

综述

斜外侧椎间融合术联合不同内固定方式的研究进展

Research progress of oblique lumbar interbody fusion combined with different internal fixation methods

王银歌, 闫康, 廖博

(空军军医大学第二附属医院骨科 710032 西安市)

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2021.07.10

中图分类号: R681.5, R687.3 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2021)-07-0648-06

腰椎椎管减压融合手术主要应用于椎间盘突出、椎体滑脱、椎管狭窄、退行性侧凸畸形等疾病,其效果已经得到临床验证,可分为直接和间接减压融合。后路腰椎椎间融合术 (posterior lumbar interbody fusion, PLIF)、经椎间孔入路腰椎椎间融合术 (transforaminal lumbar interbody fusion, TLIF) 是直接减压融合的代表术式,效果确切,但手术可引起后方稳定结构、肌肉神经损伤,引起人们的担忧。前路腰椎椎间融合术 (anterior lumbar interbody fusion, ALIF)、外侧腰椎椎间融合术 (lateral lumbar interbody fusion, LLIF) 虽能发挥间接减压融合的优势,对腰椎后方解剖结构损伤较小,但其入路存在缺陷,腹腔脏器、大血管、腰大肌、腰丛神经损伤风险不容忽视。Mayer 教授^[1]提出了一种新的微创间接减压融合技术,从腰大肌与腹主动脉之间的天然间隙进入椎体侧前方,应用大尺寸融合器恢复椎间隙高度,间接增大椎管及椎间孔面积,减轻神经及硬脊膜压迫,缓解症状。因手术通道相对于 LLIF 偏斜外侧, Silvestre 等^[2]正式为其命名为斜外侧椎间融合术 (oblique lumbar interbody fusion, OLIF)。OLIF 相关研究已有大量报道,单纯 OLIF 技术及与不同内固定方式的联合应用尚无指导性意见,笔者着重对此进行综述,以期临床医生选择不同内固定方式提供决策依据。

1 单纯 OLIF 技术 (Stand-alone OLIF) 应用

选择合适的患者进行 Stand-alone OLIF 手术治疗,可获得满意的临床效果。腰椎稳定性相对良好、骨密度正常、责任节段存在终板硬化是其主要适用指标^[3]。Stand-alone 技术优势在于获得足够稳定性以利于椎间融合的前提下,避免了使用辅助内固定带来的创伤风险、术区疼痛、手术时间和经济支出的增加。He 等^[4]在其研究中比较了

Stand-alone OLIF 与联合后路经皮椎弓根螺钉固定治疗腰椎滑脱症,两组临床和影像学疗效、并发症发生率相似,Stand-alone 手术用时更短,术中出血更少,不会引起椎体后方肌肉群损伤,术后肌肉萎缩发生率更低,实现更快的恢复,同时也节省了社会和个人医疗费用。其另一文献中则报道了 Stand-alone OLIF 手术患者在术后 1 周和 3 个月时的 VAS 腰痛评分、JOA 评分均明显好于联合后路椎弓根内固定组,Stand-alone 组术后 2 年椎旁多裂肌和竖脊肌的功能横截面积与脂肪浸润百分率无明显变化,内固定组则出现了萎缩征象^[5]。

OLIF 通过恢复椎间隙高度增加椎管及椎间孔容积达到间接减压的目的,椎间隙高度与硬脊膜横截面积、患者术后症状恢复成正相关。由于缺乏内固定保护作用,术后融合器沉降将导致椎间隙高度再次降低,患者症状复发风险增加。终板破坏 (损伤、骨折或囊性变)、骨密度 T 值 < -1.0、前纵韧带损伤、冠矢状面失衡、腰椎动态不稳、II 度退行性腰椎滑脱、峡部裂性腰椎滑脱、手术节段以远的邻椎病、3 个以上融合节段、融合器选择不恰当、高龄等是融合器沉降危险因素^[6-10]。

对于有融合器下沉危险因素的患者应当辅以内固定,加强固定节段术后即刻稳定性,分担上半身体重载荷,减少椎间隙再塌陷风险,促进植骨融合。目前临床上常用的后入路或斜外侧入路内固定主要有椎弓根螺钉、皮质骨轨迹螺钉、关节突螺钉、棘突间内固定、侧方钉棒、侧方钉板、一体化融合器等,其设计理念不同,临床适用人群也不同,术后效果各异,如何选择最适当内固定是目前亟待解决的临床难题。

2 后入路内固定

2.1 椎弓根螺钉内固定

后路椎弓根螺钉内固定是目前临床应用“金标准”,可有效维持三柱稳定性,限制手术节段屈伸侧弯旋转运动,分担融合器应力,为植骨融合创造一个稳定的外环境,减少融合器沉降发生率。与正常腰椎相比,OLIF 联合双侧椎弓根内固定可使腰椎前屈、后伸、侧弯和轴向旋转活动

第一作者简介:男(1987-),主治医师,硕士在读,研究方向:脊柱退行性疾病的微创治疗及机制研究

电话:(029)84717709 E-mail:406436925@qq.com

通讯作者:廖博 E-mail:liao_b@hotmail.com; 闫康 E-mail:yankang1029@163.com

度分别减少 86.7%、77.3%、76.2%和 75.0%,手术节段上下终板应力比单纯应用椎间融合器时低 77.2%、39.0%^[6]。

矢状面失衡引起的生物力学改变是退行性腰椎疾病的发病机制之一,恢复矢状位的脊柱骨盆参数是提高患者术后生活质量的关键。Chang 等^[11]一项前瞻性研究统计分析了 41 例行 OLIF 联合经椎弓根螺钉内固定手术的腰椎退行性疾病患者的临床资料,患者术后 1 周椎间隙高度和角度、节段前凸角和腰椎前凸角均有明显改善,术后下肢放射性疼痛减轻,步行能力增强,术后 1 年复查时椎管和椎间孔面积分别增加了 63.9%和 103.7%,无一例螺钉松动。Lin 等^[12]一项病例配对研究中,OLIF 恢复椎间隙高度的能力明显优于 MIS-TLIF,OLIF 组术后第 6 个月椎间融合率(80%)明显高于 MIS-TLIF 组(52%),椎间融合进程明显加快。

多节段融合或脊柱矫形手术中,OLIF 大尺寸融合器恢复脊柱序列与后路钉棒矫形相辅相成,能够有效维持脊柱平衡,缓解患者临床症状。Patel 等^[13]的前瞻性研究中报道了 15 例 OLIF 联合后路长节段钉棒内固定的矫形效果,部分患者根据病情二期联合小关节切除术,所有患者术后 SVA、PT、LL、TK、CA、SS、椎间孔面积均有显著改善,术后 VAS 腿痛评分、VAS 腰背痛评分和 ODI 分别改善了 74%、58%和 69.5%,末次随访时椎间融合率 86%,未见融合器沉降。与传统后路截骨钉棒矫形手术相比,基于 OLIF 技术的前后联合矫形可明显减少术中出血量,降低软组织损伤、感染率、假关节形成率^[14]。

传统椎弓根置钉技术需术中患者从侧卧位调整为俯卧位,通常需要 30min 以上,手术及麻醉时间增加,同时在调整体位的过程中有发生融合器移位、气管导管脱出的风险。侧卧位下置钉技术避免了术中重新调整体位,允许前后路同时操作,减少了手术及麻醉时间,患者术中与术后并发症风险降低。Blizzard 等^[15]介绍了一种侧卧位下双侧经椎弓根螺钉置入技术,螺钉置入时间平均为 5.9min/枚,置钉准确率 94.9%,平均透视时间为 15.0s/枚,平均每个病例的总透视时间为 121.0s,患者术中透视时间相较增加,平均手术时间(融合+内固定)为 87.9min,平均出血量 53ml,术后平均住院时间 1.2d,术后 6 个月时椎间融合率 87.5%,2 例(2.8%)患者因螺钉位置不理想行翻修手术。Oda^[16]与 Sellin^[17]等则通过在 CT 导航下旋转手术床的方式,实现了侧卧体位下椎弓根钉置入。尽管在生物力学方面,单侧置钉维持 OLIF 术后即刻腰椎稳定性和促进融合能力不及双侧椎弓根钉,内固定应力增加,内固松动失效、融合器移位风险增加^[18]。但 Wen 等^[19]报道了侧卧位下 OLIF 联合单侧经椎弓根螺钉内固定(UPS)临床效果,患者手术时间、住院费用较双侧置钉明显降低,术中出血量及住院时间没有差异,术后 1 个月内 VAS 评分及 ODI 评分更优,术后 2 年时单侧置钉组椎间融合率(86.8%)略低于双侧置钉组(91.7%),提示单侧置钉可作为一种替代方案。

虽然微创化的置钉技术最大可能的减少了患者创伤,但相对于 Stand-alone,双侧椎弓根螺钉置入过程中仍增加了手术步骤及切口,患者术后多裂肌和竖脊肌萎缩、脂肪浸润率增加。手术时长带来的风险及后方结构的副损伤需要临床医生在决定手术方案时重点权衡评估^[5]。

2.2 皮质骨轨迹螺钉

皮质骨轨迹(CBT)螺钉循椎弓根到椎体皮质骨面的特定轨迹,螺钉与皮质骨充分接触,把持力强、稳定性好、对后外侧肌肉损伤小、破坏关节突的可能性低,尤其适用于骨密度减少或骨质疏松患者。在应用侧方大尺寸融合器的情况下,除腰椎侧弯状态下 CBT 螺钉力学表现稍差外,CBT 螺钉与椎弓根螺钉维持术后腰椎即刻稳定性及分担终板应力效果相似^[20,21]。

Woods 等^[22]应用 OLIF 联合 CBT 螺钉内固定治疗腰椎退行性疾病,术后 6 个月随访时椎间融合率 95.3%,无沉降及内固定相关并发症。OLIF 联合 CBT 螺钉内固定也可应用于长节段脊柱融合矫形,Beng 等^[23]报道了在退行性腰椎侧凸畸形疾病中的应用效果,患者术前腰椎前凸角越大,术后硬脊膜横截面积改善也越多(平均 45.3%),无内固定相关并发症,5 例患者术后出现屈髋无力,3 个月内自行缓解。CBT 螺钉是骨质疏松患者椎弓根螺钉置钉松动一个很好的补救措施,可以与椎弓根螺钉混合使用,而不用将其他椎弓根螺钉全部替换。腰椎手术时可能出现原内固定(如侧方钉板、后路椎弓根螺钉)难以取出的情况,CBT 螺钉钉道向头侧倾斜,可作为翻修手术时辅助内固定^[24]。

CBT 螺钉同样面临术中调整体位置钉的问题,但与椎弓根螺钉相比,CBT 螺钉进钉点内聚,钉道轨迹由内向外,侧卧位下双侧置钉更加容易。Koike 等^[25]与 Kotani 等^[26]比较了 OLIF 和 MIS-TLIF 联合应用 CBT 螺钉内固定治疗退变性腰椎滑脱症临床疗效,两组患者术后症状缓解,生理功能和生活质量指标明显改善,OLIF 组比 MIS-TLIF 组椎间隙高度恢复后再丢失少,两组椎间融合率和邻椎病发生率上无明显差异,OLIF 组在 CT 导航下应用侧卧位经皮置钉技术,手术平均时间、平均出血量、JOABPEQ 评分心理健康模块改善更优。L5/S1 节段由于骶骨倾斜承受了较高的剪切力,在这种特殊的生物力学环境下,S1 椎弓根螺钉不能提供强有力的锚定,导致术后松动风险增加。Kotani 等^[27]研究报道 OLIF 联合侧卧位后路皮质骨轨迹螺钉治疗腰骶部退行性病疗效满意,节段前凸角、腰椎功能改善明显。目前尚无 OLIF 术中应用单侧 CBT 螺钉的报道,既往文献证实单侧皮质骨轨迹螺钉生物力学效能较差^[28]。

CBT 螺钉对患者棘突和椎弓根解剖结构要求较高,棘突破坏和椎弓根螺钉穿透是两种最常见的并发症,可能导致神经损伤和固定不稳定。特别在上腰椎手术中,棘突有可能阻挡螺钉置入,经常需要切除部分棘突和棘上韧带,损伤了后方韧带复合体。另外,临床推广过程中还存在学习曲线问题,对比椎弓根螺钉,无绝对应用优势,目前建议作为补充方案。

2.3 关节突内固定

OLIF 术式可以完整的保留后路椎板及关节突,可行关节突辅助内固定。关节突内固定方式有单纯关节突螺钉固定、经椎板关节突螺钉固定、经关节突椎弓根螺钉固定,可在透视、瞄准器、CT 导航、机器人、3D 打印导板等辅助下经皮微创置钉。腰椎上下关节突主要起抗屈伸和轴向旋转作用,承担上半身 1/5 重量的载荷^[29]。Kim 等^[30]在一项生物力学研究中证实了在前路椎间融合器基础上,经椎板关节突螺钉固定与单纯关节突螺钉固定都产生了显著的额外稳定性,均可与双侧椎弓根螺钉固定相媲美。

Wu 等^[31]报道了机器人辅助下应用 OLIF 联合经皮关节突固定技术治疗腰椎退行性疾病的准确性和安全性,共置入 24 枚螺钉,平均手术时间 3.3 ± 0.8 h,平均出血量为 90 ± 32 ml。平均位移和角度偏差分别为 1.09 ± 0.17 mm、 2.17 ± 0.39 mm,螺钉侵入程度 A 级 17 枚 (71%),B 级 6 枚 (25%),C 级 1 枚 (4%),未发现与螺钉错位有关的并发症。Gennari 等^[32]在脊柱导航 (O-arm) 下进行 OLIF 联合关节突内固定,所有螺钉均成功置入,所有临床评分节段性前凸角均有改善,无围手术期并发症发生。与椎弓根螺钉相比,关节突螺钉固定也可以微创化置入,实现更快的康复,且每节段仅用 2 枚螺钉,所用费用远远低于椎弓根螺钉,减少患者及社会医疗保险负担,其与 OLIF 联合应用临床疗效还有待于更多的随机对照临床实验进行验证。

Voyadzis 等^[33]探讨了侧卧位下经皮关节突固定的可行性,平均手术时间 162min (后期降至 118min),平均失血量 26.5ml,平均住院时间 1.94d,末次随访时,患者腰痛 VAS 评分由术前 8.9 分降至 0.9 分,小腿疼痛 VAS 评分由术前 8 分降至 0.9 分,椎间融合率 92%。Felbaum 等^[34]报道 LLIF 术中侧卧位置入关节突螺钉进钉点准确率 88.4%,螺钉尖端准确率 81.2%。侧卧位置钉技术的临床应用显示出了良好的可靠性、安全性、症状缓解率,并发症发生率也低,可尝试应用于 OLIF 术式,但需术前进行影像学详细评估,规划钉道。

关节突内固定花费少、可避免椎旁肌过度剥离,有着良好的应用前景,但前提是后柱骨性结构 (椎板、小关节和棘突) 的完整。目前文献中关节突内固定术相关研究还不够充分,中远期临床疗效及生物力学研究较少。另外,该术式技术要求高,操作难度大,尤其是椎板关节突螺钉微创经皮置入技术,往往需要在多次透视辅助下方能完成,如果螺钉置入不能一次成功,很难再行钉道调整,这些不足限制着关节突内固定的发展。

2.4 棘突间内固定

棘突间内固定利用棘突椎板交界处的皮质骨实现坚强固定,间接扩大椎管面积,对椎旁结构及肌肉损伤较少,可以侧卧位进行置入操作。棘突内固定方式决定了其在矢状面上强大的稳定性,可以很好地限制腰椎屈伸,但轴位和冠状面的稳定性稍差^[35]。

目前尚无关于 OLIF 联合棘突间内固定临床应用效

果的文献见刊,我们借鉴其在其他间接减压术式中的应用疗效进行评估。Panchal 等^[36]进行的一项多中心、前瞻性、随机对照临床实验研究了 ALIF 或 LLIF 联合棘突间内固定与椎弓根内固定的临床疗效差异,棘突间内固定组术后平均出血量为 70.9ml,手术时间为 52.2min,切口长度为 5.5cm,透视时间为 10.4s,患者术后 ODI、SF-36 评分均显著性改善,术后 1 年时椎间融合率为 92.7%,仅出现 1 例因内固定需二次手术干预,而椎弓根内固定组有 4 例因内固定行翻修手术的病例,尽管两组间预后无明显差异,棘突间内固定组在术后早期康复上优于椎弓根内固定。Kim 等^[37]的研究则提示术后 1 年内应用棘突间内固定的邻椎病发生率低于椎弓根内固定。

棘突间内固定是一种微创置入手术,但恢复腰椎前凸的能力较弱,临床应用较少,与 OLIF 联合应用的临床疗效尚待进一步研究。如果棘突内固定过大或不适当地放置在棘突间隙内,可能会发生局部后凸,间接增加椎间融合器的压力。

3 斜外侧入路内固定

后路内固定可能带来额外的稳定与损伤,可增加临近节段活动度、椎间盘应力和小关节负荷,邻椎病发生风险增高^[38]。OLIF 间接减压手术技术保留了后方韧带复合体、关节突等后方稳定结构,同时大尺寸融合器的应用也可提供部分前方稳定,给斜外侧入路内固定带来了发展空间,外侧辅助内固定从原来手术通道置入,可更好发挥 OLIF 术式的技术优势,经济成本也大大降低。

3.1 侧方钉棒内固定

经 OLIF 手术入路侧方钉棒内固定无需术中体位改变和额外的切口,最大限度地减少了手术总时间、出血量、放射学暴露及软组织损伤。侧方钉棒限制腰椎各向活动能力虽不如后路双侧椎弓根螺钉,但可以明显减少融合器的应力,适用于骨密度和 BMI 正常、腰椎相对稳定的患者^[39]。尽管有侧方双钉棒置入技术,但其需要暴露范围更大,手术风险更高,生物力学性能较单钉棒技术不具绝对优势,临床中很少应用^[39]。

Xie 等^[40]应用 OLIF 联合侧方钉棒内固定治疗腰椎退行性疾病 65 例,术后 VAS、ODI 评分均有明显改善,椎管横截面积增加 30.7%,椎间隙高度增加 25.2%,左右侧椎间孔高度分别增加 13.8%、15.6%,上位椎体滑脱程度减少 64.1%,手术节段均达到骨性融合,术后虽发生 5 例 (7.7%) 融合器下沉,但患者无临床症状。Liu 等^[41]报道 OLIF 联合侧方钉棒内固定术中 X 线照射次数明显减少。Wang 等^[42]将此技术应用于腰椎退变畸形患者,平均手术时间、术中平均出血明显少于联合后路钉棒内固定者,患者脊柱骨盆参数 (冠状位 Cobb 角、CSVL、LL、PT、LL-PI、SVA) 和功能参数 (腰痛 VAS 评分、ODI 评分) 较术前明显改善,2 例患者出现融合器沉降。Xu 等^[43]则尝试在椎间盘突出或脱出患者中联合应用显微镜进行直接和间接减压,侧卧位下完

成减压、融合、侧方钉棒固定操作,获得了令人满意的疗效,但研究样本量小、随访周期短,真实临床疗效还需进一步研究。

尽管有研究报道了侧方钉棒联合对侧关节突螺钉良好的生物力学性能,但内固定应力的增加仍不免让人担心出现内固定断裂的风险^[18]。此外,侧方钉棒螺钉尾部突出于椎体骨面,有可能引起周围大血管、腰大肌、生殖股神经的慢性刺激而出现相应并发症。侧方钉棒内固定置入需要更多的操作空间,通道中重要解剖结构损伤的风险会增加。

3.2 侧方钉板内固定

板式结构切迹低,边缘圆钝,螺钉尾部没入钛板,对周围组织侵扰小,更易被患者和术者接受。两孔侧方钉板内固定可使腰椎侧弯活动度显著减少,轴向旋转活动度中度减少,在维持轴向和冠状面稳定具有固有优势,可以降低侧弯时融合器及终板应力^[35,44]。多节段侧方钉板固定限制腰椎活动度能力弱于双侧或单侧椎弓根螺钉,可能无法满足腰椎术后即刻稳定性需求^[45]。

侧方钉板内固定应用需要选择合适的患者,单节段或双节段退变性腰椎间盘病变、邻椎病的患者可能是合适人群。Tohmeh 等^[46]收集了 140 例接受侧方融合手术患者的临床和影像学资料,共涉及 223 个节段(L1~L5),所有患者均辅以椎弓根螺钉固定或侧板固定,术后 12 个月时 ODI 评分改善 44%,VAS 腰痛评分改善 49%,VAS 腿痛评分改善 48%,生活质量改善 50%,椎间隙高度由 4.6mm 提高至 9.4mm,椎间孔高度由术前 15.7mm 提高至 21.2mm,腰椎前凸角和节段前凸角也获得了明显改善。

Sardhara 等^[47]提出了 OLIF 联合反向椎弓根侧方钉板固定的新概念,导航下将钛板置于椎体前外侧,上位椎体固定螺钉轨迹上倾 20°~30°,下位椎体固定螺钉轨迹与终板平行,均指向对侧椎弓根与椎体结合部,两枚反向插入椎弓根的螺钉可获得近似的三柱稳定,这项理论虽然非常有吸引力,但还需进一步的生物力学论证,术中操作要求高,需要更多创新技术进行易化操作。侧方四孔钉板弥补了两孔钉板限制腰椎屈伸不足的缺点,成为可能替代后路椎弓根内固定的种子选手^[48]。可选择骨密度良好、术中腰椎前凸良好且椎间孔高度恢复满意的患者辅助四孔钉板内固定,但仅限于单节段或双节段固定。

普通侧方钉板内固定依靠骨与钛板之间的摩擦维持稳定,但退变椎体表面往往不平整,钉板结合处应力增高,钉板松动风险较高。虽然国外已有几款侧方锁定钉板上市,独特的钉板间锁定机制使得内固定生物力学性能更加强化,但临床应用经验非常少,还有很大发展空间。另外现有钉板内固定降低融合器下沉风险及长节段矫形的能力仍然不能令人十分满意,只可短节段应用,置入过程中节段动脉损伤风险也应当被重视。

3.3 一体化融合器

一体化融合器是集内固定与融合器于一体的新型内

植物,兼顾强度、零切迹和稳定性,更加简化、更加微创。目前国内外产品多是基于 LLIF 术式设计,与 OLIF 联合应用的文献报道较少。按其结构大致可分为自锚式、螺钉式、钉板-融合器一体式。Basra 等^[49]报道了一种新型钉板-融合器一体式内固定,可降低腰椎 75%屈伸活动度、70%侧弯活动度和 57%轴向旋转活动度,具有侧方钉板同等的生物力学稳定性,并可以阻止融合器侧方移位。在未来,新的手术器械和设备的研发,侵入性较小的一体化融合器系统在 OLIF 应用是可能的。

3.4 多种内固定方式联合应用探索

多种内固定方式之间的联合临床应用较少,目前主要集中在生物力学层面的探讨,研究者们试图寻找一种创伤性最小、稳定性最好、经济性最佳、操作最简便的内固定组合方式替代双侧椎弓根内固定。

Guo 等^[28]通过有限元分析法证明了 TLIF 术式基础上单侧皮质骨轨迹螺钉联合对侧关节突螺钉内固定维持腰椎生物力学稳定性有效性。其另一研究中则报道了 OLIF 术式基础上应用侧方钉棒联合对侧经椎板关节突螺钉可以达到双侧椎弓根内固定生物力学效果,关节突内固定对腰椎屈伸及旋转限制性较好,而 OLIF 侧方钉棒固定可限制腰椎侧弯,二者结合可以获得各向稳定,椎间融合器应力下降,但关节突螺钉在关节突部位应力增加,易诱发螺钉断裂,这可能与经椎板关节突螺钉体积较小和关节突应力集中有关,需要警惕^[18]。腰椎侧方钉板和棘突间内固定联合应用可提供类似于双侧椎弓根螺钉的多平面稳定性,融合器和终板应力更低,能有效预防融合器沉降^[35]。

DenHaese 等^[48]介绍了一款四孔侧方模块化钉板,其与棘突间内固定联合可形成一个立体力学结构,生物力学效能与后路双侧椎弓根螺钉相似,其临床应用疗效如何还要更多的数据资料才可评估。

4 总结与展望

斜外侧椎间融合术越来越多的应用于各种腰椎疾病的治疗,其在恢复脊柱平衡、减少组织损伤、缩短住院时间、加速术后康复方面有着明显优势。然而,血管损伤、融合器沉降等相关并发症值得我们关注。目前临床研究中,OLIF 联合后路双侧椎弓根内固定被视为“金标准”,不同辅助内固定方式各有其优缺点和适用人群,如何选择需结合患者病情及医生技术具体分析。受限于样本量较少、缺乏不同内固定方式随机对照实验及患者的选择偏倚等不利因素,现有资料可能会对我们的评价造成影响。我们认为 OLIF 术式的精髓在于对腰椎后方结构无伤性减压,侧方辅助固定能够最大可能发挥这种优势,侧方固定生物力学研究结果是在实验室条件下获得的,没有考虑到体内环境和肌肉提供的稳定作用,不能直接拿来否定临床可行性,相关的临床研究也报道了良好疗效,是值得进一步研究的方向。

5 参考文献

- Mayer HM. A new microsurgical technique for minimally invasive anterior lumbar interbody fusion [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1997, 22(6): 691–700.
- 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.
- Liu J, Ding W, Yang D, et al. Modic changes(MCs) associated with endplate sclerosis can prevent cage subsidence in oblique lumbar interbody fusion(OLIF) stand-alone[J]. *World Neurosurg*, 2020, 138: e160–e168.
- He W, He D, Sun Y, et al. Standalone oblique lateral interbody fusion vs. combined with percutaneous pedicle screw in spondylolisthesis[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2020, 21(1): 184.
- He W, He D, Sun Y, et al. Quantitative analysis of paraspinal muscle atrophy after oblique lateral interbody fusion alone vs. combined with percutaneous pedicle screw fixation in patients with spondylolisthesis [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2020, 21(1): 30.
- Fang G, Lin Y, Wu J, et al. Biomechanical comparison of stand-alone and bilateral pedicle screw fixation for oblique lumbar interbody fusion surgery: a finite element analysis [J]. *World Neurosurg*, 2020, 141: e204–e212.
- Tempel ZJ, Gandhoke GS, Okonkwo DO, et al. Impaired bone mineral density as a predictor of graft subsidence following minimally invasive transposas lateral lumbar interbody fusion [J]. *Eur Spine J*, 2015, 24 (3): 414–419.
- Ko MJ, Park SW, Kim YB. Effect of cage in radiological differences between direct and oblique lateral interbody fusion techniques[J]. *J Korean Neurosurg Soc*, 2019, 62(4): 432–441.
- Lin GX, Kotheraanurak V, Zeng TH, et al. A longitudinal investigation of the endplate cystic lesion effect on oblique lumbar interbody fusion[J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2019, 184: 105407.
- Malham GM, Ellis NJ, Parker RM, et al. Maintenance of segmental lordosis and disk height in stand-alone and instrumented extreme lateral interbody fusion (XLIF)[J]. *Clin Spine Surg*, 2017, 30(2): E90–E98.
- Chang SY, Nam Y, Lee J, et al. Clinical significance of radiologic improvement following single-level oblique lateral interbody fusion with percutaneous pedicle screw fixation [J]. *Orthopedics*, 2020, 43(4): e283–e290.
- Lin GX, Akbary K, Kotheraanurak V, et al. Clinical and radiologic outcomes of direct versus indirect decompression with lumbar interbody fusion: a matched-pair comparison analysis[J]. *World Neurosurg*, 2018, 119: e898–e909.
- Patel RS, Suh SW, Kang SH, et al. The radiologic and clinical outcomes of oblique lateral interbody fusion for correction of adult degenerative lumbar deformity[J]. *Indian J Orthop*, 2019, 53(4): 502–509.
- Lee KY, Lee JH, Kang KC, et al. Minimally invasive multi-level lateral lumbar interbody fusion with posterior column osteotomy compared with pedicle subtraction osteotomy for adult spinal deformity[J]. *Spine J*, 2020, 20(6): 925–933.
- Blizzard DJ, Thomas JA. MIS single-position lateral and oblique lateral lumbar interbody fusion and bilateral pedicle screw fixation: feasibility and perioperative results[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2018, 43(6): 440–446.
- Oda Y, Yamauchi T, Tanaka M. Lateral lumbar interbody fusion with percutaneous pedicle screw in combination with microendoscopic laminectomy in the lateral position for lumbar canal stenosis[J]. *Acta Med Okayama*, 2019, 73(4): 373–377.
- Sellin JN, Mayer RR, Hoffman M, et al. Simultaneous lateral interbody fusion and pedicle screws (SLIPS) with CT-guided navigation[J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2018, 175: 91–97.
- Guo HZ, Tang YC, Guo DQ, et al. Stability evaluation of oblique lumbar interbody fusion constructs with various fixation options: a finite element analysis based on three-dimensional scanning models [J]. *World Neurosurg*, 2020, 138: e530–e538.
- Wen J, Shi C, Yu L, et al. Unilateral versus bilateral percutaneous pedicle screw fixation in oblique lumbar interbody fusion[J]. *World Neurosurg*, 2020, 134: e920–e927.
- Liu CW, Wang LL, Xu YK, et al. Traditional and cortical trajectory screws of static and dynamic lumbar fixation—a finite element study[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2020, 21 (1): 463.
- Perez-Orrillo L, Kalb S, Reyes PM, et al. Biomechanics of lumbar cortical screw-rod fixation versus pedicle screw-rod fixation with and without interbody support [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2013, 38(8): 635–641.
- Woods KR, 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, 17(4): 545–553.
- Beng TB, 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.
- 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.
- Koike Y, Kotani Y, Terao H, et al. Comparison of outcomes of oblique lateral interbody fusion with percutaneous posterior fixation in lateral position and minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion for degenerative spondylolisthesis[J]. *Asian Spine J*, 2021, 15(1): 97–106.
- Kotani Y, Koike Y, Ikeura A, et al. Clinical and radiologic

- comparison of anterior-posterior single-position lateral surgery versus MIS-TLIF for degenerative lumbar spondylolisthesis[J]. *J Orthop Sci*, 2020: S0949-2658(20)30328-6.
27. Kotani Y, Ikeura A, Tokunaga H, et al. Single-level controlled comparison of OLIF51 and percutaneous screw in lateral position versus MIS-TLIF for lumbosacral degenerative disorders: Clinical and radiologic study[J]. *J Orthop Sci*, 2020: S0949-2658(20): 30253-0.
28. Guo HZ, Tang YC, Guo DQ, et al. Biomechanical evaluation of four different posterior instrumentation techniques for single-level transforaminal lumbar interbody fusion: a finite element analysis[J]. *Am J Transl Res*, 2020, 12(10): 6160-6169.
29. 曾忠友, 严卫锋. 椎板关节突螺钉固定技术临床应用进展[J]. *中国临床解剖学杂志*, 2012, 30(5): 590-593.
30. Kim SM, Lim TJ, Paterno J, et al. A biomechanical comparison of supplementary posterior translaminar facet and transfacetopedicular screw fixation after anterior lumbar interbody fusion[J]. *J Neurosurg Spine*, 2004, 1(1): 101-107.
31. Wu JY, Yuan Q, Liu YJ, et al. Robot-assisted percutaneous transfacet screw fixation supplementing oblique lateral interbody fusion procedure: accuracy and safety evaluation of this novel minimally invasive technique [J]. *Orthop Surg*, 2019, 11(1): 25-33.
32. Gennari A, Gavotto A, Almairac F, et al. Transfacet screws using spinal navigation in addition to anterior or oblique lumbar interbody fusion: technical note and preliminary results[J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2021. Online ahead of print.
33. Voyadzis JM, Anaizi AN. Minimally invasive lumbar transfacet screw fixation in the lateral decubitus position after extreme lateral interbody fusion: a technique and feasibility study[J]. *J Spinal Disord Tech*, 2013, 26(2): 98-106.
34. Felbaum DR, Lajthia O, Syed HR, et al. Percutaneous lumbar transfacet screw fixation: a technique analysis of 176 screws in 83 patients with assessment of radiographic accuracy, hardware failure, and complications[J]. *Oper Neurosurg (Hagerstown)*, 2016, 12(4): 340-349.
35. Zhang Z, Fogel GR, Liao Z, et al. Biomechanical analysis of lateral lumbar interbody fusion constructs with various fixation options: based on a validated finite element model [J]. *World Neurosurg*, 2018, 114: e1120-e1129.
36. Panchal R, Denhaese R, Hill C, Strenge KB, et al. Anterior and lateral lumbar interbody fusion with supplemental interspinous process fixation: outcomes from a multicenter, prospective, randomized, controlled study [J]. *Int J Spine Surg*, 2018, 12(2): 172-184.
37. Kim KD, Denhaese RP, Strenge KB, et al. Interspinous process fixation versus pedicle screw fixation in circumferential arthrodesis: outcomes from a prospective randomized multicenter trial[J]. *Spine J*, 2016, 16(10): S371.
38. Du CF, Cai XY, Gui W, et al. Does oblique lumbar interbody fusion promote adjacent degeneration in degenerative disc disease: a finite element analysis[J]. *Comput Biol Med*, 2021, 128: 104122.
39. Lowe TG, Enguidanos ST, Smith DA, et al. Single-rod versus dual-rod anterior instrumentation for idiopathic scoliosis: a biomechanical study[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2005, 30(3): 311-317.
40. Xie T, Wang C, Yang Z, et al. Minimally invasive oblique lateral lumbar interbody fusion combined with anterolateral screw fixation for lumbar degenerative disc disease[J]. *World Neurosurg*, 2020, 135: e671-e678.
41. Liu J, Feng H. Oblique lateral interbody fusion(OLIF) with supplemental anterolateral screw and rod instrumentation: a preliminary clinical study[J]. *World Neurosurg*, 2020, 134: e944-e950.
42. Wang K, Zhang C, Cheng C, et al. Radiographic and clinical outcomes following combined oblique lumbar interbody fusion and lateral instrumentation for the treatment of degenerative spine deformity: a preliminary retrospective study[J]. *Biomed Res Int*, 2019, 2019: 5672162.
43. Xu J, Zhuang W, Zheng W, et al. Microscopic ventral neural decompression in oblique lateral interbody fusion [J]. *World Neurosurg*, 2019, 128: e315-e321.
44. Laws CJ, Coughlin DG, Lotz JC, et al. Direct lateral approach to lumbar fusion is a biomechanically equivalent alternative to the anterior approach: an in vitro study [J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2012, 37(10): 819-825.
45. Liu X, Ma J, Park P, et al. Biomechanical comparison of multilevel lateral interbody fusion with and without supplementary instrumentation: a three-dimensional finite element study[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2017, 18(1): 63.
46. Tohmeh AG, Khorsand D, Watson B, et al. Radiographical and clinical evaluation of extreme lateral interbody fusion: effects of cage size and instrumentation type with a minimum of 1-year follow-up[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2014, 39(26): E1582-E1591.
47. Sardhara J, Singh S, Mehrotra A, et al. Neuro-navigation assisted pre-psoas minimally invasive oblique lumbar interbody fusion (MI-OLIF): New roads and impediments[J]. *Neurol India*, 2019, 67(3): 803-812.
48. DenHaese R, Gandhi A, Ferry C, et al. An in vitro biomechanical evaluation of a lateral lumbar interbody fusion device with integrated lateral modular plate fixation[J]. *Global Spine J*, 2021, 11(3): 351-358.
49. Basra S, Bucklen B, Muzumdar A, et al. A novel lateral lumbar integrated plate-spacer interbody implant: in vitro biomechanical analysis[J]. *Spine J*, 2015, 15(2): 322-328.

(收稿日期:2021-03-10 修回日期:2021-07-08)

(本文编辑 彭向峰)