

# Comparison of TLIF versus MIS-TLIF in patients with lumbar disease with osteoporosis

Yiyang Gao Gehui Yu\* Xueqiang Tao Wei Li Kai Zhang

Baotou Medical College (Spinal Surgery Department, Baotou Fourth Hospital, Inner Mongolia), Baotou, Inner Mongolia, 014040, China

## Abstract

**Objective:** To compare the long-term efficacy of transforaminal lumbar interbody fusion with minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion in patients with lumbar disease combined with osteoporosis. **Methods:** A total of 85 patients who underwent single-level elective lumbar surgery from 2018 to 2022 were collected. They were divided into TLIF group and MIS-TLIF group. The basic information and clinical efficacy data of the patients were collected. The two groups of numerical variables were compared using the T-test of two independent samples. The Chi-square test was employed to compare disordered categorical variables, while the rank sum test was utilized for comparing ordered categorical variables. **Results:** The average hospitalization time and blood loss in the TLIF group were significantly higher than those in the MIS-TLIF group ( $P < 0.05$ ). The waist VAS of TLIF group was significantly higher than that of MIS-TLIF group 1, 3 and 6 months after surgery ( $P < 0.05$ ), the leg VAS of TLIF group was significantly higher than that of MIS-TLIF group 1 day after surgery ( $P < 0.05$ ), and the leg VAS of MIS-TLIF group was significantly higher than that of MIS-TLIF group 2 years after surgery ( $P < 0.05$ ). The ODI index of MIS-TLIF group was significantly higher 1 year and 2 years after surgery ( $P < 0.05$ ). **Conclusions:** MIS-TLIF has better short-term efficacy than TLIF in the treatment of lumbar spine disease with osteoporosis. However, at 1 to 2 years of follow-up, TLIF performed better.

## Keywords

Transforaminal lumbar interbody fusion; Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion; Osteoporosis; Minimally invasive

# TLIF术与MIS-TLIF术对腰椎疾病合并骨质疏松患者的疗效对比

高逸阳 于革会\* 陶学强 李伟 张凯

包头医学院(内蒙古包头市第四医院脊柱外科), 中国·内蒙古 包头 014040

## 摘要

**目的:** 对比经椎间孔腰椎椎体间融合术(transforaminal lumbar interbody fusion, TLIF)与微创经椎间孔腰椎椎体间融合术(minimal-invasive transforaminal lumbar interbody fusion, MIS-TLIF)对腰椎疾病合并骨质疏松症患者的疗效。**方法:** 收集2018—2022年初次进行单节段腰椎择期手术的患者85例, 依照手术方式分为TLIF组与MIS-TLIF组。收集患者基本资料、临床疗效数据。两组数值变量采用两个独立样本的t检验、无序分类变量采用卡方检验、有序分类变量采用秩和检验进行比较。**结果:** TLIF组的平均住院时间、失血量高于MIS-TLIF组( $P < 0.05$ )。TLIF组术后1、3、6个月腰部VAS高于MIS-TLIF组( $P < 0.05$ ), TLIF组术后1天腿部VAS高于MIS-TLIF组( $P < 0.05$ ), MIS-TLIF组术后2年腿部VAS高于TLIF组( $P < 0.05$ )。两组患者术后1年、术后2年的ODI指数MIS-TLIF组更高( $P < 0.05$ )。**结论:** MIS-TLIF手术相较于TLIF手术对腰椎疾病伴骨质疏松患者的短期疗效更好。但患者1~2年的随访中, TLIF手术组的疗效表现更好。

## 关键词

经椎间孔腰椎椎体间融合术; 微创经椎间孔腰椎椎体间融合术; 骨质疏松; 微创

## 1 引言

传统腰椎开放式椎间融合术是治疗腰椎间盘突出、腰

椎管狭窄、腰椎滑脱、腰椎退行性改变所导致腰背疼痛, 腿疼腿麻及间歇性跛行等神经症状的常用手术<sup>[1,2]</sup>。Harms和Rolinger在1982年报道了经由椎间孔填充骨移植物或椎间融合器的开放式腰椎手术方式—TLIF术<sup>[3]</sup>, 该手术包括了对病变腰椎节段的减压、椎弓根螺钉内固定以及椎间植骨融合三个步骤。TLIF手术是目前脊柱外科医生最常用的手术方式之一。随着患者对手术切口更小、尽快出院等要求的提出, MIS-TLIF术越来越流行。相较于传统TLIF术,

**【作者简介】**高逸阳(1997-), 男, 中国内蒙古包头人, 硕士, 住院医师, 从事脊柱外科研究。

**【通讯作者】**于革会(1967-), 男, 满族, 中国内蒙古包头人, 硕士, 主任医师, 从事脊柱外科、脊柱微创研究。

MIS-TLIF 术有手术切口小、术中出血量少、术后切口疼痛小、住院时间较短等优点，但是存在对神经减压不充分、术者辐射暴露时间长等缺点<sup>[4-8]</sup>。目前也有相关文献报道两种手术疗效的对比研究<sup>[9]</sup>，但很少有研究对比骨质疏松患者两种腰椎术后的疗效。由于骨质疏松患者发生术后融合器沉降、植骨融合率低、椎弓根螺钉松动等问题的概率更高<sup>[10,11]</sup>，该文章旨在对患有骨质疏松症的腰椎疾病患者进行两种腰椎手术的疗效比较，为临床手术方案的选择提供指导。

## 2 资料与方法

### 2.1 研究资料

研究资料由内蒙古包头市第四医院脊柱外科 2018 年~2022 年行 TLIF 术或 MIS-TLIF 术的患者中选取，研究资料的筛选由两名不参与该课题的骨科医生从数据库中调取，所有手术均由同一名经验丰富的脊柱外科医生完成。通过手术方式不同，将选择出的患者划分为 TLIF 组与 MIS-LIF 组。

#### 2.1.1 纳入标准

①经临床诊断为有神经症状的腰椎间盘突出、腰椎椎管狭窄、腰椎滑脱、腰椎退行性改变，且保守治疗无效的患者；②骨密度检查骨密度 T 值降低  $\geq 2.5$  个标准差<sup>[12]</sup>；③初

次择期手术患者；④随访时间至少 2 年。

#### 2.1.2 排除标准

①脊柱恶性肿瘤、脊柱创伤感染患者；②脊柱畸形患者；③双节段或多节段腰椎手术患者；④行后外侧融合非椎间融合术的患者；⑤双侧椎间孔狭窄或伴有双侧神经根症状的腰椎间盘突出患者。

#### 2.1.3 实验数据预处理

于数据库中筛选行 TLIF 术与 MIS-TLIF 术的患者共 138 人，按照本研究的纳入与排除标准排除 53 人，符合研究标准 85 人，其中 TLIF 组 39 人，MIS-TLIF 组 46 人，患者及家属术前签署手术知情同意书，本研究经包头市第四医院伦理委员会批准。

收集患者基础资料（性别、年龄、身高、体重、身体质量指数 BMI），围手术期资料（骨密度 BMD、术前腰部 VAS、术前腿部 VAS、术前患者 ODI<sup>[13,14]</sup>、术中出血量、术后 1 天腰部 VAS、术后 1 天腿部 VAS、住院时间），临床疗效数据（患者腰部及腿部术后 1、3、6、12、24 个月的 VAS、术后 1 年、术后 2 年的 ODI，以及术后 1 年、术后 2 年 CT 评估的螺钉位置<sup>[15]</sup>、椎间融合器沉降率<sup>[16]</sup>及椎间植骨融合成功率<sup>[17]</sup>）。具体数据见（表 1~3）。

表 1 TLIF 组与 MIS-TLIF 组基础资料比较

组别	例数	年龄（岁）	性别		身高（cm）	体重（kg）	BMI (kg/m <sup>2</sup> )
			男	女			
TLIF	39	59.4 ± 13.1	16	23	169.9 ± 7.9	69.2 ± 13.2	23.8 ± 2.9
MIS-TLIF	46	56.0 ± 16.0	26	20	170.8 ± 8.0	73.2 ± 10.4	25.0 ± 2.2
t 值		- 1.081			0.521	1.577	2.068
P 值		0.283			0.604	0.119	0.042*

注：\*P < 0.05 表示具有统计学差异

### 2.2 研究方法

根据接受 TLIF 或 MIS-TLIF 术，将患者分为两组。两种手术均在 C 型臂透视定位辅助下进行。所有患者均进行全身麻醉。TLIF 手术采用人体中线手术切口，从后正中线分离椎旁肌肉，并从两侧植入椎弓根螺钉，通过双侧的椎板切除和关节突关节切除来进行减压，解除相应节段狭窄后，选取合适的椎间融合器完成椎间植骨融合，最后选择合适长度的固定棒完成后路腰椎固定（图 1）。MIS-TLIF 手术采用旁正中切口，切除单侧关节突关节，视病情需要切除对侧下关节突关节，在进行减压并消除狭窄原因后，植入椎间融合器，最后完成经皮后路腰椎钉棒内固定（图 2）。两种手术均选取聚醚醚酮材料的椎间融合器，填充自体骨及同种异体骨完成植骨融合。

收集患者基础资料和围手术期资料，通过门诊随访的

方式收集患者临床疗效相关资料。患者基础资料包括性别（男/女）、年龄（岁）、身高（cm）、体重（kg）、身体质量指数 BMI（kg/m<sup>2</sup>）。围手术期资料包括骨密度 BMD、术前腰/腿疼痛视觉模拟评分 VAS、术前奥斯韦斯特里功能障碍指数 ODI、手术失血量（ml）、住院时间（天）、术后 1 天腰/腿疼痛视觉模拟评分 VAS。临床疗效数据包括患者术后 1、3、6、12、24 个月的腰/腿疼痛视觉模拟评分 VAS、术后 1 年、2 年的奥斯韦斯特里功能障碍指数 ODI，以及术后 1 年、术后 2 年 CT 评估的螺钉位置、椎间融合器沉降率及椎间植骨融合成功率。两组手术患者数据均符合正态分布，对应数据分别采取独立样本的 t 检验、卡方检验与秩和检验。统计学分析采用 IBM SPSS Statistics 软件，版本号 29.0.2.0（20）。

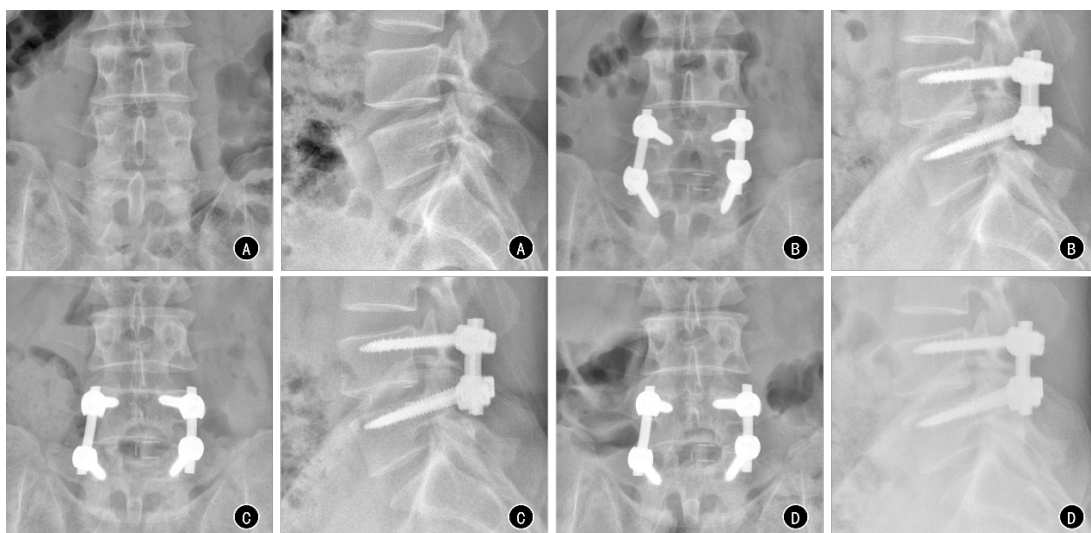


图 1 TLIF 手术组患者腰椎正侧位 X 线片 女, 48 岁, L<sub>4,5</sub> 椎管狭窄症伴骨质疏松。

A 患者术前腰椎正侧位 B 术后腰椎正侧位, 可见螺钉固定棒及融合器位置正常 C 术后 3 个月, 见融合器周围骨痂形成 D 术后 2 年, 融合器周围骨痂向椎体前缘延伸

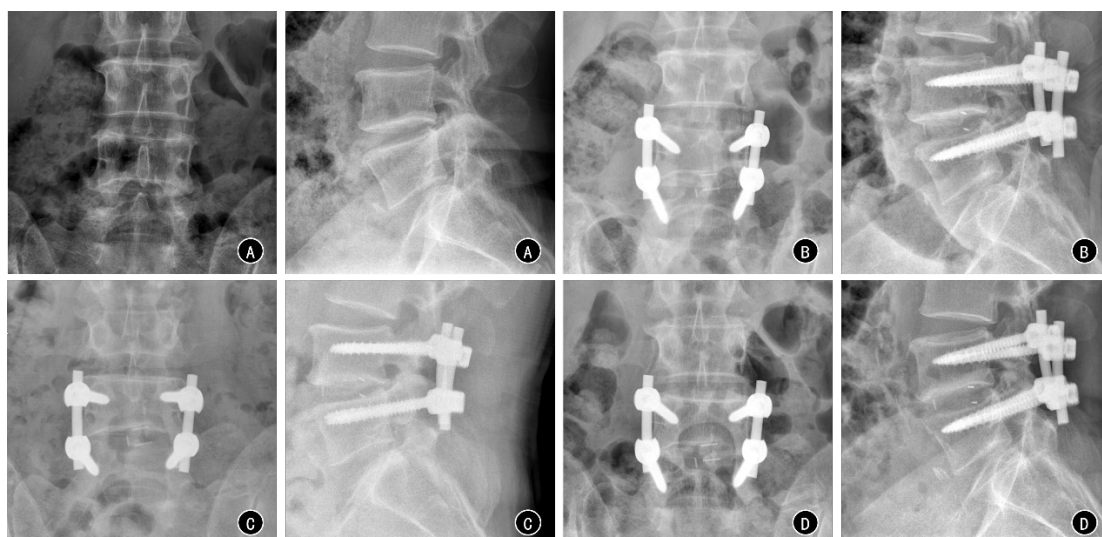


图 2 MIS-TLIF 手术组患者腰椎正侧位 X 线片 男, 62 岁, L<sub>4,5</sub> 椎间盘突出伴骨质疏松。

A 患者术前腰椎正侧位 B 术后腰椎正侧位, 可见螺钉固定棒及融合器位置正常 C 术后 3 个月, 见融合器周围骨痂包绕 D 术后 2 年, 椎间成骨改变, 上下椎体融合

### 3 研究结果

最终本研究共纳入 85 名患者, TLIF 组 39 人, MIS-TLIF 组 46 人。TLIF 手术组的平均年龄为 59.4 岁, 男患 16 人, 女患 23 人, 平均 BMI 23.8 kg/m<sup>2</sup>。MIS-TLIF 手术组平均年龄 56 岁, 男患 26 人, 女患 20 人, 平均 BMI 25.0 kg/m<sup>2</sup>。两组的平均 BMI 存在统计学差异 ( $P=0.042$ ) (表 1)。

TLIF 手术组的平均 BMD 值 -3.3, 平均住院时间 12.7 天, 平均手术失血量 538.3ml, 术前腰部 VAS 平均 7.1 分, 术前腿部 VAS 平均 7.0 分, 术后 1 天腰部 VAS 平均 6.0 分, 术后 1 天腿部 VAS 平均 5.1 分, 术前 ODI 指数平均 50.7。MIS-TLIF 手术组的平均 BMD 值 -3.4, 平均住院时间 8.1 天,

平均手术失血量 106.1ml, 术前腰部 VAS 平均 7.0 分, 术前腿部 VAS 平均 6.8 分, 术后 1 天腰部 VAS 平均 5.7 分, 术后 1 天腿部 VAS 平均 4.4 分, 术前 ODI 指数平均 53.5 (表 2)。比较两组患者的围手术期资料, 其中住院时间有统计学差异 ( $P < 0.001$ ), 手术失血量有统计学差异 ( $P < 0.001$ ), 术后 1 天腿部 VAS 评分有统计学差异 ( $P = 0.012$ )。

TLIF 手术组术后 1 个月腰部 VAS 平均 4.8 分, 术后 3 个月腰部 VAS 平均 3.7 分, 术后 6 个月腰部 VAS 平均 2.8 分, 术后 12 个月腰部 VAS 平均 2.3 分, 术后 24 个月腰部 VAS 平均 1.8 分 (表 3a), 术后 1 个月腿部 VAS 平均 3.8 分, 术后 3 个月腿部 VAS 平均 3.2 分, 术后 6 个月腿部 VAS 平均 2.7 分, 术后 12 个月腿部 VAS 平均 2.5 分, 术后 24 个月腿部

VAS 平均 2.2 分 (表 3b), 术后 1 年 ODI 指数平均 22.4, 术后 2 年 ODI 指数平均 19.4 (表 3c), 术后 1 年螺钉松动率 7.7%, 术后 2 年螺钉松动率 12.8%, 术后 1 年 cage 沉降率 12.8%, 术后 2 年 cage 沉降率 17.9% (表 3d), 术后 1 年植骨融合情况秩平均值 43.54, 术后 2 年植骨融合情况秩平均值 42.63 (表 3e)。

MIS-TLIF 手术组术后 1 个月腰部 VAS 平均 3.1 分, 术后 3 个月腰部 VAS 平均 2.4 分, 术后 6 个月腰部 VAS 平均 2.3 分, 术后 12 个月腰部 VAS 平均 2.2 分, 术后 24 个月腰部 VAS 平均 2.1 分 (表 3a), 术后 1 个月腿部 VAS 平均 3.5 分, 术后 3 个月腿部 VAS 平均 2.9 分, 术后 6 个月腿部 VAS 平均 2.7 分, 术后 12 个月腿部 VAS 平均 2.7 分, 术后 24 个月腿部 VAS 平均 2.7 分 (表 3b), 术后 1 年 ODI

指数平均 28.8, 术后 2 年 ODI 指数平均 26.6 (表 3c), 术后 1 年螺钉松动率 8.7%, 术后 2 年螺钉松动率 15.2%, 术后 1 年 cage 沉降率 17.4%, 术后 2 年 cage 沉降率 21.7% (表 3d), 术后 1 年植骨融合情况秩平均值 42.54, 术后 2 年植骨融合情况秩平均值 43.32 (表 3e)。

比较两组患者 2 年随访数据, 发现术后 1、3、6 个月腰部 VAS 评分具有统计学差异, 均 ( $P < 0.001$ ), 术后 24 个月腿部 VAS 有统计学差异 ( $P = 0.01$ ), 术后 1 年 ODI 有统计学差异 ( $P = 0.001$ ), 术后 2 年 ODI 有统计学差异 ( $P < 0.001$ )。(表 3)

除以上提到数据外, 两组患者其他基本资料、围手术期资料以及术后 2 年随访的临床疗效数据均无统计学差异。

表 2 TLIF 组与 MIS-TLIF 组围手术期指标比较

组别	骨密度 BMD	术前腰部 VAS	术前腿部 VAS	术前 ODI	术中出血量 (ml)	术后 1 天腰部 VAS	术后 1 天腿部 VAS	住院时间(天)
TLIF	-3.3±0.5	7.1±0.8	7.0±1.1	50.7±14.6	538.3±445.3	6.0±1.0	5.1±1.1	12.7±4.5
MIS-TLIF	-3.4±0.5	7.0±1.0	6.8±1.2	53.5±14.6	106.1±46.7	5.7±1.0	4.4±1.4	8.1±3.4
<i>t</i> 值	-1.248	-0.412	-0.619	0.891	-6.033	-1.409	-2.578	-5.339
<i>P</i> 值	0.215	0.682	0.538	0.376	<0.001*	0.163	0.012*	<0.001*

注: BMD 为骨密度; VAS 为疼痛视觉模拟评分; ODI 为奥斯韦斯特里功能障碍指数

表 3a TLIF 组与 MIS-TLIF 组临床疗效数据比较

组别	术后 1 个月腰部 VAS	术后 3 个月腰部 VAS	术后 6 个月腰部 VAS	术后 12 个月腰部 VAS	术后 24 个月腰部 VAS
TLIF	4.8±1.0	3.7±0.9	2.8±0.6	2.3±0.5	1.8±0.6
MIS-TLIF	3.1±0.8	2.4±0.6	2.3±0.5	2.2±0.7	2.1±0.9
<i>t</i> 值	-9.105	-7.624	-4.086	-0.485	1.513
<i>P</i> 值	<0.001*	<0.001*	<0.001*	0.629	0.134

表 3b TLIF 组与 MIS-TLIF 组临床疗效数据比较

组别	术后 1 个月腿部 VAS	术后 3 个月腿部 VAS	术后 6 个月腿部 VAS	术后 12 个月腿部 VAS	术后 24 个月腿部 VAS
TLIF	3.8±1.0	3.2±0.8	2.7±0.7	2.5±0.6	2.2±0.6
MIS-TLIF	3.5±1.1	2.9±0.8	2.7±0.8	2.7±1.1	2.7±1.2
<i>t</i> 值	-1.294	-1.768	0.153	1.107	2.655
<i>P</i> 值	0.199	0.081	0.879	0.272	0.010*

表 3c TLIF 组与 MIS-TLIF 组临床疗效数据比较

组别	术后 1 年 ODI	术后 2 年 ODI
TLIF	22.4±7.3	19.4±5.7
MIS-TLIF	28.8±9.6	26.6±8.3
<i>t</i> 值	3.387	4.580
<i>P</i> 值	0.001*	<0.001*

表 3d TLIF 组与 MIS-TLIF 组临床疗效数据比较

组别	术后 1 年螺钉松动率	术后 2 年螺钉松动率	术后 1 年 cage 沉降率	术后 2 年 cage 沉降率
TLIF	7.7%	12.8%	12.8%	17.9%
MIS-TLIF	8.7%	15.2%	17.4%	21.7%
<i>T</i> 值	3.21	5.51	5.96	7.80
<i>P</i> 值	1.000	0.752	0.560	0.663

表 3e TLIF 组与 MIS-TLIF 组临床疗效数据比较

组别	术后 1 年植骨融合情况	术后 2 年植骨融合情况
TLIF 秩平均值	43.54	42.63
MIS-TLIF 秩平均值	42.54	43.32
Z 值	-0.209	-0.189
P 值	0.834	0.850

## 4 讨论

传统腰椎开放式椎间融合术 (TLIF) 是治疗腰椎间盘突出、腰椎椎管狭窄、腰椎滑脱、腰椎退行性改变所致腰痛、腿疼腿麻及间歇性跛行等神经症状的常用手术。但 TLIF 手术的手术切口较大, 患者术中失血量高, 术后恢复时间长。随着临床微创技术的发展, MIS-TLIF 术被更多骨科医生应用。MIS-TLIF 术相较于 TLIF 术切口更小、术中出血量少, 术后切口疼痛小、住院时间更短。但由于微创入路的特性, 手术医生的操作范围相对局限, 有术中神经根减压不充分的可能, 同时因为术前微创通道的建立及术中椎弓根螺钉的置入相较于 TLIF 术需要更多的 C 型臂透视, 由此导致 MIS-TLIF 术的术者辐射暴露时间长。目前也有相关文献报道两种手术疗效的对比研究, 但很少有研究对比骨质疏松患者两种腰椎手术术后的疗效。由于骨质疏松患者骨密度减低, 常常引起腰椎疾病, 有研究报道了骨质疏松会引起相关疼痛, 并且骨质疏松患者腰椎术后有可能发生椎间植骨融合率降低、融合器沉降以及椎弓根螺钉松动等问题, 也有研究报道骨质疏松可能会增加术后相邻椎体的骨折风险<sup>[18]</sup>。

根据对患者基本信息、围手术期信息以及术后 2 年随访的临床疗效数据采集, 通过手术方式将患者分为 TLIF 组与 MIS-TLIF 组, 两组数值变量采用独立样本 t 检验, 无序分类变量采用卡方检验, 有序分类变量采用秩和检验, 应用 IBM SPSS Statistics 软件进行统计学分析, 对比结果发现 MIS-TLIF 组患者术后 1 天腿部疼痛较 TLIF 组有明显缓解, 术后 1、3、6 个月的腰部疼痛也明显低于 TLIF 手术组, 该结果考虑由于微创手术在术中对神经根牵拉和扰动较小, 所以术后腿部疼痛缓解更多, 并且由于手术切口小、术中对腰部肌肉软组织损伤小、对关节突结构及椎板破坏更少<sup>[19]</sup>, 导致术后短时间产生更少的腰部疼痛症状<sup>[20]</sup>, 并且降低了术后由于软组织损伤造成顽固性腰痛的可能性。但 MIS-TLIF 组术后 24 个月时腿部疼痛高于 TLIF 手术组, 考虑微创手术对神经根的减压不充分所导致, 在对患者随访过程中也发现, MIS-TLIF 手术组有多个病人术后 24 个月时腿部疼痛较术后 12 个月加重, 虽然这组数据在 VAS 评分上增加不多, 也不具有统计学意义, 但出现频率明显比 TLIF 手术组高。同时相较于 MIS-TLIF 组, TLIF 手术组术后 1 年、术后 2 年的 ODI 评分更低, 这也与一些研究报道结果相似<sup>[21]</sup>, 我们认为由于术中减压更加充分, 导致 1~2 年内随访时患者的 ODI 指数表现更好。但也有研究表示两种手术远期疗效没有差异<sup>[22]</sup>, 我们猜测是由于随访时间长度不同或骨质疏

松患者较非骨质疏松患者的身体差异导致的研究结果不同。另外两组手术患者术后 1、2 年的螺钉松动率、cage 沉降率、植骨融合情况均没有统计学差异, 我们认为不同的手术方式并没有改变腰椎和固定系统的力学情况, 虽然骨质疏松患者发生以上问题的概率较高, 但本研究两组患者均为骨质疏松患者, 如果采用相同手术方式对比骨质疏松患者与正常骨质患者可能会得到有统计学差异的结果。

本研究虽然纳入 85 名患者, 但受限于医院系统对于手术患者数据的记录, 无法纳入更多手术病例, 同时因为 2 年的随访期限, 很多病例失访没有纳入研究内, 这都导致该研究样本量受限造成统计学上误差无法进一步降低。同时本研究仅针对腰椎手术患者, 并没有严格限制固定的手术椎体节段<sup>[23-25]</sup>, 这可能造成由于不同手术节段对患者疗效产生影响, 由此影响到研究结果。针对以上问题, 计划下一步研究手术病例的收集进一步扩大到 2024 年, 同时增加随访力度以此扩大研究的样本量。同时在患者纳入与排除标准上限制相同固定的腰椎手术节段, 来排除不同手术阶段对本研究带来的影响。

根据现有病例的研究我们发现微创 MIS-TLIF 术的手术出血少, 住院时间更短, 术后 1 天腿部疼痛缓解更多, 相较于开放 TLIF 手术术后 1、3、6 个月的腰部疼痛更小, 但术后 24 个月的腿部疼痛更多。而相较于 MIS-TLIF 术, TLIF 手术术后 1、2 年的 ODI 评分更低, 对于骨质疏松患者 1~2 年中有更好的疗效表现。

## 5 结论

MIS-TLIF 术的手术出血少, 住院时间更短, 术后 1 天腿部疼痛缓解更多, 术后 1、3、6 个月的腰部疼痛更小, 对腰椎疾病伴骨质疏松患者的短期疗效更好, 但术后 24 个月的腿部疼痛更多。TLIF 术后 1 年、术后 2 年的 ODI 评分更低, 在 1~2 年的随访中有更好的疗效表现。

## 6 利益冲突

无相关利益冲突。

## 参考文献

1. MOBBS R J, PHAN K, MALHAM G, et al. Lumbar interbody fusion: techniques, indications and comparison of interbody fusion options including PLIF, TLIF, MI-TLIF, OLIF/ATP, LLIF and ALIF. *J Spine Surg*, 2015, 1(1): 2-18.
2. RATHBONE J, RACKHAM M, NIELSEN D, et al. A systematic

- review of anterior lumbar interbody fusion (ALIF) versus posterior lumbar interbody fusion (PLIF), transforaminal lumbar interbody fusion (TLIF), posterolateral lumbar fusion (PLF) *J. Eur Spine J*, 2023, 32(6): 1911-26.
3. HARMS J, ROLINGER H. [A one-stager procedure in operative treatment of spondylolistheses: dorsal traction-reposition and anterior fusion (author's transl)] *J. Z Orthop Ihre Grenzgeb*, 1982, 120(3): 343-7.
  4. WONG A P, SMITH Z A, STADLER J A, 3RD, et al. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion (MI-TLIF): surgical technique, long-term 4-year prospective outcomes, and complications compared with an open TLIF cohort *J. Neurosurg Clin N Am*, 2014, 25(2): 279-304.
  5. HEEMSKERK J L, OLUWADARA AKINDURO O, CLIFTON W, et al. Long-term clinical outcome of minimally invasive versus open single-level transforaminal lumbar interbody fusion for degenerative lumbar diseases: a meta-analysis *J. Spine J*, 2021, 21(12): 2049-65.
  6. LENER S, WIPPLINGER C, HERNANDEZ R N, et al. Defining the MIS-TLIF: A Systematic Review of Techniques and Technologies Used by Surgeons Worldwide *J. Global Spine J*, 2020, 10(2 Suppl): 151s-67s.
  7. DORIA-MEDINA R, HUBBE U, SCHOLZ C, et al. Free-Hand MIS TLIF without 3D Navigation-How to Achieve Low Radiation Exposure for Both Surgeon and Patient *J. J Clin Med*, 2023, 12(15).
  8. HU W, YANG G, WANG H, et al. Which Is Better in Clinical and Radiological Outcomes for Lumbar Degenerative Disease of Two Segments: MIS-TLIF or OPEN-TLIF? *J. J Pers Med*, 2022, 12(12).
  9. WU A M, HU Z C, LI X B, et al. Comparison of minimally invasive and open transforaminal lumbar interbody fusion in the treatment of single segmental lumbar spondylolisthesis: minimum two-year follow up *J. Ann Transl Med*, 2018, 6(6): 105.
  10. DEWALD C J, STANLEY T. Instrumentation-related complications of multilevel fusions for adult spinal deformity patients over age 65: surgical considerations and treatment options in patients with poor bone quality *J. Spine (Phila Pa 1976)*, 2006, 31(19 Suppl): S144-51.
  11. SCHREIBER J J, HUGHES A P, TAHER F, et al. An association can be found between hounsfield units and success of lumbar spine fusion *J. Hss j*, 2014, 10(1): 25-9.
  12. LANE N E. Epidemiology, etiology, and diagnosis of osteoporosis *J. Am J Obstet Gynecol*, 2006, 194(2 Suppl): S3-11.
  13. HAEFELI M, ELFERING A. Pain assessment *J. Eur Spine J*, 2006, 15 Suppl 1(Suppl 1): S17-24.
  14. HÄGG O, FRITZELL P, NORDWALL A. The clinical importance of changes in outcome scores after treatment for chronic low back pain *J. Eur Spine J*, 2003, 12(1): 12-20.
  15. GALBUSERA F, VOLKHEIMER D, REITMAIER S, et al. Pedicle screw loosening: a clinically relevant complication? *J. Eur Spine J*, 2015, 24(5): 1005-16.
  16. SU Y H, WU P K, WU M H, et al. Comparison of the Radiographic and Clinical Outcomes Between Expandable Cage and Static Cage for Transforaminal Lumbar Interbody Fusion: A Systematic Review and Meta-Analysis *J. World Neurosurg*, 2023, 179: 133-42.
  17. TAN G H, GOSS B G, THORPE P J, et al. CT-based classification of long spinal allograft fusion *J. Eur Spine J*, 2007, 16(11): 1875-81.
  18. SAVILLE P A, ANARI J B, SMITH H E, et al. Vertebral body fracture after TLIF: a new complication *J. Eur Spine J*, 2016, 25 Suppl 1: 230-8.
  19. BYVALTSEV V A, KALININ A A, GIERS M B, et al. Comparison of MRI Visualization Following Minimally Invasive and Open TLIF: A Retrospective Single-Center Study *J. Diagnostics (Basel)*, 2021, 11(5).
  20. GE D H, STEKAS N D, VARLOTTA C G, et al. Comparative Analysis of Two Transforaminal Lumbar Interbody Fusion Techniques: Open TLIF Versus Wiltse MIS TLIF *J. Spine (Phila Pa 1976)*, 2019, 44(9): E555-e60.
  21. MURA P P, COSTAGLIOLI M, PIREDDA M, et al. TLIF for symptomatic disc degeneration: a retrospective study of 100 patients *J. Eur Spine J*, 2011, 20 Suppl 1(Suppl 1): S57-60.
  22. DIBBLE C F, ZHANG J K, GREENBERG J K, et al. Comparison of local and regional radiographic outcomes in minimally invasive and open TLIF: a propensity score-matched cohort *J. J Neurosurg Spine*, 2022: 1-11.
  23. JACOB K C, PATEL M R, RIBOT M A, et al. Single-level TLIF Versus LLIF at L4-5: A Comparison of Patient-reported Outcomes and Recovery Ratios *J. J Am Acad Orthop Surg*, 2022, 30(4): e495-e505.
  24. LIGHTSEY H M T, PISANO A J, STRIANO B M, et al. ALIF Versus TLIF for L5-S1 Isthmic Spondylolisthesis: ALIF Demonstrates Superior Segmental and Regional Radiographic Outcomes and Clinical Improvements Across More Patient-reported Outcome Measures Domains *J. Spine (Phila Pa 1976)*, 2022, 47(11): 808-16.
  25. LI G Q, TONG T, WANG L F. Comparative analysis of the effects of OLIF and TLIF on adjacent segments after treatment of L4 degenerative lumbar spondylolisthesis *J. J Orthop Surg Res*, 2022, 17(1): 203.