

斜外侧入路腰椎融合术术后终板塌陷危险因素分析

韩佳骆¹, 王岩², 郭建伟², 张亚楠², 马学晓^{2*}

¹青岛大学医学部, 山东 青岛

²青岛大学附属医院脊柱外科, 山东 青岛

收稿日期: 2023年3月17日; 录用日期: 2023年4月13日; 发布日期: 2023年4月20日

摘要

背景与目的: 斜外侧入路腰椎融合术(OLIF)通过置入大型椎间融合器达到恢复椎间高度与间接减压的目的, 大型椎间融合器带来的支撑力也使得OLIF技术可以不必联合后方椎弓根螺钉的固定, 由此产生了Stand-Alone技术与侧方钢板固定技术。然而此类技术并不能为所有患者提供足够的支撑稳定性, 存在着较高的终板塌陷率, 进而导致融合失败。本研究通过分析接受斜外侧入路腰椎融合术的患者的临床资料及术中决策差异, 探讨OLIF术后发生终板塌陷的危险因素。旨在指导临床进行更精准、安全、有效的术式选择。**方法:** 选取2021年2月至2022年2月期间在我院接受OLIF及OLIF联合侧方钢板固定的患者64例, 共80个手术节段。根据术后6个月CT终板有无塌陷分为塌陷组与非塌陷组。比较两组患者的一般资料(性别、年龄、BMI); 影像资料(是否合并滑脱、椎体的动态稳定性、责任节段上下椎体的CT均值、融合节段数); 手术决策以及术中操作所带来的差异(椎间隙高度变化、是否联合侧方钢板固定、是否合并术中终板损伤)。将单因素分析中 $P < 0.05$ 的潜在危险因素, 纳入Logistic回归开展多因素分析并绘制列线图。**结果:** 80个手术节段中, 发生终板塌陷24例(30%)。危险因素分析显示: 椎体动态不稳、椎体低CT值与术中终板损伤为术后终板塌陷的独立危险因素。患者的性别、年龄、BMI、融合节段数、椎体撑开高度及是否联合侧方钢板固定与是否发生终板塌陷无统计学关联。**结论:** 椎体动态不稳、椎体低CT值与术中终板损伤为术后终板塌陷的独立危险因素。联合侧方钢板固定对于术后终板塌陷并无显著保护作用。对于此类患者应采取更强的内固定方式。

关键词

斜外侧入路腰椎融合术, 终板塌陷, 危险因素分析, 内固定方式选择

Risk Factors for Endplate Collapse after Oblique Lateral Interbody Fusion

Jialuo Han¹, Yan Wang², Jianwei Guo², Yanan Zhang², Xuexiao Ma^{2*}

*通讯作者 Email: maxuexiaospinal@163.com

文章引用: 韩佳骆, 王岩, 郭建伟, 张亚楠, 马学晓. 斜外侧入路腰椎融合术术后终板塌陷危险因素分析[J]. 临床医学进展, 2023, 13(4): 5989-5999. DOI: 10.12677/acm.2023.134846

¹College of Medicine, Qingdao University, Qingdao Shandong

²Department of Spine Surgery, Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao Shandong

Received: Mar. 17th, 2023; accepted: Apr. 13th, 2023; published: Apr. 20th, 2023

Abstract

Background and purpose: Oblique lateral interbody fusion (OLIF) restores intervertebral height and indirect decompression by placing a large intervertebral cage, and the support provided by the large intervertebral cage allows the OLIF technique to be performed without posterior pedicle screw fixation, resulting in the Stand-Alone technique and lateral plate fixation. However, these techniques cannot provide adequate support stability for all patients and have a high rate of endplate collapse, which can lead to fusion failure. This study investigated the risk factors for endplate collapse after OLIF by analyzing the clinical data and intraoperative decision-making differences among patients undergoing lumbar fusion with an oblique lateral approach. The aim was to guide the clinical selection of a more precise, safe, and effective surgical procedure. **Methods:** Sixty-four patients who underwent OLIF and OLIF combined with lateral plate fixation in our hospital between February 2021 and February 2022 were selected, with a total of 80 surgical segments. They were divided into collapsed and non-collapsed groups according to the presence or absence of collapsed CT endplates at 6 months postoperatively. The general data (gender, age, BMI); imaging data (whether combined with slippage, dynamic stability of the vertebral body, mean CT values of the vertebral body above and below the responsible segment, and the number of fused segments); surgical decision and differences brought about by intraoperative operations (change in vertebral space height, whether combined with lateral plate fixation, and whether combined with intraoperative endplate injury) were compared between the two groups. Potential risk factors with $P < 0.05$ in the univariate analysis were included in the logistic regression for multivariate analysis and plotted on a line graph. **Results:** Out of 80 operated segments, endplate collapse occurred in 24 cases (30%). Risk factor analysis showed that dynamic instability of the vertebral body, low CT values of the vertebral body, and intraoperative endplate injury were independent risk factors for postoperative endplate collapse. There was no statistically significant association between patient gender, age, BMI, number of fused segments, vertebral body spreading height, and combined lateral plate fixation and the occurrence of endplate collapse. **Conclusion:** Dynamic instability of the vertebral body, low CT values of the vertebral body, and intraoperative endplate injury were independent risk factors for postoperative endplate collapse. Combined lateral plate fixation did not provide significant protection against postoperative endplate collapse. Stronger internal fixation should be used in such patients.

Keywords

Oblique Lateral Lumbar Fusion, Endplate Collapse, Risk Factor Analysis, Choice of Internal Fixation

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

斜外侧入路腰椎融合术通过腹膜后与腰大肌之间的生理间隙到达椎体，不破坏脊柱后方的肌肉、韧带复合体和骨性结构，有利于脊柱后柱的稳定。而且此术式不干扰椎管，因而较少引起脊髓和神经损伤

[1]。其手术理念是通过较大的椎间融合器植入，充分撑开丢失的椎间隙高度，使后方皱褶的韧带展平，从而达到椎间孔和椎管的间接减压[2] [3]。诸多的临床研究已经证实了该术式有着良好的椎体融合率，且手术时间短、失血少、术后康复快[4] [5]。

该术式可联合不同的内固定方式，临床上应用最广泛的三种方式为：单纯 Cage 置入的 Stand-Alone 技术，联合侧方钢板固定以及联合后方椎弓根螺钉置入。

Stand-Alone 技术最为方便，手术时间最短，创伤最小，经报道该术式围术期患者舒适度最高，且远期不会导致椎旁肌萎缩[6]。但是该技术固定强度不足，终板塌陷、椎体不融合等并发症发生率较高[7]。极大的影响了医生使用 S-A 技术的信心。

OLIF 结合后路椎弓根螺钉的固定强度最高，能够提供最强的即时稳定性，椎体稳定性相关并发症最少，且能够实现脊柱矫形等手术需求[8]。但是该手术方式需要术中变换体位，手术时间长，依然无法避免对脊柱后方肌肉的破坏。

侧路钢板辅助技术，在不必要变换体位、不显著增加手术时间的情况下提供额外的稳定型，对于脊柱冠状位的稳定型可以达到近似后路椎弓根螺钉水平，但是对于脊柱的矢状位活动度限制不足[9]。另外侧路钢板辅助固定限于前中柱，能够提供的纵向支撑力有限，对于能否有效降低终板塌陷的几率还有待进一步研究。

本研究通过回顾性分析了过去 1 年中接受 Stand-alone 技术及辅助侧方钢板固定的 64 例患者，共 80 个手术节段。对患者术前的基本信息及影像资料进行危险因素分析，识别导致终板塌陷的危险因素，并量化指标，以指导临床医生选择恰当的内固定方式。

2. 患者与方法

2.1. 患者特征

回顾分析了 2021 年 2 月至 2022 年 2 月期间在青岛大学附属医院接受 OLIF 或 OLIF 联合侧方钢板固定的患者。本研究为回顾性分析，放弃了知情同意，由青岛大学附属医院伦理委员会(批准号: QYFY WZLL 27637)。

纳入标准为：1) 在 L3-5 水平上接受独立的 OLIF 或 OLIF 联合侧方钢板治疗 I 度腰椎滑脱或腰椎椎管狭窄症；2) 伴有根性神经疼痛，间歇性神经源性跛行或机械性腰痛的症状；3) 既往无 L3-5 水平腰椎手术史；4) 提供至少 6 个月的随访。

排除标准为：1) II 度以上的腰椎滑脱；2) 峡部裂滑脱；3) 冠状位及矢状位失平衡；4) 邻近节段退变；5) L3-5 脊柱骨折病史。

2.2. 手术方式

所有患者均由具有 20 年以上脊柱手术经验的外科医生进行手术，OLIF 手术根据标准程序进行。在全身麻醉下，将患者置于右侧卧位，透视引导下确定目标椎间盘间隙。在标记的椎间盘中部前方 3 厘米处平行髂前上棘做 4 厘米的皮肤切口。手术团队通过钝性分离腹壁肌肉并沿腰大肌表面向前推移腹膜后组织以暴露解剖斜侧走廊，清理椎间隙并刮除软骨终板后插入填充有脱钙骨基质(DBM) (Wright Medical Technology Inc., Arlington, 田纳西州, 美国)椎间融合器(Clydesdale 脊柱系统, 美敦力, 孟菲斯, 田纳西州)。

2.3. 观察指标与数据采集

我们的目标是在术前规划选择恰当的内固定策略，所以选择的观察指标为术前与术中可准确量化的

指标：包括患者的一般资料(性别、年龄、BMI)；影像资料(是否合并滑脱、椎体的动态稳定性、责任节段上下椎体的 CT 均值、融合节段数)；手术决策以及术中操作所带来的差异(椎间隙高度变化、是否联合侧方钢板固定、是否合并终板损伤)。

所有影像学检查均完成自青岛大学附属医院崂山院区影像科。影像参数的测量由两名脊柱外科医师分别独立完成取平均值，定性有分歧的指标加入第三方讨论得出一致结论。

① 腰椎 CT 值：在 CT 轴位上选取责任节段椎体终板下层面类圆形区域，此区域与椎体边缘的垂直距离不大于 0.5 cm，但不包括椎体骨皮质(见图 1(A))，测得责任节段上下椎体的松质骨 CT 值并计算平均 CT 值，CT 值单位由 Hu (Hounsfield)表示，CT 型号(GE Revolution CT)，电压 120 kV。

② 椎体矢状面 Cobb 角：在动力位 X 线片上，从责任间隙上位椎体下缘以及下位椎体上缘分别做两条直线，两条直线相交所成锐角即为矢状面 Cobb 角。分别测量过屈位 Cobb 角，记为 a；过伸位 Cobb 角，记为 b，则 Cobb 角变化 = a - b(图 1(B))。

③ 椎体位移：在动力位 X 线片上，从责任间隙下位椎体后缘做一条直线，自上位椎体后下 endpoint 向该直线作垂线，垂线长度即为椎体位移距离。分别测量过屈位椎体位移距离，记为 a；过伸位椎体位移距离，记为 b，则椎体位移变化 = a - b(图 1(C))。

④ 椎间高度：在椎间间隙的前缘(a)，中间(b)和后缘(c)测量椎间盘的高度，取平均值，椎间高度 = (a + b + c)/3(图 1(D))。

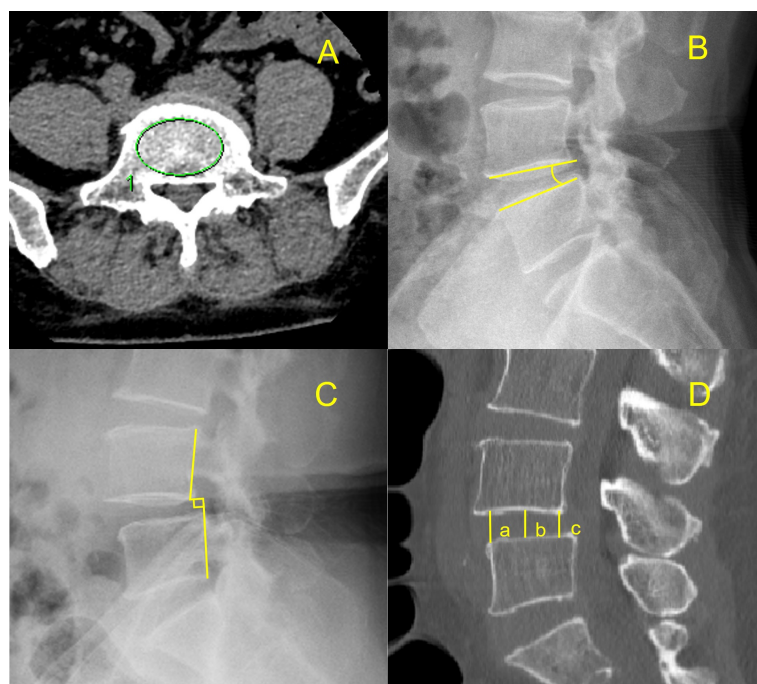


Figure 1. Measurement of imaging parameters
图 1. 影像学参数的测量

2.4. 诊断标准及定义

- 1) 术中终板损伤：术中透视或术后即刻 CT 上发现骨性终板不连续(图 2(A))。
- 2) 术后终板塌陷：术后 6 个月 CT 矢状位图像上骨性终板最大凹陷超过 3 mm(图 2(B))。
- 3) 椎体动态不稳：术前动力位平片节段位移 > 3 mm 或角度变化 > 11°。

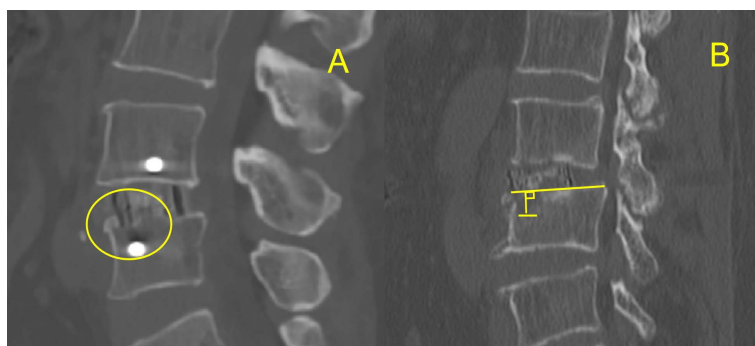


Figure 2. Diagnostic criteria for endplate injury

图 2. 终板损伤的诊断标准

3. 结果

3.1. 受试者一般资料

本研究共纳入符合条件的患者 64 例，共 80 个手术节段。本研究关注个体为手术节段，所以下文中出现的数据如非特殊标明均以手术节段为单位，而不以人数为单位。

共男性 26 例，女性 54 例，平均年龄为(63.7 ± 7.9)岁。双节段 16 例，单节段 48 例，手术节段分布为 L3/4 节段 20 例，L4/5 节段 60 例。根据术后 6 个月复查 CT，术后终板塌陷患者 24 例，发生率为 30.0% (详见表 1)。

Table 1. Description of clinical data of the study population

表 1. 研究人群临床资料描述

临床资料	研究人群 N = 80
性别, 男:女	26:54
年龄, 岁	63.70 (7.93)
BMI, kg/m ²	26.22 (3.14)
腰椎椎体 CT 值, Hu	117.68 (31.01)
术前诊断, n(%)	
椎管狭窄症	66 (82.5%)
腰椎滑脱症	14 (17.5%)
椎体不稳, n(%)	10 (12.5%)
融合节段数, n(%)	
单节段	48 (60.0%)
双节段	32 (40.0%)
责任节段, n(%)	
L3/4	20 (25.0%)
L4/5	60 (75.0%)

Continued

内固定方式, n(%)	
Stand-Alone	66 (82.5%)
侧方钢板固定	14 (17.5%)
椎间高度变化, mm	3.61 (1.78)
术中终板损伤, n(%)	16 (20.0%)
术后终板塌陷, n(%)	24 (30.0%)

连续变量以平均数 \pm 标准差表示。分类变量以数值(百分比)表示。

3.2. 塌陷组与非塌陷组患者资料单因素分析

在术后终板非塌陷组中共有男性患者 19 例, 女性患者 37 例, 平均年龄为(63.29 \pm 7.41)岁, 平均体重指数(BMI)为(26.07 \pm 3.14) kg/m², 平均腰椎 CT 值为(125.08 \pm 28.25) Hu。诊断为腰椎滑脱 19 例(33.9%), 单纯腰椎椎管狭窄 37 例(66.1%), 腰椎椎体动态不稳 4 例(7.1%)。在术后终板塌陷组中共有男性 7 例, 女性 17 例, 平均年龄为(64.67 \pm 9.14)岁, 平均体重指数(BMI)为(26.56 \pm 3.18) kg/m², 平均腰椎 CT 值为(100.40 \pm 30.78) Hu。诊断为腰椎滑脱 8 例(33.3%), 单纯腰椎椎管狭窄 16 例(66.7%), 腰椎椎体动态不稳 6 例(25%)。两组患者在性别、年龄、BMI 及术前诊断方面无显著差异($P > 0.05$), 术后终板塌陷组患者中腰椎椎体不稳比例显著高于非终板塌陷组($P < 0.01$), 而平均腰椎椎体 CT 值显著低于非终板塌陷组($P < 0.05$)。

对于手术决策引起的差异, 非塌陷组患者椎间高度变化为(3.75 \pm 1.73) mm, 双节段手术 22 例(39.2%), 术中终板损伤 5 例(8.9%), 联合侧方钢板固定 11 例(19.6%)。术后终板塌陷组中患者平均椎间高度变化为(3.28 \pm 1.91) mm, 双节段手术 14 例(58.3%), 术中终板损伤 11 例(45.8%), 联合侧方钢板固定 3 例(12.5%)。两组患者在椎间高度变化、融合节段数、是否联合侧方钢板固定上无显著差异($P > 0.05$), 而塌陷组中, 术中终板损伤数显著高于非塌陷组($P < 0.01$) (表 2)。

Table 2. Univariate analysis of patients in the collapsed and non-collapsed groups

表 2. 塌陷组与非塌陷组患者单因素分析

项目	非塌陷组(n = 56)	塌陷组(n = 24)	P
基线人口参数			
性别, 男:女	19:37	7:17	0.667
年龄, 岁	63.29 \pm 7.41	64.67 \pm 9.14	0.479
BMI, kg/m ²	26.07 \pm 3.14	26.56 \pm 3.18	0.521
腰椎椎体 CT 值, Hu	125.08 \pm 28.25	100.40 \pm 30.78	0.01*
术前诊断, n(%)			
椎管狭窄症	37 (66.1%)	16 (66.7%)	0.959
腰椎滑脱症	19 (33.9%)	8 (33.3%)	
椎体不稳, n(%)	4 (7.1%)	6 (25.0%)	0.027*

Continued

手术决策差异			
椎间高度变化, mm	3.75 ± 1.73	3.28 ± 1.91	0.279
融合节段数(1:2)	34:22	14:10	0.842
术中终板损伤, n(%)	5 (8.9%)	11 (45.8%)	<0.001*
联合侧方钢板固定	11 (19.6%)	3 (12.5%)	0.441

连续变量以平均数 ± 标准差表示。分类变量以数值(百分比)表示。*P < 0.05, 认为差异有统计学意义。

3.3. 相关危险因素的 Logistic 回归分析

我们把单因素分析中 P < 0.05 的潜在危险因素腰椎椎体 CT 均值、腰椎动态不稳及术中终板损伤纳入到 Logistic 回归开展多因素分析, 结果见(表 3)。我们得出低椎体 CT 均值、腰椎动态不稳及术中终板损伤是造成 OLIF 术后终板塌陷的独立危险因素(P 均 < 0.05)。腰椎动态不稳的患者终板塌陷的概率约为稳定者的 5 倍, 术中终板损伤后, 终板塌陷的发生率约为无终板损伤的 6 倍。

Table 3. Univariate analysis of patients in the collapsed and non-collapsed groups

表 3. 塌陷组与非塌陷组患者单因素分析

项目	OR	P 值	95%CI of OR
椎体 CT 均值	0.971	0.013	0.949~0.994
腰椎不稳	5.349	0.036	1.112~25.718
术中终板损伤	6.514	0.006	1.703~24.917

3.4. 预测模型的建立和评估

根据 Logistic 回归的结果, 建立预测模型并绘制列线图(图 3), 该模型的 AUC 为 81.8% (图 4), 显示有较强的预测效能。

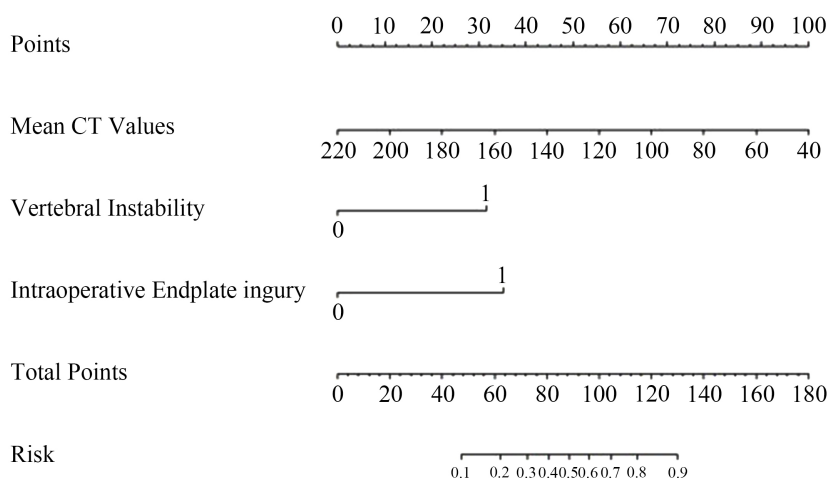


Figure 3. Nomogram for postoperative endplate collapse

图 3. 术后终板塌陷危险因素列线图

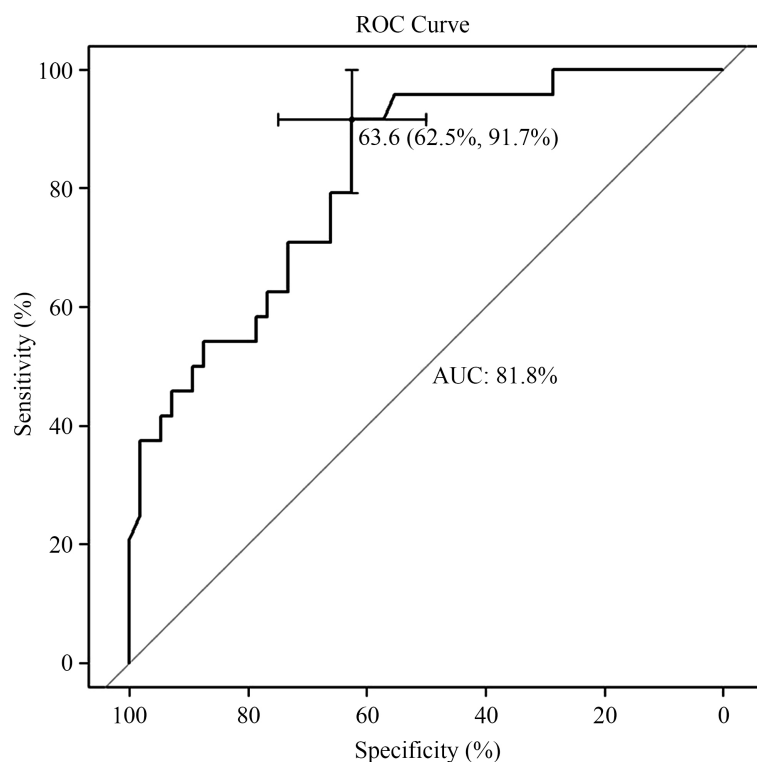


Figure 4. ROC curve for risk factors for postoperative endplate collapse
图 4. 术后终板塌陷危险因素 ROC 曲线

4. 讨论

斜外侧前方入路腰椎融合术(OLIF)是一种较新型的腰椎融合手术方式,其钝性分离腹壁肌肉,通过腹膜后与腰大肌之间的生理间隙到达椎体,手术切口小,对肌肉的损伤少,同时不破坏脊柱后方的肌肉、韧带复合体和骨性结构,有利于脊柱后柱的稳定。OLIF 的手术理念是通过较大的椎间融合器植入,充分撑开并恢复椎间隙丢失的高度,使后方皱褶的韧带展平,从而达到椎间孔和椎管的间接减压。而且此术式不干扰椎管,因而较少引起脊髓和神经损伤。

诸多的临床研究已经证实了该术式有着良好的椎体融合率,疗效确切,对于节段不稳、矢状位及冠状位畸形的患者均有良好的矫形效果,且手术时间短、术中失血少、术后康复快、神经相关并发症较少。

由于大型椎间融合器所带来的前中柱支撑力,OLIF 可根据病情的不同,结合不同的内固定方式。峡部裂滑脱、II°以上的退变性滑脱,及合并冠矢状位失衡的患者需要后路椎弓根螺钉的提拉或矫形。而 I°退变性滑脱及单纯腰椎椎管狭窄的患者可以视个体情况免除后路的椎弓根螺钉固定,从而只需要更短的手术时间,围术期舒适度更高[6]。但非后路固定的患者若筛选不当往往会因为内固定强度不足而出现术后终板塌陷,其本质上是在节段运动过程中,终板局部受力超过了板层骨屈服应力,从而导致的局部骨折,当患者并发有严重的腰痛或再次出现神经症状时则不得不进行翻修手术,根据 2020 年 *The Spine Journal* 发表的系统综述,19 篇文章,736 名患者,1103 个节段 Stand-Alone 的平均融合率为 85.6%,再手术率达到了 11.1% [7] [10]。

骨密度是预测终板塌陷的重要因素,较低的骨密度意味着更低的屈服应力,是目前公认的危险因素。骨密度测定的金标准是双能 X 线吸收法,但进行此项检查意味着患者需要承受额外的辐射暴露,还需付出更多的时间与经济成本。同时双能 X 线法无法精确测量松质骨的骨密度,而术后的终板塌陷常常发生

于骨骺环内测，以终板下骨小梁最为集中[11]。

CT 值是 CT 图像中各组织的与 X 线衰减系数相当的对应值，它反映的是阻挡 X 射线的能力，密度越高的部位，CT 值越高。所有患者术前均需进行腰椎 CT 检查，因此 CT 值测量无需额外的透视，且能够更加灵活精确的测量责任椎间隙骨性终板下的骨骼密度，也更易被患者所接受。一项大样本量的研究表明 CT 值与骨密度成明确的正相关性，可以用于预测骨质疏松[12]。Schreib 等人也通过机械动力实验进一步证明了 CT 值与骨的抗压强度有显著的相关性[13]。本研究中，塌陷组平均腰椎 CT 值为 (100.40 ± 30.78) Hu，与非塌陷组的 (125.08 ± 28.25) Hu 呈现出现著的差异性 $(P < 0.05)$ ，根据 Logistic 回归分析及列线图可见，CT 值每增加 1Hu，终板塌陷的概率便下降 2.9%，当患者的腰椎 CT 值在 145 Hu 以上时，若无其他危险因素，临床医师可放心大胆的选择 Stand-Alone 技术。但需要注意的是 CT 值的测量会受到 CT 机器型号及电压的影响，本研究内患者的 CT 均拍摄自(GE Revolution CT，电压 120 kV)，数值以供参考。

腰椎的动态稳定性是影响术后腰椎融合的另一大重要因素，我们将动力位 X 线上椎体矢状面 Cobb 角变化大于 11° 或前后位移超过 3 mm 定义为动态不稳。单纯置入椎间融合器的 Stand-Alone 技术并非是刚性固定，针对 OLIF 不同内固定方式的有限元分析表明，单纯椎间融合器置入相较于双侧椎弓根螺钉置入，前者的屈伸及侧屈活动度几乎是后者的 2 倍，在过屈或过伸状态下，前者终板所受应力几乎是后者的 4 倍。腰椎动态不稳的患者会在融合器的边缘产生更高的应力，从而更易产生终板塌陷[14]。本研究的结果显示，合并椎体动态不稳的患者发生终板塌陷的概率约为稳定者的 5.3 倍。所以术前动力位 X 线的检查是十分有必要的，对于椎体动态不稳的患者应合并后方椎弓根螺钉的固定，以降低术后终板塌陷发生的几率。

术中的终板损伤并不是一项术前指标，但我们同样将其作为一项决策指标纳入研究，术后终板损伤可以在术后 CT 复查时发现终板的不连续，也可以在术中被手术医师所察觉，术中终板损伤往往发生在刮除软骨终板及打入椎间融合器等暴力操作时。刮除软骨终板时异常的突破感、椎间隙内大量的出血往往提示骨性终板的损伤。术中的 C 臂透视也可以进一步辅助手术医师确定骨性终板的损伤。终板的连续性被破坏会大大降低其承受能力，相比无终板损伤的患者，术后终板塌陷的概率会提升 6.5 倍，所以当术中怀疑存在终板损伤时，应毫不犹豫的联合后路固定。

高龄女性往往是骨质疏松的高发人群，也是临床工作中医师所关注的重点对象。但在本研究中两组患者的性别、年龄及 BMI 并未表现出统计学差异，笔者认为性别年龄更多的通过代谢影响骨密度，从而影响术后终板塌陷的发生。而骨密度在本研究中已作为 CT 值被单独分析，所以其影响的权重大大减小。再者虽然术后患者都被要求一定时间的卧床及减少体力活动，但不同年龄段患者术后短期的活动量仍存在差异，年轻患者倾向于更早的参与到工作岗位的劳动中，同时也承担着更多的轻体力劳动。此种行为差异或许可以在后续进行更进一步的研究。

侧方钢板作为一种简单易行的内固定方式，在不变换体位，不显著增加手术创伤及时间的基础上提供额外的固定强度。一项针对对于不同内固定方式的有限元分析表明：侧方钢板内固定后，椎体左右侧屈活动度下降至原来的 66.13% 和 63.25%，屈伸活动度分别为原来的 79.73% 和 74.55%。而椎弓根螺钉固定，椎体左右侧屈活动度下降至原来的 54.24% 和 51.90%，屈伸活动度分别为原来的 50.38% 和 43.94%。可见侧方钢板可明显提高术后左右侧屈的稳定性，降低侧屈活动时终板及椎间融合器所受应力，但是对于腰椎的屈伸活动限制不足[9]。本研究中，S-A 患者与侧方钢板固定患者的基本特征无统计学差异，所以将侧方钢板作为一项独立干预因素进行分析。结果显示侧方钢板固定对于减少术后终板塌陷并未产生显著的保护作用。葛腾晖等人在研究也得出了相同的结论[15]，甚至有研究表明固定侧方钢板所拧入的螺钉会对终板下骨小梁产生破坏作用，从而产生负面影响[16]。所以当合并有部分终板塌陷的危险因素时，

侧方钢板的作用还有待进一步研究。

研究表明更高的椎间融合器会带来更高的终板塌陷几率[11], 本文对患者手术前后的椎间高度变化进行了分析, 但并未得出阳性发现。也许是因为在选择椎间融合器大小时都遵循了同样的策略, 事先测量椎间隙高度, 选取适当大小的椎间融合器。虽然椎间隙的处理程度、椎间融合器植入的位置、骺环处理的程度导致了椎间高度的差异, 也不排除有些患者术前椎间隙过于狭窄, 不得不选择远高于其椎间隙高度的椎间融合器, 但总体变化差异并不大, 这些差异也并未导致在终板塌陷这一结果上的统计学差异。

5. 结论

术中终板损伤、节段动态不稳以及责任椎体过低的 CT 值是应用 Stand-Alone 技术及侧方钢板内固定的禁忌症。侧方钢板的固定在目前的研究中尚不能为防止终板塌陷提供可靠的保障。手术医师在术前应对患者进行详细评估以选择恰当的内固定方式。

6. 不足

本研究为一项单中心的回顾性研究, 纳入了 64 名患者 80 个手术节段, 病例数量较少。另外手术均完成自同一团队, 椎间融合器大小、置入位置等手术选择趋于同质化, 也许会使我们忽略潜在的统计学差异。更精确的分析结果还有待于多中心大样本量的研究。

参考文献

- [1] Silvestre, C., Mac-Thiong, J.-M., Hilmi, R. and Roussouly, P. (2012) Complications and Morbidities of Mini-Open Anterior Retroperitoneal Lumbar Interbody Fusion: Oblique Lumbar Interbody Fusion in 179 Patients. *Asian Spine Journal*, **6**, 89-97. <https://doi.org/10.4184/asj.2012.6.2.89>
- [2] Fujibayashi, S., et al. (2015) Effect of Indirect Neural Decompression through Oblique Lateral Interbody Fusion for Degenerative Lumbar Disease. *Spine (Phila Pa 1976)*, **40**, E175-E182. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000000703>
- [3] Xu, D.S., et al. (2018) Minimally Invasive Anterior, Lateral, and Oblique Lumbar Interbody Fusion: A Literature Review. *Annals of Translational Medicine*, **6**, 104. <https://doi.org/10.21037/atm.2018.03.24>
- [4] Li, H.M., Zhang, R.J. and Shen, C.L. (2019) Radiographic and Clinical Outcomes of Oblique Lateral Interbody Fusion versus Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion for Degenerative Lumbar Disease. *World Neurosurgery*, **122**, e627-e638. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.10.115>
- [5] Zhang, Q.Y., Tan, J., Huang, K. and Xie, H.-Q. (2021) Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion versus Oblique Lateral Interbody Fusion for Lumbar Degenerative Disease: A Meta-Analysis. *BMC Musculoskeletal Disorders*, **22**, 802. <https://doi.org/10.1186/s12891-021-04687-7>
- [6] He, W., et al. (2020) Quantitative Analysis of Paraspinal Muscle Atrophy after Oblique Lateral Interbody Fusion Alone vs. Combined with Percutaneous Pedicle Screw Fixation in Patients with Spondylolisthesis. *BMC Musculoskeletal Disorders*, **21**, 30. <https://doi.org/10.1186/s12891-020-3051-9>
- [7] Manzur, M.K., et al. (2020) Fusion Rate for Stand-Alone Lateral Lumbar Interbody Fusion: A Systematic Review. *The Spine Journal*, **20**, 1816-1825. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2020.06.006>
- [8] Cai, K., et al. (2021) Effect of Pedicle-Screw Rod Fixation on Oblique Lumbar Interbody Fusion in Patients with Osteoporosis: A Retrospective Cohort Study. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, **16**, 429. <https://doi.org/10.1186/s13018-021-02570-8>
- [9] Song, C., et al. (2021) Biomechanical Evaluation of Oblique Lumbar Interbody Fusion with Various Fixation Options: A Finite Element Analysis. *Orthopaedic Surgery*, **13**, 517-529. <https://doi.org/10.1111/os.12877>
- [10] Tempel, Z.J., et al. (2018) Graft Subsidence as a Predictor of Revision Surgery Following Stand-Alone Lateral Lumbar Interbody Fusion. *Journal of Neurosurgery: Spine*, **28**, 50-56. <https://doi.org/10.3171/2017.5.SPINE16427>
- [11] Zhang, X., et al. (2021) Importance of the Epiphyseal Ring in OLIF Stand-Alone Surgery: A Biomechanical Study on Cadaveric Spines. *European Spine Journal*, **30**, 79-87. <https://doi.org/10.1007/s00586-020-06667-2>
- [12] Pickhardt, P.J., et al. (2013) Opportunistic Screening for Osteoporosis Using Abdominal Computed Tomography Scans Obtained for Other Indications. *Annals of Internal Medicine*, **158**, 588-595.

-
- <https://doi.org/10.7326/0003-4819-158-8-201304160-00003>
- [13] Schreiber, J.J., *et al.* (2011) Hounsfield Units for Assessing Bone Mineral Density and Strength: A Tool for Osteoporosis Management. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, **93**, 1057-1063.
<https://doi.org/10.2106/JBJS.J.00160>
- [14] Bereczki, F., Turbucz, M., Kiss, R., Eltes, P.E. and Lazary, A. (2021) Stability Evaluation of Different Oblique Lumbar Interbody Fusion Constructs in Normal and Osteoporotic Condition—A Finite Element Based Study. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, **9**, Article ID: 749914. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.749914>
- [15] Ge, T., Ao, J.T., Li, G.Q., Lang, Z. and Sun, Y.Q. (2021) Additional Lateral Plate Fixation Has No Effect to Prevent Cage Subsidence in Oblique Lumbar Interbody Fusion. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, **16**, 584.
<https://doi.org/10.1186/s13018-021-02725-7>
- [16] Tender, G.C. (2014) Caudal Vertebral Body Fractures Following Lateral Interbody Fusion in Nonosteoporotic Patients. *Ochsner Journal*, **14**, 123-130.