

## MIS TLIF 与 Open TLIF 治疗单节段腰椎滑脱疾病疗效的 Meta 分析

周敏,张群虎,刘欢,陈赢,张宁,殷国勇,任永信\*

(南京医科大学第一附属医院骨科,江苏 南京 210029)

**[摘要]** 目的:对微创经椎间孔椎体间融合(MIS TLIF)与开放经椎间孔椎体间融合(Open TLIF)技术治疗单节段腰椎滑脱疾病进行 Meta 分析,以判断 2 种手术方法的术后效果及临床价值。方法:通过对 PubMed、Embase、Cochrane library、中国期刊全文数据库、中国生物医学数据库、中文科技期刊全文数据库等进行系统检索;检索发表于 2014 年 3 月以前,以单节段腰椎滑脱疾病为研究对象,采用 RevMan5.2 对微创与开放经椎间孔椎体间融合手术临床疗效的研究并进行系统分析。分析指标包括:手术持续时间、术中出血量、术中及术后早期并发症、末次随访时融合率。结果:通过初次筛选、二次筛选及再次筛选,本系统分析共纳入 8 项研究,其中随机对照研究 2 项,队列研究 6 项。所纳入的研究患者共 866 例,其中微创手术组 417 例,开放手术组 449 例。与开放经椎间孔椎体间融合手术相比,微创手术持续时间、术中及术后早期并发症、末次随访时融合率以及术前的 VAS、ODI 评分的差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),但是术中出血量、住院天数及末次随访时视觉模拟评分(VAS)、Oswestry 功能障碍指数(ODI)评分的差异具有统计学意义( $P < 0.05$ )。结论:与 Open TLIF 相比,MIS TLIF 并不会增加手术时间、术中及术后的早期并发症,也不会影响远期的融合率;此外,MIS TLIF 在减少患者术中出血量和住院时间的同时可早期缓解术后疼痛与功能恢复,表明 MIS TLIF 是治疗单节段腰椎滑脱疾病比较理想的手术方式。

**[关键词]** 微创技术;经椎间孔椎体间融合;腰椎滑脱;Meta 分析

**[中图分类号]** R681.5

**[文献标志码]** A

**[文章编号]** 1007-4368(2015)01-131-08

**doi:**10.7655/NYDXBNS20150133

## Outcomes in minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion versus open transforaminal lumbar interbody fusion for one-level lumbar spondylolisthesis diseases: a meta-analysis

Zhou Min, Zhang Qunhu, Liu Huan, Chen Ying, Zhang Ning, Yin Guoyong, Ren Yongxin\*

(Department of Orthopedic, the First Affiliated Hospital of NJMU, Nanjing 210029, China)

**[Abstract]** **Objective:** To evaluate postoperative effect and clinical efficacy on minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion (MIS TLIF) and open transforaminal lumbar interbody fusion (Open TLIF) in treatment of one-level lumbar spondylolisthesis diseases. **Methods:** The papers on one-level lumbar spondylolisthesis diseases published before March 2014 in database of PubMed, Embase, Cochrane library, CNKI, CBM, VIP were systematically retrieved. For controlled trials, prospective cohort study and retrospective cohort study on the comparison between minimally invasive and traditional open transforaminal lumbar interbody fusion in treatment of one-level lumbar spondylolisthesis diseases. Revman 5.2 was used for researching and systematically analyzing the clinical indexes of MIS TLIF and Open TLIF, which include operation time, intraoperative blood loss, intraoperative and postoperative complications and the last follow-up fusion rate. **Results:** Through the initial screening, secondary screening and further screening, 8 studies (with 2 randomized controlled studies and 6 cohort studies) involving 866 cases were included for the analysis, with 417 subjects in the MIS TLIF group and 449 in the Open TLIF group. The operation time, intraoperative and postoperative complications, the last follow-up fusion rate, preoperative VAS and ODI scores in the MIS TLIF group showed no statistical difference compared with the Open TLIF ( $P > 0.05$ ); however, intraoperative blood loss, hospital stay, last follow-up ODI and VAS scores showed statistical difference ( $P < 0.05$ ); **Conclusion:** Compare with Open TLIF, MIS TLIF did not increase the operative time, intraoperative and postoperative complications, and the long-term rate of fusion. In addition, MIS TLIF can reduce the duration of

**[基金项目]** 江苏省兴卫工程医学重点人才项目(RC201154)

\*通信作者(Corresponding author), E-mail: renyongxin@aliyun.com

hospitalization and intraoperative blood loss, and meanwhile, early relieve postoperative pain and help functional recovery. These information indicates that MIS TLIF is an ideal treatment for one-level lumbar spondylolisthesis disease.

[Key words] minimally invasive technology; transforaminal lumbar interbody fusion; lumbar spondylolisthesis; Meta-analysis

[Acta Univ Med Nanjing, 2015, 35(01): 131-138]

腰椎滑脱症是脊柱外科常见疾病之一,具有病史长、发病机制复杂等特点,常以腰腿痛为主要临床表现;在治疗上,椎体间融合术是手术治疗腰椎滑脱的金标准<sup>[1]</sup>。自1982年 Harms 等<sup>[2]</sup>首次报道开放经椎间孔腰椎椎体间融合术(open transforaminal lumbar interbody fusion, Open TLIF)以来,该技术逐渐被广泛应用于治疗腰椎滑脱症,并取得了良好的临床疗效<sup>[3-4]</sup>。然而,Open TLIF 需对手术区域的肌肉广泛剥离,这增加了术中的出血量及术后的住院时间,并使患者术后恢复慢<sup>[5-8]</sup>。2002年, Foley 等<sup>[9]</sup>首次描述了微创经椎间孔椎间融合术(minimally invasive surgery transforaminal lumbar interbody fusion, MIS TLIF), 该技术主要是采用通道技术通过肌间隙途径经椎间孔进行椎体间融合,可以避免开放手术所带来的切口大、邻近组织损伤广以及术后住院时间长等问题,具有出血少、住院时间短、术后感染少等优点<sup>[10-12]</sup>。远期疗效的随访研究显示,微创技术具有与开放手术相似或者更好的临床疗效<sup>[12-15]</sup>。

目前,比较 MIS TLIF 和 Open TLIF 手术治疗单节段腰椎滑脱临床疗效的研究往往是小样本量或者回顾性分析,且不同研究所得出的结论尚不统一。Meta 分析作为评价诊疗效果的金标准,可通过综合分析相关文献的数据得出可靠结果,为临床工作者提供相关的数据参考。本研究为了评估和比较 MIS TLIF 和 Open TLIF 临床疗效,在 PubMed、Embase、Cochrane library、中国期刊全文数据库、中国生物医学文献数据库、中文科技期刊全文数据库中检索相关文献,对采用 MIS TLIF 和 Open TLIF 手术治疗单节段腰椎滑脱疾病的研究进行有效性分析。

## 1 资料和方法

检索发表于2014年3月前,采用开放或者微创经椎间孔椎间融合手术治疗单节段腰椎滑脱的对照研究、前瞻性随机对照研究(randomized controlled trial, RCT)将优先纳入研究;手术是对患者干预的一种特殊方式,因此其他类型的临床队列研究(clinic controlled trial, CCT)也将被纳入本次分析。

## 1.2 方法

### 1.2.1 文献检索

此 Meta 分析中,遵循并尽可能履行系统综述和 Meta 分析 PRISMA 指引的优先报告条目原则。通过对 PubMed、Embase、Cochrane library、中国期刊全文数据库、中国生物医学文献数据库、中文科技期刊全文数据库等进行系统搜索,中英文搜索词包括“腰椎退行性疾病(lumbar degenerate disorders)”、“腰椎滑脱(lumbar spondylolisthesis)”、“腰椎不稳(lumbar instability)”、“经椎间孔椎体间融合术(transforaminal lumbar interbody fusion, TLIF)”、“开放手术(open surgery)”、“微创手术(minimally invasive surgery)”,并对相关文章的参考文献进行了检索。初步检索结束后,根据上述的纳入及排除标准,认真通阅全文,行二次筛选,排除不合格的文献;如果文献中提供的信息不全面,则联系相关文献的作者以获取缺失的信息后再次筛选决定是否纳入研究。

### 1.2.2 纳入标准及排除标准

符合以下标准的研究将被包括在本次的 Meta 分析中:①该研究的设计具有可比性(如 MIS TLIF 和 Open TLIF 是否在单节段腰椎滑脱中的比较);②经过正规保守治疗3个月无效且经影像学确诊的单节段腰椎滑脱者;③提供术前、术中和术后的相关信息[如:术前视觉模拟评分(VAS)及 Oswestry 功能障碍指数(ODI)评分、平均手术时间、术中平均出血量、术中及术后早期并发症的发生率、末次随访时的融合率、末次随访时的 VAS 及 ODI 评分];排除标准:①MIS TLIF 与其他开放形式的椎间融合技术相比较[如开放后路腰椎间融合术(PLIF)、前路腰椎间融合术(ALIF)等];②研究不能提供手术相关的信息或者临床相关信息;③病例报告;④综述与评论;⑤重复的文献;⑥尸体研究;⑦人类以外的在体研究;⑧研究文章的语言非汉语或英语。

### 1.2.3 文献的选择

由2位评价者根据纳入及排除标准对符合要求的文献独立进行评估;如果2位评价者的意见不一致,则与第三位研究者讨论加以解决。在对文献进行评估过程中,各评估者可知晓文献的杂志来

源、作者及单位等。

### 1.2.4 数据的提取

信息的提取仍由上述 2 位评价者独立进行。所提取的信息主要包括:①文献的第一作者、研究时间;②研究的基本信息,如患者的总数、平均年龄、性别比例,术前 VAS 及 ODI 评分等;③术中的相关数据,如平均手术时间、平均术中出血量;④术中和术后早期并发症发生率,住院天数;⑤末次随访时的融合率,末次随访时的 VAS 及 ODI 评分。

### 1.2.5 文献的质量评估

使用 Jadad 评分<sup>[16]</sup>标准对纳入研究的 8 篇文献进行质量分析,1~3 分为低质量文献,4~7 分为高质量文献。

### 1.3 统计学方法

采用 Cochrane 协作网提供的 Review Manage 5.2 统计软件进行 Meta 分析。计量资料采用均数差 (mean difference, MD) 和 95% 的可信区间 (confi-

dence interval, CI) 对合并后的数据进行分析;非连续型计数资料采用相对危险度 (relative risk, RR) 和 95%CI 对合并后的数据进行分析。合并后研究结果之间的异质性研究采用  $\chi^2$  检验,当  $P \leq 0.05$  时,差异具有统计学意义。若纳入研究的异质性  $I^2 < 50\%$  时采用固定效应模型进行分析;若异质性  $I^2 > 50\%$  时采用随机效应模型进行分析,并分析其原因。

## 2 结果

### 2.1 检索结果

依据材料和方法中所提及的纳入及排除标准,经过初次筛选、二次筛选以及再次筛选,最终本研究共纳入 8 篇队列研究文献<sup>[17-24]</sup>。所纳入的 8 项研究,共有患者 866 例 (其中微创手术组 417 例,传统手术组 449 例),患者一般信息均具有可比性 (表 1),文献质量情况见表 2。

表 1 纳入系统分析各项研究的基本情况

Table 1 Summary of included studies in the Meta-analysis

纳入的研究	论文发表时间	MIS TLIF		Open TLIF		男/女	平均随访时间(月)
		例数	平均年龄(岁)	例数	平均年龄(岁)		
Adogwa <sup>[17]</sup>	2011 年	15	50.8	15	49.7	12/18	24
Archavlis <sup>[18]</sup>	2013 年	24	67.0	25	68.0	18/31	24
Wang <sup>[19]</sup>	2010 年	42	47.9	43	53.2	29/56	6
王建 <sup>[20]</sup>	2011 年	172	49.0	199	50.0	134/237	48
张海龙 <sup>[21]</sup>	2011 年	23	55.0	26	56.0	26/23	12
徐 晖 <sup>[22]</sup>	2013 年	48	44.6	48	45.3	56/40	/
董海涛 <sup>[23]</sup>	2012 年	43	/	43	/	52/34	/
Parker <sup>[24]</sup>	2013 年	50	53.5	50	52.6	34/66	24

表 2 纳入结果分析的 8 项研究的质量评价 (Jadad 评分)

Table 2 Quality evaluation of the eight studies (Jadad)

纳入的研究	研究类型	可比性	随机的方法	分配	盲法	失访
Adogwa <sup>[17]</sup>	Cohort	可比	不详	不详	不详	无
Archavlis <sup>[18]</sup>	Cohort	可比	不详	不详	不详	无
Wang <sup>[19]</sup>	RCT	可比	是,未描述	不详	不详	无
王建 <sup>[20]</sup>	Cohort	可比	不详	不详	不详	无
张海龙 <sup>[21]</sup>	Cohort	可比	不详	不详	不详	无
徐 晖 <sup>[22]</sup>	Cohort	可比	不详	不详	不详	无
董海涛 <sup>[23]</sup>	Cohort	可比	不详	不详	不详	无
Parker <sup>[24]</sup>	RCT	可比	是,未描述	不详	不详	无

### 2.2 手术持续时间

对患者手术时间的比较中,共有 6 个研究提供了两组不同手术方式的平均时间及标准差。将各项研究中的两种手术方式的平均时间、标准差和病例数依次输入 Review Manage 5.2, 统计结果表明手术持续时间在各项研究结果之间存在统计学异质性

( $I^2=91\%, P < 0.001$ )。因此,对此组数据使用随机效应模型进行统计分析。分析结果显示,两组手术方式的手术持续时间差异无统计学意义 [MD=16.31, 95%CI (-2.32~34.95),  $P = 0.09$ , 图 1]。

### 2.3 术中出血量

共有 6 项研究提供两种手术方式在单节段腰

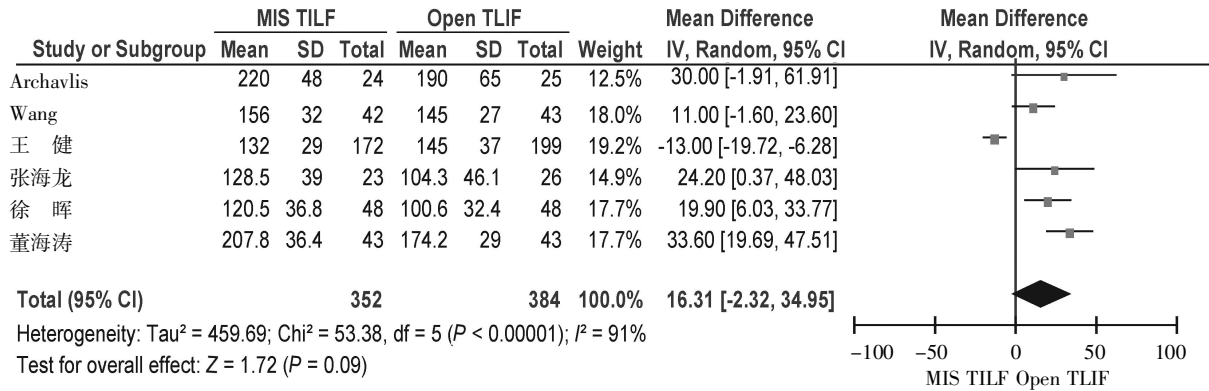


图 1 MIS TLIF 与 Open TLIF 手术平均持续时间比较的森林图

Figure 1 Forest plot of mean duration time in operating room of MIS TLIF compared with Open TLIF

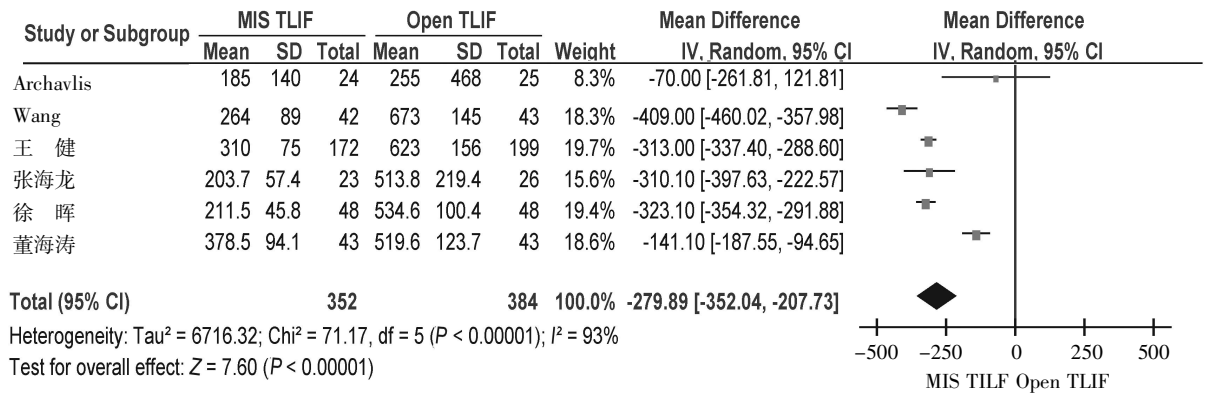


图 2 MIS TLIF 与 Open TLIF 术中平均出血量比较的森林图

Figure 2 Forest plot of mean blood loss of MIS TLIF compared with Open TLIF

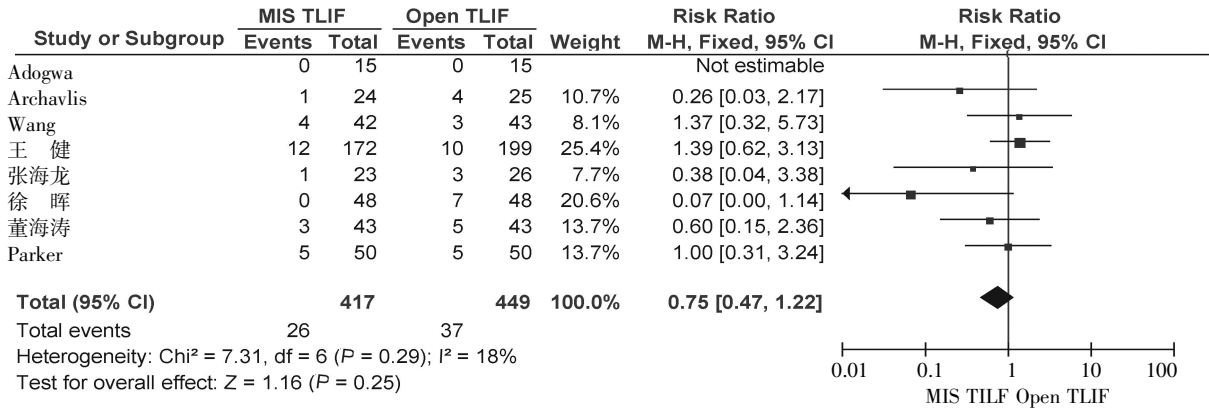


图 3 MIS TLIF 与 Open TLIF 术中及术后早期的并发症发生率比较的森林图

Figure 3 Forest plot of intraoperative and postoperative complications of MIS TLIF compared with Open TLIF

椎滑脱手术过程中的平均出血量及标准差,各项研究之间的差异具有统计学意义 (I<sup>2</sup>=93%, P < 0.001)。运用随机效应模型进行系统分析,结果显示,在单节段腰椎滑脱的手术治疗中,微创手术的出血量显著少于传统手术组,且差异具有统计学意义[MD=-297.89, 95%CI(-352.04~-207.73), P < 0.001, 图 2]。

#### 2.4 术中及术后早期并发症的发生率

如图 3 所示,所有的 8 项研究均提供并发症的

发生率。由于并发症的发生率低,故本文没有对并发症的具体分类进行分析。各项研究并发症发生率的异质性检验并无统计学意义 (I<sup>2</sup>=18%, P=0.29)。分析结果表明两种手术方式在单节段腰椎滑脱手术中并发症发生率的差异无统计学意义 [RR=0.75, 95% CI(0.47~1.22), P=0.25]。

#### 2.5 住院持续时间

所纳入 8 项研究中,共有 2 项研究提供了平均

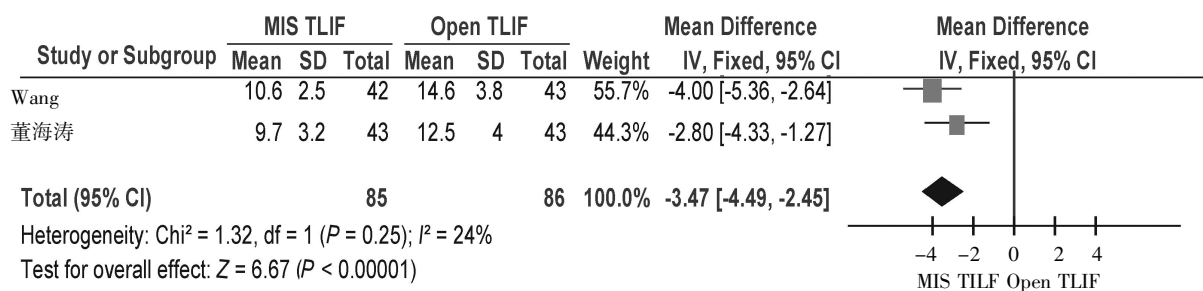


图 4 MIS TLIF 与 Open TLIF 平均住院时间(d)比较的森林图

Figure 4 Forest plot of mean hospital stay(d) of MIS TLIF compared with Open TLIF

住院时间及标准差(图 4)。对这 2 项研究的异质性检验时,未发现异质性( $I^2=24\%, P=0.25$ )。合并后的分析结果显示,微创经椎间孔椎间融合术组的患者平均住院时间明显比传统手术组短,且差异具有统计学意义 [ $\text{MD}=-3.47, 95\% \text{CI}(-4.49 \sim -2.45), P < 0.001$ ]。

### 2.6 末次随访时的椎体间融合率

本次系统分析共有 5 个研究提供了腰椎滑脱疾病术后融合率相关的资料,各研究之间不存在异质性( $I^2=0\%, P=0.61$ ),合并后的结果表明两组手术方式在单节段腰椎滑脱的融合率上并无差异 [ $\text{RR}=1, 95\% \text{CI}(0.97 \sim 1.03), P = 0.84$ ,图 5]。

### 2.7 VAS 及 ODI 评分

8 项研究中有 7 项研究提供了术前及末次随访时的平均 VAS 评分及标准差,6 项研究提供了平均 ODI 评分及标准差。在术前各研究微创与开放手术组之间的 VAS ( $I^2=24\%, P = 0.34$ )及 ODI ( $I^2=49\%, P = 0.08$ )不存在统计学异质性,采用固定效应模式分析,结果表明两组患者术前 VAS [ $\text{MD}=0.01, 95\% \text{CI}(-1.12 \sim 0.15), P = 0.86$ ]及 ODI [ $\text{MD}=-0.01, 95\% \text{CI}(-1.19 \sim 0.96), P = 0.84$ ]差异无统计学意义。末次随访时,各研究微创与开放手术组之间的 VAS ( $I^2=90\%, P < 0.001$ )及 ODI ( $I^2=89\%, P < 0.001$ )存在统计学

的异质性,采用随机效应模式分析,结果表明,微创手术组的末次随访时的 VAS 评分 [ $\text{MD}=-0.58, 95\% \text{CI}(-1.08 \sim -0.07), P = 0.03$ ]及 ODI [ $\text{MD}=-2.75, 95\% \text{CI}(-5.42 \sim -0.08), P = 0.04$ ]均低于开放手术组(图 6~9)。

## 3 讨论

由于微创脊柱手术的出现,目前 MIS TLIF 已被临床用于治疗腰椎退变性疾病,其中包括腰椎滑脱症<sup>[1]</sup>。前面多位研究者研究后发现 MIS TLIF 手术具有显著减少手术节段附近软组织的剥离、术中出血少以及术后恢复快等近期效果;此外, MIS TLIF 可获得与 Open TLIF 相似的远期效果<sup>[10-14]</sup>。自 2003 年Foley 等<sup>[9]</sup>首次报道 MIS TLIF 技术以来,关于 MIS TLIF 与 Open TLIF 治疗腰椎滑脱疾病术后效果的比较研究尚不多见。本文将针对 8 项关于 MIS TLIF 与 Open TLIF 治疗单节段腰椎滑脱疾病的临床效果比较进行系统分析,研究 MIS TLIF 治疗单节段腰椎滑脱疾病的效果及临床价值<sup>[17-24]</sup>。

Meta 分析结果显示,相对于 Open TLIF, MIS TLIF 的操作时间稍微偏长,但两者之间的差异并无统计学意义;说明微创手术并不因为术中视野小而影响手术进程,这可能与骨科医生对微创手术的熟

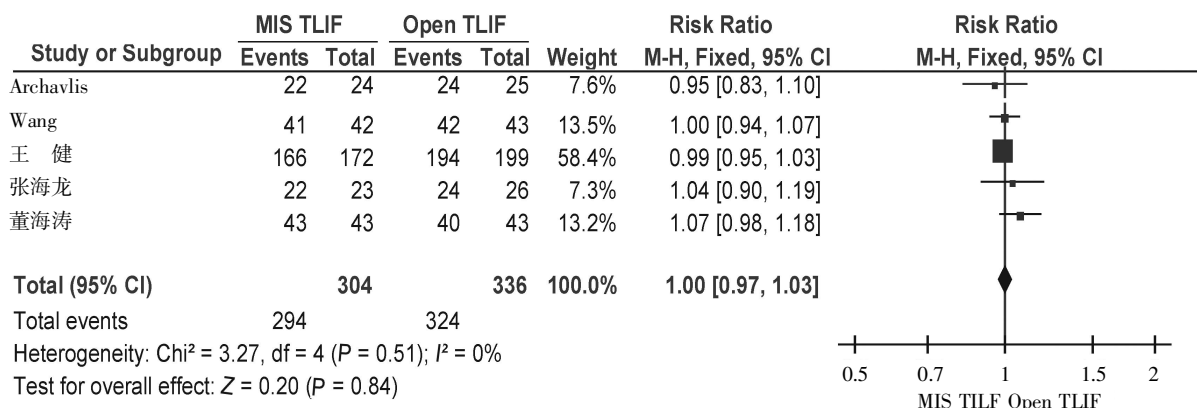


图 5 MIS TLIF 与 Open TLIF 融合率比较的森林图

Figure 5 Forest plot of fusion rate of MIS TLIF compared with Open TLIF

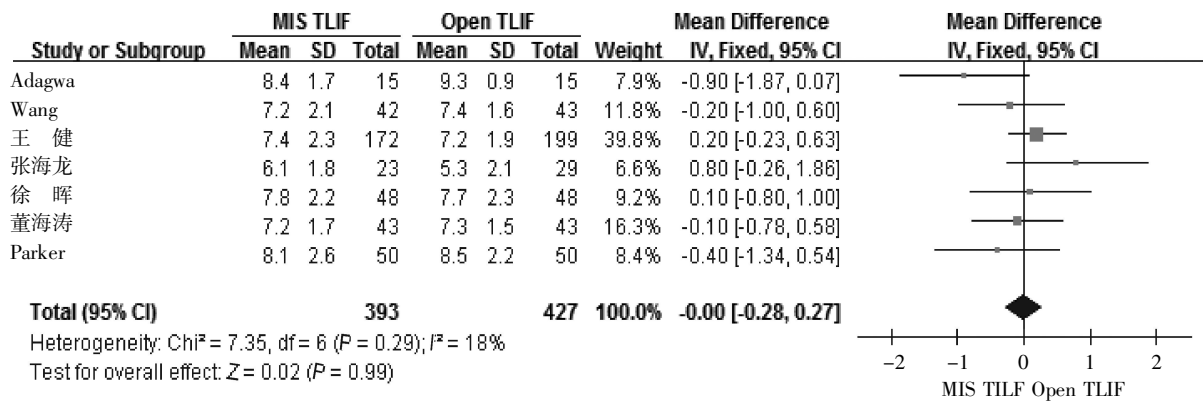


图 6 MIS TLIF 与 Open TLIF 的术前 VAS 评分比较森林图

Figure 6 Forest plot of preoperative VAS scores of MIS TLIF compared with Open TLIF

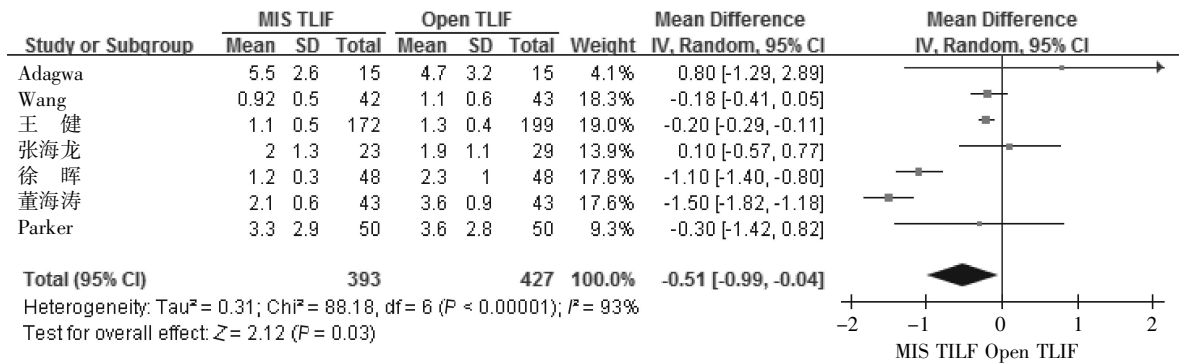


图 7 MIS TLIF 与 Open TLIF 末次随访时的 VAS 评分比较森林图

Figure 7 Forest plot of the last follow-up VAS scores of MIS TLIF compared with Open TLIF

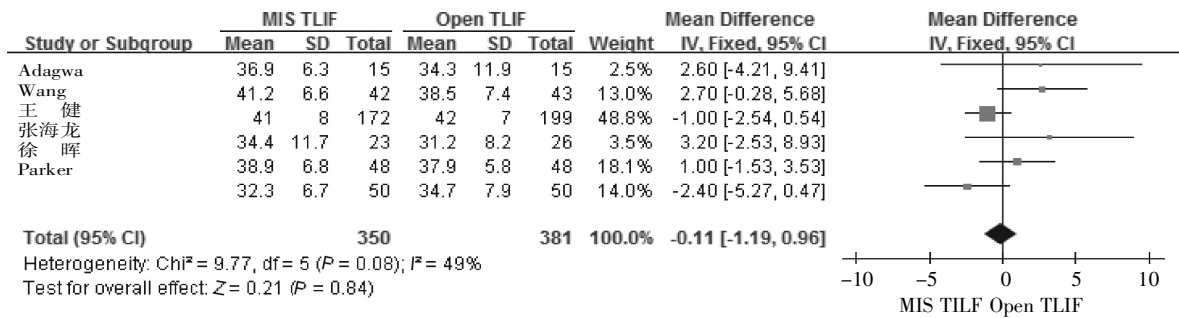


图 8 MIS TLIF 与 Open TLIF 的术前 ODI 评分比较森林图

Figure 8 Forest plot of preoperative ODI scores of MIS TLIF compared with Open TLIF

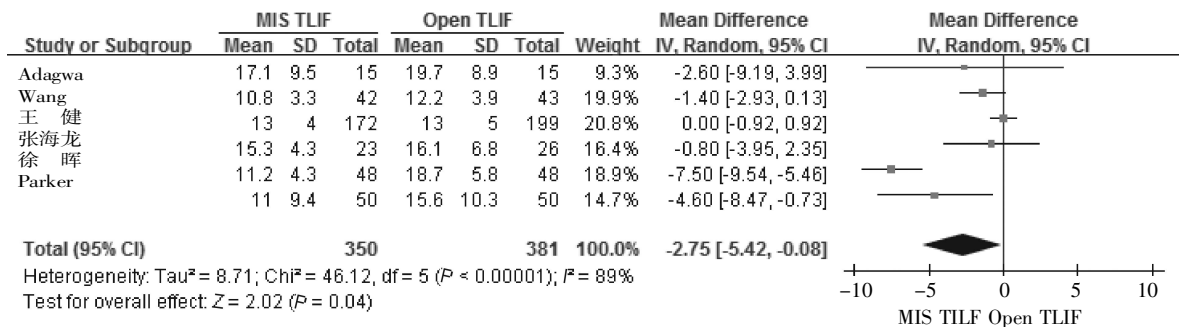


图 9 MIS TLIF 与 Open TLIF 末次随访时的 ODI 评分比较森林图

Figure 9 Forest plot of the last follow-up ODI scores of MIS TLIF compared with Open TLIF

练程度有关。本研究分析发现这两种手术方式在手术时间的差异上并不明显,说明微创技术并不会影响手术时间<sup>[25-28]</sup>。

有研究证明, MIS TLIF 手术方式可明显减少术中出血量及术后异体血的输入<sup>[26]</sup>。本 Meta 分析结果显示,与开放 TLIF 手术方式相比, MIS TLIF 可显著减少术中出血量,且差异具有统计学意义,这与前面的研究结果相符合<sup>[17-24, 29-31]</sup>,这可能与手术切口小以及脊柱周围肌肉等软组织破坏减少有关<sup>[32]</sup>。术中出血量减少可显著减少术后输血的几率,这不仅可节约本就紧张的血源,同时还可减少因术后输血带来的输血相关并发症(如急性输血反应、感染传染性疾等);此外, MIS TLIF 术中出血量减少,使该手术方式适用于更多特殊人群,如伴有复杂并发症的老年人群等。

术中及术后早期的并发症(术中神经根损伤、脑脊液漏、术后感染)在 2 种手术方式的比较中,各种临床研究的结果不尽一致<sup>[17-24]</sup>。因 MIS TLIF 是一项具有挑战性的手术技术,该技术不仅需要环形融合器经过微型手术切口置入椎间隙中,同时还需在 C 臂机的辅助下进行椎弓根螺钉系统的置入,这将增加术中各种并发症的发生率<sup>[9]</sup>。Villavicencio 等<sup>[30]</sup>曾对 2 种手术方式的神经损伤进行比较,发现其发生率在微创组和开放组中分别为 10.5%、1.6%;而脑脊液漏及术后感染发生率则基本相似。但 Lee 等<sup>[25]</sup>在对并发症进行分析时发现这归根结底还是因微创经验欠缺所致,若手术技术熟练,其总并发症与开放手术相比并无差异。结合本次的系统评价,对比 2 种手术方式在腰椎单节段滑脱疾病的术中及术后早期并发症发生情况,发现差异并无统计学意义,说明微创技术本身并不会增加术中及术后早期并发症的发生率。同时末次随访融合率也并无差异,这说明腰椎单节段滑脱采用微创手术技术并不会因为术野小而影响对椎间隙的清理,从而影响椎体间的融合<sup>[33]</sup>。

此外,在本次纳入分析的研究中,对参与 2 种手术方式所有患者的术前 VAS、ODI 评分比较后发现均无差异;而在术后末次随访时, VAS 及 ODI 评分在 MIS TLIF 组均低于 Open TLIF 组,且差异具有统计学意义;这说明 Open TLIF 因广泛剥离椎体棘突两旁腰背部的肌肉起止点,破坏了局部肌肉及韧带的相对完整性,这可能会影响术后腰部疼痛及功能的恢复<sup>[14, 34]</sup>。

如上所述,相对于开放手术,微创手术并不增加手术时间、术中及术后早期并发症,且并不影响

远期融合率;此外,微创经椎间孔椎体间融合术可减少患者在手术中的出血、住院时间,且利于腰部的远期功能恢复。这些信息提示微创经椎体间孔椎体间融合术是治疗单节段腰椎滑脱疾病比较理想的手术方式。但目前大部分研究均是回顾性的,这些研究在各个方面均存在很大的信息偏倚,因此希望以后能有更多和更大规模前瞻性随机对照的队列研究能对两种手术的安全性及有效性作进一步分析。

#### [参考文献]

- [1] 范顺武,方向前,赵兴,等. 微创经椎间腰椎椎体间融合术治疗下腰椎疾病 [J]. 中华骨科杂志, 2007, 31(4): 40-45
- [2] Harms J, Rolinger H. A one-stager procedure inoperative treatment of spondylolistheses; dorsolateral-reposition and anterior fusion [J]. Z Orthop Ihre Grenzgeb, 1982, 120(3): 343-347
- [3] Mehta VA, McGirt MJ, Garces Ambrossi GL, et al. Transforaminal versus posterior lumbar interbody fusion; comparison of surgical morbidity [J]. Neurol Res, 2011, 33(1): 38-42
- [4] Moskowitz A. Transforaminal lumbar interbody fusion [J]. Orthop Clin North Am, 2002, 33(2): 359-366
- [5] Gejo R, Matsui H, Kawaguchi Y, et al. Serial changes in trunk muscle performance after posterior lumbar surgery [J]. Spine (Phila Pa 1976), 1999, 24(10): 1023-1028
- [6] Rantanen J, Hurme M, Falck B, et al. The lumbar multifidus muscle five years after surgery for a lumbar intervertebral disc herniation [J]. Spine (Phila Pa 1976), 1993, 18(5): 568-574
- [7] Park Y, Ha JW. Comparison of one-level posterior lumbar interbody fusion performed with a minimally invasive approach or a traditional open approach [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2007, 32(5): 537-543
- [8] Thomsen K, Christensen FB, Eiskjaer SP, et al. The effect of pedicle screw instrumentation on functional outcome and fusion rates in posterolateral lumbar spinal fusion: a prospective, randomized clinical study [J]. Spine (Phila Pa 1976), 1997, 22(24): 2813-2822
- [9] Foley KT, Lefkowitz MA. Advances in minimally invasive spine surgery [J]. Clin Neurosurg, 2002, 49: 499-517
- [10] McGirt MJ, Parker SL, Lerner J, et al. Comparative analysis of perioperative surgical site infection after minimally invasive versus open posterior/transforaminal lumbar interbody fusion; analysis of hospital billing and discharge data from 5170 patients [J]. J Neurosurg Spine, 2011, 14(6): 771-778
- [11] Parker SL, Adogwa O, Witham TF, et al. Post-operative

- infection after minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion(TLIF)literature review and cost analysis[J]. *Minim Invasive Neurosurg*,2011,54(1):33-37
- [12] Schizas C,Tzinieris N,Tsiridis E,et al. Minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion: evaluating initial experience[J]. *Int Orthop*,2009,33(6):1683-1688
- [13] Dhall SS,Wang MY,Mummaneni PV. Clinical and radiographic comparison of mini-open transforaminal lumbar interbody fusion with open transforaminal lumbar interbody fusion in 42 patients with long-term follow-up[J]. *J Neurosurg Spine*,2008,9(6):560-565
- [14] Peng CW,Yue WM,Poh SY,et al. Clinical and radiological outcomes of minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*,2009,34(13):1385-1389
- [15] Parker SL,Lerner J,McGirt MJ. Effect of minimally invasive technique on return to work and narcotic use following transforaminal lumbar inter-body fusion;a review[J]. *Prof Case Manag*,2012,17(5):229-235
- [16] Jadad AR,Moore RA,Carroll D,et al. Assessing the quality of reports of randomized clinical trials:is blinding necessary[J]. *Control Clin Trial*,1996,17(1):1-12
- [17] Adogwa O,Parker SL,Bydon A,et al. Comparative effectiveness of minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion2-year assessment of narcotic use,return to work,disability,and quality of life[J]. *J Spinal Disord Tech*,2011,24(8):479-484
- [18] Archavlis E,Carvi y,Nievas M. Comparison of minimally invasive fusion and instrumentation versus open surgery for severe stenotic spondylolisthesiswith high-grade facet joint osteoarthritis[J]. *Eur Spine J*,2013,22(8):1731-1740
- [19] Wang J,Zhou Y,Zhang ZF,et al. Comparison of one-level minimally invasive and open transforaminal lumbar interbody fusion in degenerativeand isthmic spondylolisthesis grades 1 and 2[J]. *Eur Spine J*,2010,19(10):1780-1784
- [20] 王建,周跃,张正丰,等. 微创经椎间孔腰椎体间融合术治疗腰椎滑脱症的临床研究[J]. *中华外科杂志*,2011,49(12):1076-1080
- [21] 张海龙,顾昕,贺石生,等. 微创经椎间孔椎体间融合术与开放手术治疗腰椎滑脱症的疗效比较[J]. *中华骨科杂志*,2011,31(10):1088-1092
- [22] 徐晖,肖立军,陈文贵. 微创经椎间孔椎体间融合术与开放手术治疗腰椎滑脱症临床分析[J]. *河北医学*,2013,19(1):49-51
- [23] 董海涛,李海鹏,李秋群,等. 微创经椎间孔椎体间融合术与开放手术治疗腰椎滑脱症临床疗效观察[J]. *海南医学*,2012,23(14):39-41
- [24] Parker SL,Mendenhall SK,Shau DN,et al. Minimally Invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion for degenerative spondylolisthesis;comparative effectiveness and cost-utility analysis[J]. *World Neurosurgery*,2014,82(1-2):230-238
- [25] Lee JC,Jang HD,Shin BJ. Learning curve and clinical outcomes of minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion;our experience in 86 consecutive cases [J]. *Spine(Phila Pa 1976)*,2012,37(18):1548-1557
- [26] 曾顺福,王建,陆炎,等. 单节段微创经椎间孔腰椎椎体间融合内固定治疗腰椎滑脱症的效果[J]. *中国脊柱脊髓杂志*,2011,21(5):399-403
- [27] Sharan AD,Chan F,Kadimcherla P. What is the learning curve for mis TLIF? [J]. *Spine J*,2012,12(1):152S
- [28] Neal CJ,Rosner MK. Resident learning curve for minimalaccess transforaminal lumbar interbody fusion in a military training program[J]. *Neurosurg Focus*,2010,28(5):E21
- [29] Park Y,Ha JW,Lee YT,et al. Surgical outcomes of minimally invasive trans-foraminal lumbarinterbody fusion for the treatment of spondylolisthesis and degenerative segmental instability[J]. *Asian Spine J*,2011,5(4):228-236
- [30] Villavicencio AT,Burneikiene S,Bulsara KR,et al. Perioperative complications in transforaminal lumbar interbody fusion versus anterior-posterior reconstruction for lumbar disc degeneration and instability [J]. *J Spinal Disord Tech*,2006,19(2):92-97
- [31] Grob D,Bartanusz V,Jeszenszky D,et al. A prospective, cohort study comparing translaminar screw fixation with transforaminal lumbar interbody fusion and pedicle screw fixation for fusion of the degenerative lumbar spine [J]. *J Bone Joint Surg Br*,2009,91(10):1347-1353
- [32] Scheufler KM,Dohmen H,Vougioukas VI. Percutaneous transforaminal lumbar interbody fusion for the treatment of degenerative lumbar instability[J]. *Neurosurgery*,2007,60(4):203-212
- [33] Wu RH,Fraser JF,Hörtl R. Minimal access versus open transforaminal lumbar interbody fusion;meta-analysis of fusion rates[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*,2010,35(26):2273-2281
- [34] Ringel F,Stoffel M,Stuer C,et al. Minimally invasive transmuscular pedicle screw fixation of the thoracic and lumbar spine [J]. *Neurosurgery*,2006,59(4Suppl):ONS361-ONS366