不同,经内科保守治疗和外科翻修术,并发症均可得到有效控制和治疗,XLIF 临床应用被逐渐推广。

4 展望

XLIF 技术在缓解临床症状和重建椎体稳定性方面安全有效,为腰椎退行性疾病患者提供了一种新的微创融合方式。其并发症总体发生率低,主要是术后一过性大腿前方痛和麻木,且随着操作技术的进步以及经验的积累,这类并发症将逐渐减少。同时要求术者具备丰富的微创手术操作技能与经验,并对脊柱的解剖有深入的认识和理解。虽然国外有文献评估了极外侧入路的安全性,国人对该入路尤其是腰神经丛位置的大样本量应用解剖研究和影像学测量数据报道较少。为避免腰丛及其分支受损所致的腰椎极外侧入路相关并发症的发生,该入路对于国人的安全可行性有待进一步研究。

5 参考文献

1. Rajaraman V, Vingan R, Roth P, et al. Visceral and vascular complications resulting from anterior lumbar interbody fusion [J]. J Neurosurg, 1999, 91(1 Suppl): 60-64.
2. Mayer HM. A new microsurgical technique for minimally invasive anterior lumbar interbody fusion [J]. Spine, 1997, 22(6): 691-700.
3. Perez-Cruet MJ, Fessler RG, Perin NI. Review: complications of minimally invasive spinal surgery [J]. Neurosurgery, 2002, 51(5 Suppl): S26-36.

4. Mahvi DM, Zdeblick TA. A prospective study of laparoscopic spinal fusion: technique and operative complications[J]. Ann Surg, 1996, 224(1): 85-90.
5. Ozgur B, Aryan H, 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.
6. 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.
7. Acosta FL, Liu J, Slimack N, et al. Changes in coronal and sagittal plane alignment following minimally invasive direct lateral interbody fusion for the treatment of degenerative lumbar disease in adults: a radiographic study [J]. J Neurosurg Spine, 2011, 15(1): 92-96.
8. Youssef JA, McAfee PC, Patty CA, et al. Minimally invasive surgery: lateral approach interbody fusion: results and review [J]. Spine, 2010, 35(26 Suppl): S302-311.
9. Kim SM, Lim TJ, Paterno J, et al. Biomechanical comparison: stability of lateral-approach anterior lumbar interbody fusion and lateral fixation compared with anterior-approach anterior lumbar interbody fusion and posterior fixation in the lower lumbar spine[J]. J Neurosurg Spine, 2005, 2(1): 62-68.
10. Sohn MJ, Kayanja MM, Kilincer C, et al. Biomechanical evaluation of the ventral and lateral surface shear strain distributions in central compared with dorsolateral placement of cages for lumbar interbody fusion [J]. J Neurosurg Spine, 2006, 4(3): 219-224.
11. Rodgers WB, Cox CS, Gerber EJ. Experience and early results with a minimally invasive technique for anterior column support through extreme lateral interbody fusion(XLIF)[J]. US Musculoskeletal Review, 2007, 1: 28-32.
12. Pimenta L, Oliveira L, Schaffa T, et al. Lumbar total disc replacement from an extreme lateral approach: clinical experience with a minimum of 2 years' follow-up[J]. J Neurosurg Spine, 2011, 14(1): 38-45.
13. Pimenta L, Diaz RC, Guerrero LG. Charite lumbar artificial disc retrieval: use of a lateral minimally invasive technique: technical note[J]. J Neurosurg Spine, 2006, 5(6): 556-561.
14. De Maat GH, Punt IM, Van Rhijn LW, et al. Removal of the Charite lumbar artificial disc prosthesis: surgical technique[J]. J Spinal Disord Tech, 2009, 22(5): 334-339.
15. Dakwar E, Cardona RF, Smith DA, et al. Early outcomes and safety of the minimally invasive, lateral retroperitoneal transpoas approach for adult degenerative scoliosis[J]. Neurosurg Focus, 2010, 28(3): E8.
16. Isaacs RE, Hyde J, Goodrich JA, et al. A prospective, non-randomized, multicenter evaluation of extreme lateral interbody fusion for the treatment of adult degenerative scoliosis: perioperative outcomes and complications[J]. Spine, 2010, 35(26 Suppl): S322-330.

17. Tormenti MJ, Maserati MB, Bonfield CM, et al. Complications and radiographic correction in adult scoliosis following combined transpoas extreme lateral interbody fusion and posterior pedicle screw instrumentation [J]. *Neurosurg Focus*, 2010, 28(3): E7.
18. Uribe JS, Vale FL, Dakwar E. Electromyographic monitoring and its anatomical implications in minimally invasive spine surgery[J]. *Spine*, 2010, 35(26 Suppl): S368-374.
19. Benglis DM, Elhamady MS, Levi AD, et al. Minimally invasive anterolateral approaches for the treatment of back pain and adult degenerative deformity[J]. *Neurosurgery*, 2008, 63(3 Suppl): 191-196.
20. Uribe JS, Arredondo N, Dakwar E, et al. Defining the safe working zones using the minimally invasive lateral retroperitoneal transpoas approach: an anatomical study[J]. *J Neurosurg Spine*, 2010, 13(2): 260-266.
21. Grothaus MC, Holt M, Mekhail AO, et al. Lateral femoral cutaneous nerve: an anatomic study [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2005, 437: 164-168.
22. Williams PH, Trzil KP. Management of meralgia paresthetica [J]. *J Neurosurg*, 1991, 74(1): 76-80.
23. Moro T, Kikuchi S, Konno S, et al. An anatomic study of the lumbar plexus with respect to retroperitoneal endoscopic surgery[J]. *Spine*, 2003, 28(5): 423-428.
24. Benglis DM, Vanni S, Levi AD. An anatomical study of the lumbosacral plexus as related to the minimally invasive transpoas approach to the lumbar spine [J]. *J Neurosurg Spine*, 2009, 10(2): 139-144.
25. Park DK, Lee MJ, Lin EL, et al. The relationship of intrapsoas nerves during a transpoas approach to the lumbar spine: anatomic study[J]. *J Spinal Disord Tech*, 2010, 23(4): 223-228.
26. 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*, 2009, 34(12): 1330-1335.
27. Guerin P, Obeid I, Gille O, et al. Safe working zones using the minimally invasive lateral retroperitoneal transpoas approach: a morphometric study[J]. *Surg Radiol Anat*, 2011, 33(8): 665-671.
28. Kepler CK, Bogner EA, Herzog RJ, et al. Anatomy of the psoas muscle and lumbar plexus with respect to the surgical approach for lateral transpoas interbody fusion[J]. *Eur Spine J*, 2011, 20(4): 550-556.
29. 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.
30. Wang MY, Mummaneni PV. Minimally invasive surgery for thoracolumbar spinal deformity: initial clinical experience with clinical and radiographic outcomes[J]. *Neurosurg Focus*, 2010, 28(3): E9.
31. Rodgers WB, Cox CS, Gerber EJ. Minimally invasive treatment(XLIF) of adjacent segment disease after prior lumbar fusions [J]. *Internet J Minimally Invasive Spinal Technol*, 2009, 3.
32. Anand N, Rosemann R, Khalsa B, et al. Mid-term to long-term clinical and functional outcomes of minimally invasive correction and fusion for adults with scoliosis [J]. *Neurosurg Focus*, 2010, 28(3): E6.
33. Rodgers WB, Gerber EJ, Patterson J. Intraoperative and early postoperative complications in extreme lateral interbody fusion: an analysis of 600 cases[J]. *Spine*, 2011, 36(1): 26-32.
34. Moller DJ, Slimack NP, Acosta FL Jr, et al. Minimally invasive lateral lumbar interbody fusion and transpoas approach-related morbidity[J]. *Neurosurg Focus*, 2011, 31(4): E4.
35. Anand N, Baron EM, Thaiyananthan G, et al. Minimally invasive multilevel percutaneous correction and fusion for adult lumbar degenerative scoliosis: a technique and feasibility study[J]. *J Spinal Disord Tech*, 2008, 21(7): 459-467.
36. Sharma AK, Kepler CK, Girardi FP, et al. Lateral lumbar interbody fusion: clinical and radiographic outcomes at 1 year: a preliminary report[J]. *J Spinal Disord Tech*, 2011, 24(4): 242-250.
37. Tonetti J, Vouaillat H, Kwon BK, et al. Femoral nerve palsy following mini-open extraperitoneal lumbar approach: report of three cases and cadaveric mechanical study [J]. *J Spinal Disord Tech*, 2006, 19(2): 135-141.
38. Jahangiri FR, Sherman JH, Holmberg A, et al. Protecting the genitofemoral nerve during direct/extreme lateral interbody fusion (DLIF/XLIF) procedures[J]. *Am J Electroneurodiagnostic Technol*, 2010, 50(4): 321-335.
39. 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.
40. Regev GJ, Haloman S, Chen L, et al. Incidence and prevention of intervertebral cage overhang with minimally invasive lateral approach fusions[J]. *Spine*, 2010, 35(14): 1406-1411.
41. Ozgur BM, Agarwal V, Nail E, et al. Two-year clinical and radiographic success of minimally invasive lateral transpoas approach for the treatment of degenerative lumbar conditions [J]. *SAS Journal*, 2010, 4(2): 41-46.
42. Rodgers WB, Cox CS, Gerber EJ. Early complications of extreme lateral interbody fusion in the obese[J]. *J Spinal Disord Tech*, 2010, 23(6): 393-397.

(收稿日期:2012-09-05 修回日期:2012-10-12)

(本文编辑 李伟霞)