

· 文献研究 ·

腰椎后路融合术后融合器沉降危险因素 Meta 分析

陈双¹, 吴免汐², 王楠¹, 谢林³

(1. 南京中医药大学第三临床医学院, 江苏 南京 210029;

2. 南京中医药大学第二临床医学院, 江苏 南京 210029;

3. 南京中医药大学附属中西医结合医院, 江苏 南京 210028)

摘要 目的:探讨腰椎后路融合术后融合器沉降的危险因素。方法:应用计算机检索中国知网、万方数据库、维普网、中国生物医学文献数据库、PubMed、Embase、Cochrane Library 中有关腰椎后路融合术后融合器沉降危险因素分析的文献,检索时限均为建库至 2022 年 3 月。按照纳入和排除标准筛选文献,采用纽卡斯尔-渥太华量表进行文献质量评价,提取数据后使用 RevMan5.3 软件进行 Meta 分析。结果:共检索到 822 篇文献,最终纳入 10 篇文献。Meta 分析结果显示,年龄、骨质疏松、椎间隙高度矫正值、节段性前凸角矫正值、融合器位于椎间隙后部均为腰椎后路融合术后融合器沉降的危险因素[$MD = 2.97, 95\% CI(1.86, 4.08), P = 0.000; OR = 5.15, 95\% CI(3.08, 8.60), P = 0.000; MD = -0.42, 95\% CI(-0.77, -0.06), P = 0.020; MD = 1.84, 95\% CI(1.39, 2.29), P = 0.000; OR = 1.93, 95\% CI(1.09, 3.42), P = 0.020$];女性、体质量指数、合并腰椎滑脱症、融合器长度 ≥ 24 mm、融合器高度 ≥ 12 mm、手术节段为 L₅S₁、融合节段 ≥ 2 节段,与腰椎后路融合术后融合器沉降的关联无统计学意义[$OR = 1.07, 95\% CI(0.80, 1.42), P = 0.670; MD = 0.13, 95\% CI(-0.30, 0.55), P = 0.560; OR = 1.20, 95\% CI(0.84, 1.73), P = 0.320; OR = 0.75, 95\% CI(0.38, 1.48), P = 0.410; OR = 1.08, 95\% CI(0.60, 1.95), P = 0.790; OR = 1.25, 95\% CI(0.90, 1.74), P = 0.180; OR = 1.80, 95\% CI(0.93, 3.51), P = 0.080$]。描述性分析结果显示,术中损伤终板是腰椎后路融合术后融合器沉降的危险因素。基于年龄的发表偏倚分析结果提示,存在发表偏倚的可能性较小。结论:年龄、骨质疏松、椎间隙高度矫正值、节段性前凸角矫正值、融合器位于椎间隙后部、术中损伤终板是腰椎后路融合术后融合器沉降的危险因素。

关键词 脊柱融合术;腰椎;融合器沉降;危险因素;专题 Meta 分析

A Meta - analysis of risk factors associated with cage subsidence after posterior lumbar interbody fusion

CHEN Shuang¹, WU Huanxi², WANG Nan¹, XIE Lin³

1. The Third Clinical Medical College of Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210029, Jiangsu, China

2. The Second Clinical Medical College of Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210029, Jiangsu, China

3. Nanjing Integrated Traditional Chinese and Western Medicine Hospital, Nanjing 210028, Jiangsu, China

ABSTRACT Objective: To investigate the risk factors associated with cage subsidence after posterior lumbar interbody fusion (PLIF).

Methods: The research articles about risk factors associated with cage subsidence after PLIF were retrieved from CNKI, Wanfang Data, VIP, SinoMed, PubMed, Embase, and Cochrane Library from database inception to March 2022, and screened out according to inclusion and exclusion criteria. The Newcastle - Ottawa Scale was used to evaluate the literature quality, and RevMan 5.3 software was used for Meta - analysis after data extraction. **Results:** A total of 822 research articles were obtained, and 10 were finally included. As revealed by Meta - analysis, age, osteoporosis, correction value of intervertebral space height, correction value of segmental lordosis, and cage in the posterior intervertebral space were risk factors leading to cage subsidence after PLIF ($MD = 2.97, 95\% CI(1.86, 4.08), P = 0.000; OR = 5.15, 95\% CI(3.08, 8.60), P = 0.000; MD = -0.42, 95\% CI(-0.77, -0.06), P = 0.020; MD = 1.84, 95\% CI(1.39, 2.29), P = 0.000; OR = 1.93, 95\% CI(1.09, 3.42), P = 0.020$). Female, body mass index, combined lumbar spondylolisthesis, cage length of ≥ 24 mm, cage height of ≥ 12 mm, L₅S₁ fusion surgery, and number of fusion segments of ≥ 2 were not significantly associated with cage subsidence after PLIF ($OR = 1.07, 95\% CI(0.80, 1.42), P = 0.670; MD = 0.13, 95\% CI(-0.30, 0.55), P = 0.560; OR = 1.20, 95\% CI(0.84, 1.73), P = 0.320; OR = 0.75, 95\% CI(0.38, 1.48), P = 0.410; OR = 1.08, 95\% CI(0.60, 1.95), P = 0.790; OR = 1.25, 95\% CI(0.90, 1.74), P =$

基金项目:江苏省中医药科技发展计划项目(ZD202008)

通讯作者:谢林 E-mail:xielin@njucm.edu.cn

0.180; $OR = 1.80, 95\% CI(0.93, 3.51), P = 0.080$). The results of descriptive analysis indicated that intraoperative endplate injury also served as a risk factor for cage subsidence after PLIF. The analysis of publication bias based on age suggested that there was less potential for publication bias. **Conclusion:** Age, osteoporosis, correction value of intervertebral space height, correction value of segmental lordosis, cage in the posterior intervertebral space, and intraoperative endplate injury were all risk factors resulting in cage subsidence after PLIF.

Keywords spinal fusion; lumbar vertebrae; cage subsidence; risk factors; meta - analysis as topic

近年来,腰椎滑脱症、腰椎管狭窄症等腰椎退行性疾病的发生率明显上升^[1],这些疾病可严重影响患者的生活质量,并给家庭和社会造成巨大的经济负担^[2]。对于非手术治疗无效的腰椎退行性疾病,往往需要考虑手术治疗。腰椎后路融合术是治疗腰椎退行性疾病的常用术式^[3-7],但随着该术式在临床的广泛应用,相关的并发症逐渐受到关注。融合器沉降是腰椎后路融合术的常见并发症之一,可导致椎间支撑减弱、韧带结构松弛、椎间孔容积变小、脊柱不稳^[8-9]。目前临床对于腰椎后路融合术后融合器沉降的原因尚存在争议。本研究拟通过循证医学方法,分析腰椎后路融合术后融合器沉降的危险因素,为临床预防该并发症提供参考。

1 资料与方法

1.1 文献检索 应用计算机检索中国知网、万方数据库、维普网、中国生物医学文献数据库、PubMed、Embase、Cochrane Library 中有关腰椎后路融合术后融合器沉降危险因素分析的文献,检索时限均为建库至 2022 年 3 月。均采用主题词结合自由词的方式进行检索,中文检索词包括腰椎、腰椎融合术、腰椎后路融合术、椎间融合术、脊柱融合术、融合器下沉、融合器沉降、因素、危险因素,英文检索词包括 lumbar、lumbar fusion、lumbar interbody fusion、LIF、spinal fusion、cage、cages、subsidence、settling、risk、risk factors。

1.2 文献筛选 由 2 名研究者独立进行文献筛选,并由第 3 名研究者负责审核,遇到分歧时由 3 人协商解决。

1.2.1 文献纳入标准 ①研究类型为病例对照研究或队列研究;②研究对象为因腰椎退行性疾病接受过腰椎后路融合术(开放手术)的患者,术后发生融合器沉降^[8,10]者纳入沉降组、术后未发生融合器沉降者纳入正常组;③结局指标中至少包括 1 项与腰椎后路融合术后融合器沉降有关的危险因素。

1.2.2 文献排除标准 ①重复发表的文献;②无法获取全文的文献;③纽卡斯尔-渥太华量表(the Newcastle - Ottawa scale, NOS)评分^[11] ≤ 5 分的文献。

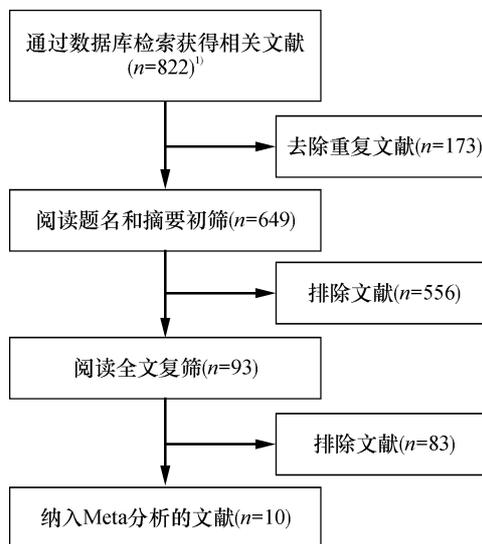
1.3 数据提取和纳入研究的质量评价 由 3 名研究

者独立进行数据提取和纳入研究的质量评价,遇到分歧时通过协商解决。提取的数据包括第一作者、文献发表时间、研究地点、研究类型、样本量、结局指标、随访时间等。纳入研究的质量评价采用 NOS。

1.4 数据统计 采用 RevMan 5.3 软件进行 Meta 分析。若各研究之间无明显异质性 ($I^2 \leq 50\%, P \geq 0.100$),则选择固定效应模型;若各研究之间存在明显异质性 ($I^2 > 50\%, P < 0.100$),则通过敏感性分析寻找异质性来源,若不能消除异质性则选用随机效应模型;若各研究之间异质性过大 ($I^2 > 85\%$),无法进行合并分析则进行描述性分析。Meta 分析检验水准 $\alpha = 0.05$ 。采用漏斗图进行发表偏倚分析。

2 结果

2.1 文献检索及筛选结果 共检索到 822 篇文献,经过逐层筛选最终纳入 10 篇文献^[12-21]。文献筛选流程见图 1。



1) 822 篇文献分别来源于中国知网 ($n = 32$)、万方数据库 ($n = 138$)、维普网 ($n = 13$)、中国生物医学文献数据库 ($n = 248$)、PubMed ($n = 206$)、Embase ($n = 179$)、Cochrane Library ($n = 6$)。

图 1 文献筛选流程图

2.2 纳入研究的基本特征及质量评价结果 纳入研究的基本特征及质量评价结果见表 1。

2.3 Meta 分析结果

2.3.1 女性 共纳入 9 项研究^[12-13,15-21],各研究之间无明显异质性($P = 0.570, I^2 = 0\%$)。固定效应模型 Meta 分析结果显示,性别为女性与腰椎后路融合术后融合器沉降的关联无统计学意义[$OR = 1.07, 95\% CI(0.80, 1.42), P = 0.670$]。见图 2。

2.3.2 年龄 共纳入 10 项研究^[12-21],各研究之间无明显异质性($P = 0.520, I^2 = 0\%$)。固定效应模型 Meta 分析结果显示,年龄是腰椎后路融合术后融合器沉降的危险因素[$MD = 2.97, 95\% CI(1.86, 4.08), P = 0.000$]。见图 3。

表 1 纳入研究的基本特征及质量评价结果

纳入研究	研究类型 ¹⁾	研究地点	样本量 ²⁾ /例		危险因素 ³⁾	随访时间/月	NOS ⁴⁾ 评分/分
			T	C			
Amorim 2022 ^[12]	RCS	巴西	83	82	①②③④⑤⑥⑦	>6	8
Park 2019 ^[13]	RCS	韩国	36	728	①②④⑤⑥⑦⑧⑨	18	8
Pisano 2020 ^[14]	RCS	美国	45	44	②	平均 27	7
张慰 2020 ^[15]	RCS	中国	10	68	①②③⑥⑩⑪	6	6
徐波 2015 ^[16]	RCS	中国	20	72	①②③⑤⑥	28.8	7
李启基 2014 ^[17]	RCS	中国	21	25	①②③⑤⑥⑩	平均 8	6
沈鲲 2019 ^[18]	RCS	中国	40	104	①②④⑤⑥⑩⑪⑫⑬	30.21 ± 4.23	7
米杰 2017 ^[19]	CCS	中国	18	18	①②③	>6	8
蒋小强 2019 ^[20]	RCS	中国	23	54	①②③④⑧⑨⑩	12	6
邓乾兴 2016 ^[21]	RCS	中国	36	71	①②⑤⑥⑩⑪⑫⑬	24.66 ± 8.59	7

1) 中 RCS 为回顾性队列研究,CCS 为病例对照研究;2) 中 T 为沉降组,C 为正常组;3) 中①为女性,②为年龄,③为体质指数,④为骨质疏松,⑤为合并腰椎滑脱症,⑥为手术节段为 L₅S₁,⑦为融合器位置在后部,⑧为融合节段 ≥ 2 节段,⑨为术中损伤终板,⑩为椎间隙高度矫正值,⑪为节段性前凸角矫正值,⑫为融合器长度 ≥ 24 mm,⑬为融合器高度 ≥ 12 mm;4) 纽卡斯尔-渥太华量表。

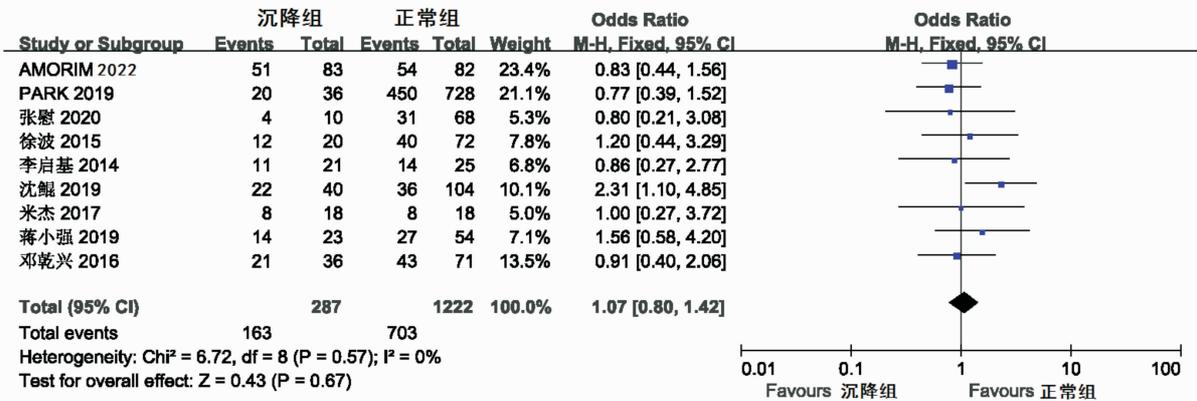


图 2 女性为腰椎后路融合术后融合器沉降危险因素的 Meta 分析森林图

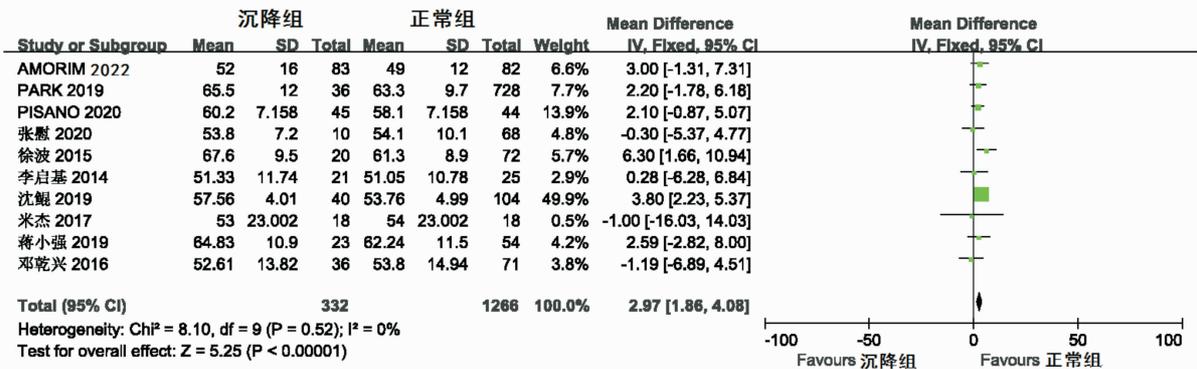


图 3 年龄为腰椎后路融合术后融合器沉降危险因素的 Meta 分析森林图

2.3.3 体质量指数 共纳入 6 项研究^[12,15-17,19-20], 各研究之间无明显异质性($P = 0.380, I^2 = 5%$)。固定效应模型 Meta 分析结果显示,体质量指数与腰椎后路融合术后融合器沉降的关联无统计学意义 [$MD = 0.13, 95\% CI(-0.30, 0.55), P = 0.560$]。见图 4。

2.3.4 骨质疏松 共纳入 4 项研究^[12-13,18,20], 各研究之间存在明显异质性($P = 0.003, I^2 = 79%$), 排除 Amorim 等^[12]的研究后, 各研究之间无明显异质性($P = 0.140, I^2 = 49%$)。对其余 3 项研究进行合并分析, 固定效应模型 Meta 分析结果显示, 骨质疏松是腰椎后路融合术后融合器沉降的危险因素 [$OR = 5.15, 95\% CI(3.08, 8.60), P = 0.000$]。见图 5。

2.3.5 合并腰椎滑脱症 共纳入 6 项研究^[12-13,16-18,21], 各研究之间无明显异质性($P = 0.130, I^2 = 41%$)。固定效应模型 Meta 分析结果显示, 合并腰椎滑脱症与

腰椎后路融合术后融合器沉降的关联无统计学意义 [$OR = 1.20, 95\% CI(0.84, 1.73), P = 0.320$]。见图 6。

2.3.6 融合器长度 ≥ 24 mm 共纳入 2 项研究^[18,21], 2 项研究之间无明显异质性($P = 0.160, I^2 = 49%$)。固定效应模型 Meta 分析结果显示, 融合器长度 ≥ 24 mm 与腰椎后路融合术后融合器沉降的关联无统计学意义 [$OR = 0.75, 95\% CI(0.38, 1.48), P = 0.410$]。见图 7。

2.3.7 融合器高度 ≥ 12 mm 共纳入 2 项研究^[18,21], 2 项研究之间无明显异质性($P = 0.730, I^2 = 0%$)。固定效应模型 Meta 分析结果显示, 融合器高度 ≥ 12 mm 与腰椎后路融合术后融合器沉降的关联无统计学意义 [$OR = 1.08, 95\% CI(0.60, 1.95), P = 0.790$]。见图 8。

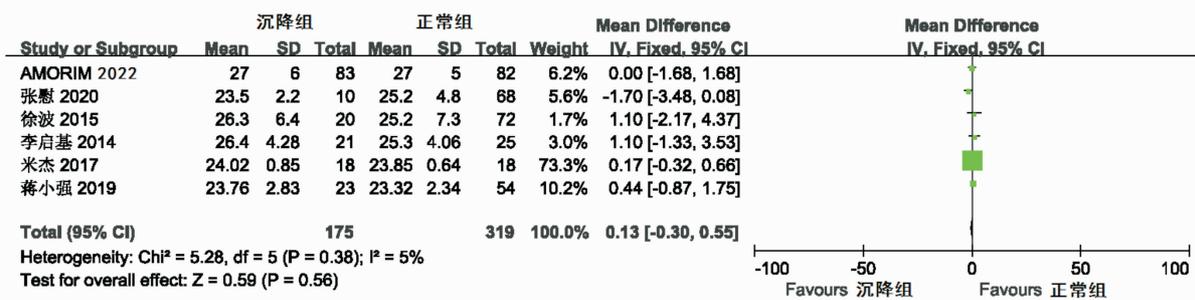


图 4 体质量指数为腰椎后路融合术后融合器沉降危险因素的 Meta 分析森林图

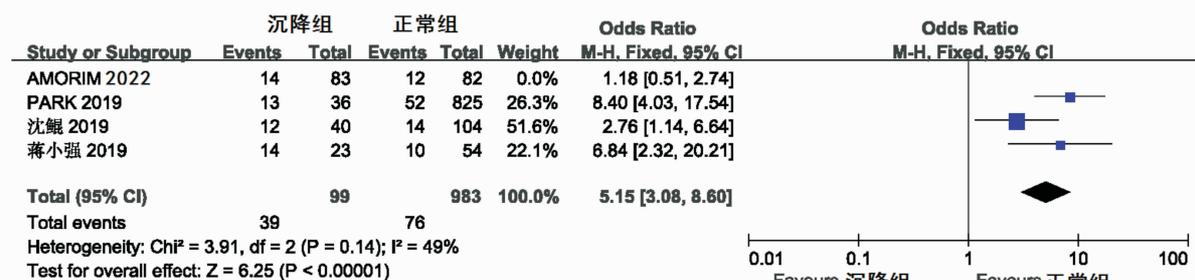


图 5 骨质疏松为腰椎后路融合术后融合器沉降危险因素的 Meta 分析森林图

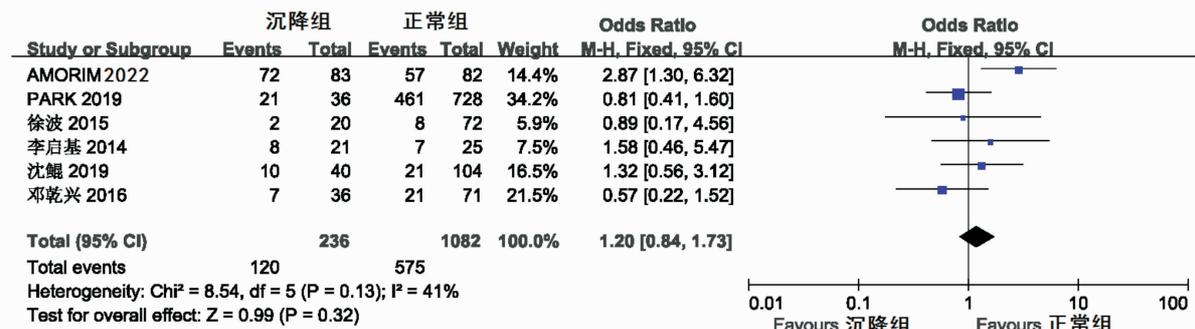


图 6 合并腰椎滑脱症为腰椎后路融合术后融合器沉降危险因素的 Meta 分析森林图

2.3.8 手术节段为 L₅S₁ 共纳入 7 项研究^[12-13,15-18,21], 各研究之间无明显异质性 ($P = 0.100, I^2 = 44%$)。固定效应模型 Meta 分析结果显示, 手术节段为 L₅S₁ 与腰椎后路融合术后融合器沉降的关联无统计学意义 [$OR = 1.25, 95\% CI(0.90, 1.74), P = 0.180$]。见图 9。

2.3.9 融合节段 ≥ 2 节段 共纳入 2 项研究^[13,20], 2 项研究之间无明显异质性 ($P = 0.440, I^2 = 0%$)。固定效应模型 Meta 分析结果显示, 融合节段 ≥ 2 节段与腰椎后路融合术后融合器沉降的关联无统计学意义 [$OR = 1.80, 95\% CI(0.93, 3.51), P = 0.080$]。见图 10。

2.3.10 椎间隙高度矫正值 共纳入 5 项研究^[15,17-18,20-21], 各研究之间存在明显异质性 ($P = 0.050, I^2 = 58%$), 排除蒋小强^[20]的研究后, 各研究之间无明显异质性 ($P = 0.230, I^2 = 30%$)。对其余 4 项

研究进行合并分析, 固定效应模型 Meta 分析结果显示, 椎间隙高度矫正值是腰椎后路融合术后融合器沉降的危险因素 [$MD = -0.42, 95\% CI(-0.77, -0.06), P = 0.020$]。见图 11。

2.3.11 节段性前凸角矫正值 共纳入 3 项研究^[15,18,21], 各研究之间无明显异质性 ($P = 0.900, I^2 = 0%$)。固定效应模型 Meta 分析结果显示, 节段性前凸角矫正值是腰椎后路融合术后融合器沉降的危险因素 [$MD = 1.84, 95\% CI(1.39, 2.29), P = 0.000$]。见图 12。

2.3.12 融合器位于椎间隙后部 共纳入 2 项研究^[12-13], 2 项研究之间无明显异质性 ($P = 0.610, I^2 = 0%$)。固定效应模型 Meta 分析结果显示, 融合器位于椎间隙后部是腰椎后路融合术后融合器沉降的危险因素 [$OR = 1.93, 95\% CI(1.09, 3.42), P = 0.020$]。见图 13。

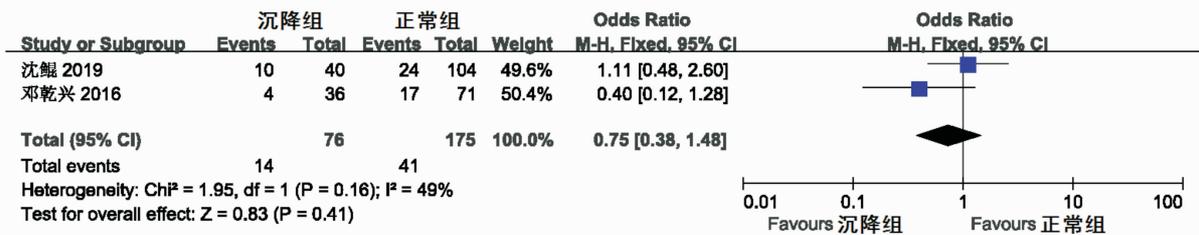


图 7 融合器长度 ≥ 24 mm 为腰椎后路融合术后融合器沉降危险因素的 Meta 分析森林图

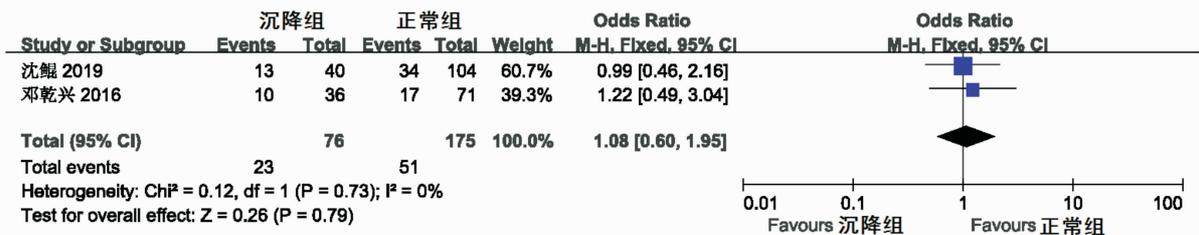


图 8 融合器高度 ≥ 12 mm 为腰椎后路融合术后融合器沉降危险因素的 Meta 分析森林图

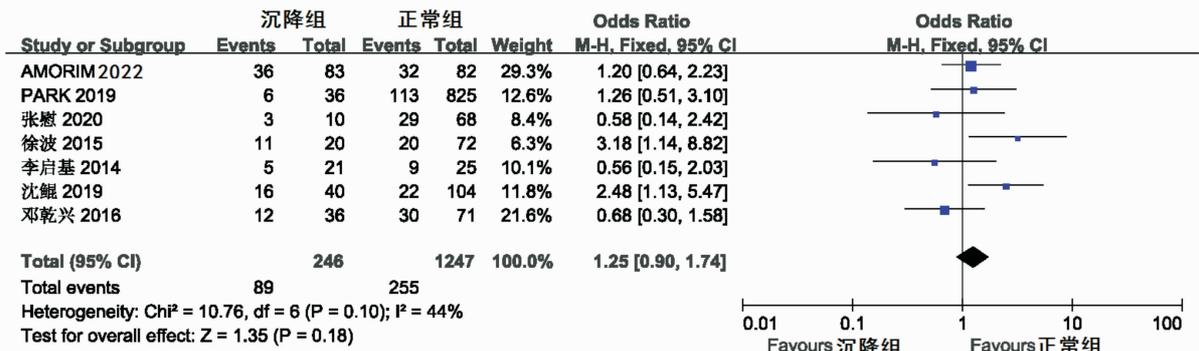


图 9 手术节段为 L₅S₁ 是腰椎后路融合术后融合器沉降危险因素的 Meta 分析森林图

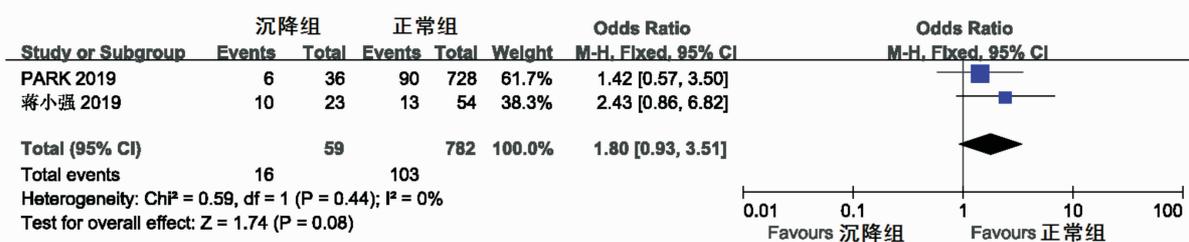


图 10 融合节段 ≥ 2 节段为腰椎后路融合术后融合器沉降危险因素的 Meta 分析森林图

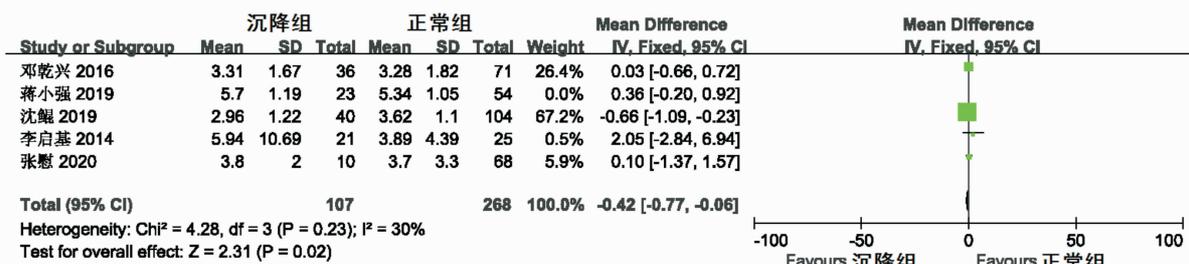


图 11 椎间隙高度矫正值为腰椎后路融合术后融合器沉降危险因素的 Meta 分析森林图

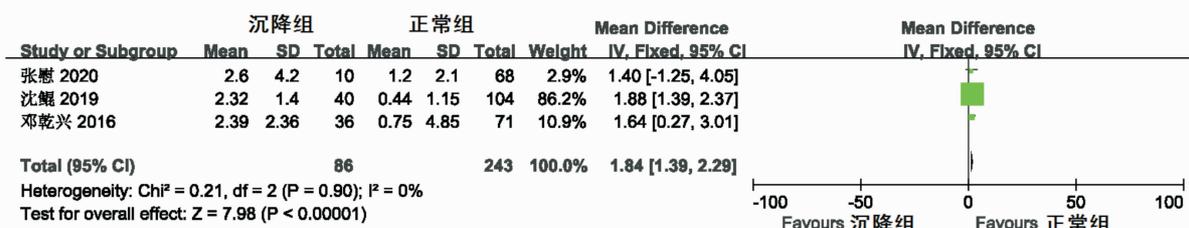


图 12 节段性前凸角矫正值为腰椎后路融合术后融合器沉降危险因素的 Meta 分析森林图

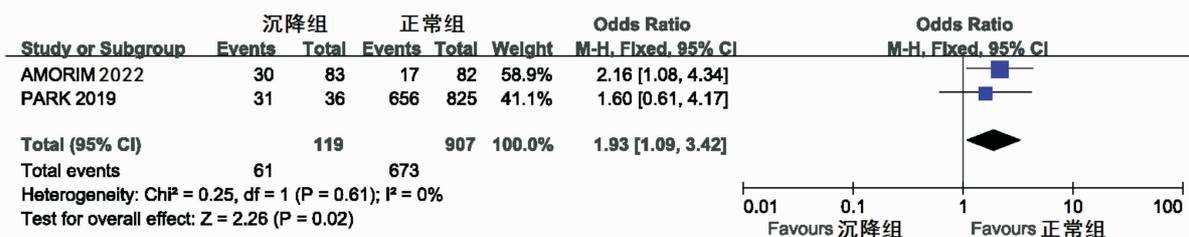


图 13 融合器位于椎间隙后部为腰椎后路融合术后融合器沉降危险因素的 Meta 分析森林图

2.4 描述性分析结果 共有 2 项研究^[13,20]报道了术中损伤终板对融合器沉降的影响,2 项研究之间存在明显异质性($P = 0.001, I^2 = 92\%$),故仅进行描述性分析。Park 等^[13]的研究显示,术中损伤终板是腰椎后路融合术后融合器沉降的危险因素[OR = 32.56, 95% CI(15.01, 70.65), $P = 0.000$];蒋小强^[20]的研究也显示,术中损伤终板是腰椎后路融合术后融合器沉降的危险因素[OR = 3.79, 95% CI(1.44, 9.97), $P = 0.007$]。

2.5 发表偏倚分析结果 基于年龄的发表偏倚分析

结果显示,10 项研究分布基本对称,提示存在发表偏倚的可能性较小(图 14)。

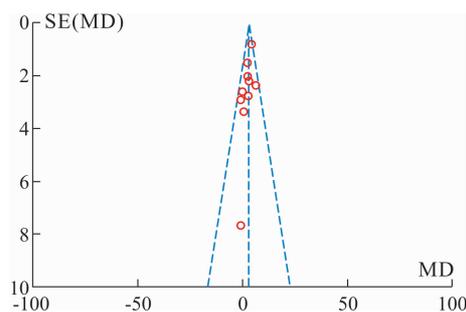


图 14 基于年龄的发表偏倚漏斗图

3 讨论

因具有安全性高、术后恢复快、对脊柱稳定结构影响小等优势,腰椎后路融合术被广泛应用于腰椎退行性疾病的治疗中^[22-25]。但随着该术式在临床的广泛应用,术后融合器沉降的问题逐渐凸显。目前,有关融合器沉降对术后临床症状转归的影响尚存在争议^[26-28]。有研究者认为,融合器沉降是术后普遍存在的影像学表现,是融合器-终板界面载荷分布不均,宿主骨与移植骨缓慢融合的过程,对手术疗效影响较小^[18,29]。另有部分研究者认为,融合器沉降会减小椎间孔的容积,引起脊柱不稳、韧带出现皱褶,会对患者临床症状改善造成明显影响^[30]。我们认为,融合器沉降引起脊柱的不稳定,压迫神经根出现的根性疼痛是客观存在的。因此,了解融合器沉降相关的危险因素具有重要价值。

3.1 影响融合器沉降的因素 近年来,已有多项研究分析了影响融合器沉降的因素,包括患者自身因素、融合器因素及手术操作因素等,但研究结果并不完全一致。

3.1.1 患者自身因素 既往研究表明,高龄与融合器沉降密切相关^[31-32]。本研究的结果显示,年龄是腰椎后路融合术后融合器沉降的危险因素,与上述研究结果一致。Chen 等^[33]指出,女性和较高的体质量指数是融合器沉降的危险因素。但也有研究认为性别、体质量指数与融合器沉降无明显相关性^[13,34]。本研究的结果显示,女性、体质量指数与腰椎后路融合术后融合器沉降的关联无统计学意义。目前已有研究表明,骨质疏松是腰椎术后融合器沉降的危险因素之一^[35-37]。本研究的结果也证实了这一点。Meta 分析结果显示,合并腰椎滑脱症不是腰椎后路融合术后融合器沉降的危险因素。但本研究未能对腰椎滑脱分级程度进行分析,因此该结论还需要更多研究进行佐证。

3.1.2 融合器因素 融合器的选择是腰椎融合固定术的关键环节之一。有研究指出,融合器沉降的发生率可能与融合器的长度、高度有关^[38-39]。一项体外生物力学研究显示,合适长度的融合器通过覆盖坚固的骨突环,可提高责任椎间融合器的稳定性,从而有效避免术后融合器沉降^[40]。较宽的融合器具有更大的接触面积,与具有较小的融合器-终板界面的植入物相比,可提供更有效的轴向载荷传递和出色的节段

稳定性^[41]。此外,有学者建议融合器高度应参考患者术前的椎间高度^[42-43]。本研究的结果显示,融合器长度 ≥ 24 mm、融合器高度 ≥ 12 mm 与腰椎后路融合术后融合器沉降的关联均无统计学意义。我们认为,这可能是由于研究中纳入的发生融合器沉降的病例数较少而出现的统计学误差,需加大沉降组的样本量进一步验证结论的可靠性。

3.1.3 手术操作因素 目前,对于腰椎后路融合节段数量和手术节段是否影响术后融合器沉降的结论尚不统一。本研究中手术节段为 L₅S₁、融合节段 ≥ 2 节段与腰椎后路融合术后融合器沉降的关联均无统计学意义。刘磊等^[36]对腰椎后路融合术后融合器沉降的危险因素进行了分析,结果显示椎间高度矫正值和节段性前凸角矫正值是其独立危险因素。这与本研究结论相符。我们认为可能的原因包括:一方面,椎间隙高度和节段性前凸角的矫正遵循“撑开-弹性回缩”原则,依靠融合器撑开责任间隙后的弹性回缩实现稳固加压;另一方面,适当矫正椎间隙高度和节段性前凸角可使椎间隙获得均匀的压缩力,使融合器和终板界面的接触面积达到最大,从而避免融合器沉降。Kim 等^[44]研究发现,融合器沉降与其放置位置紧密相关,融合器越靠前放置越容易发生沉降。此结论也在 Shiga 等^[45]的研究中得到证实。而另一项研究发现,融合器位置靠后,会增加迟发性融合器下沉的风险^[32]。本研究的结果显示,融合器位置在后部是腰椎后路融合术后融合器沉降的危险因素。目前已有多项研究报告了术中保留终板对预防融合器沉降的重要性^[46-47]。术中损伤终板,会导致融合器-终板界面没有足够强度来维持椎体的稳定^[40]。因此,术中应轻柔操作,避免损伤终板。本研究对纳入的 2 项研究进行描述性分析,证实术中损伤终板是腰椎后路融合术后融合器沉降的危险因素。

3.2 本研究的不足 ①本研究纳入的中文文献较多,可能存在选择偏倚;②纳入的文献仅有 10 篇,部分结局指标对应的文献较少,可能会降低研究结论的可信程度;③纳入的结局指标有限,未能考虑融合器材料、融合率、Modic 改变等其他因素;④关于术后融合器沉降的影像学诊断标准尚未完全统一,由于纳入文献有限,本研究未考虑该因素对研究结果的影响,可能存在一定的选择偏倚;⑤纳入文献的随访时间、手术方案、样本量不同等因素,也可能对研究结果

产生影响。

现有的证据表明,年龄、骨质疏松、椎间隙高度矫正值、节段性前凸角矫正值、融合器位置在后部、术中损伤终板是腰椎后路融合术后融合器沉降的危险因素。

参考文献

- [1] BUSER Z, ORTEGA B, D'ORO A, et al. Spine degenerative conditions and their treatments; national trends in the united states of america[J]. *Global Spine J*, 2018, 8(1): 57-67.
- [2] 张明彦, 刘向阳, 常磊, 等. 腰椎融合过程中终板损伤与术后融合器脱出的关系[J]. *中国组织工程研究*, 2021, 25(18): 2856-2862.
- [3] 闫兵山, 徐宝山, 刘越, 等. 微创与开放经椎间孔椎体间融合治疗腰椎滑脱的 Meta 分析[J]. *中国组织工程研究*, 2017, 21(15): 2453-2460.
- [4] 张燕良, 姬广林, 曾淑娟. 不同手术方法治疗腰椎滑脱合并腰椎管狭窄的临床疗效对比[J]. *广东微量元素科学*, 2017, 24(6): 64-66.
- [5] 崔尚斌, 韩凯, 刘少喻, 等. 腰椎单侧固定与术后侧弯的相关分析[J]. *中国矫形外科杂志*, 2015, 23(19): 1740-1746.
- [6] CAI Y, LUO J, HUANG J, et al. Interspinous spacers versus posterior lumbar interbody fusion for degenerative lumbar spinal diseases; a meta-analysis of prospective studies[J]. *Int Orthop*, 2016, 40(6): 1135-1142.
- [7] 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]. *J Spine Surg*, 2015, 1(1): 2-18.
- [8] MARCHI L, ABDALA N, OLIVEIRA L, et al. Radiographic and clinical evaluation of cage subsidence after stand-alone lateral interbody fusion[J]. *J Neurosurg Spine*, 2013, 19(1): 110-118.
- [9] RAO P J, PHAN K, GIANG G, et al. Subsidence following anterior lumbar interbody fusion (ALIF): a prospective study[J]. *J Spine Surg*, 2017, 3(2): 168-175.
- [10] YAO Y C, CHOU P H, LIN H H, et al. Risk factors of cage subsidence in patients received minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2020, 45(19): E1279-E1285.
- [11] STANG A. Critical evaluation of the Newcastle-Ottawa scale for the assessment of the quality of nonrandomized studies in meta-analyses [J]. *Eur J Epidemiol*, 2010, 25(9): 603-605.
- [12] AMORIM T, PEREIRA C, CATELAS D, et al. Risk factors for cage subsidence and clinical outcomes after transforaminal and posterior lumbar interbody fusion[J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2022, 32(7): 1291-1299.
- [13] PARK M K, KIM K T, BANG W S, et al. Risk factors for cage migration and cage retropulsion following transforaminal lumbar interbody fusion [J]. *Spine J*, 2019, 19(3): 437-447.
- [14] PISANO A J, FREDERICKS D R, STEELMAN T, et al. Lumbar disc height and vertebral Hounsfield units: association with interbody cage subsidence[J]. *Neurosurg Focus*, 2020, 49(2): E9.
- [15] 张慰. 经椎间孔椎体间融合术治疗单节段腰椎退行性疾病术后融合器下沉及危险因素分析[J]. *安徽医药*, 2020, 24(5): 972-976.
- [16] 徐波. 单侧椎弓根钉固定术后 Cage 沉降的临床研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2015.
- [17] 李启基. T-PAL 椎间融合器治疗退行性腰椎不稳症融合器下沉的相关因素分析[D]. 沈阳: 中国医科大学, 2014.
- [18] 沈鲲, 李杰, 程劲. 腰椎退行性病变行 TLIF 术后融合器下沉情况及影响因素 Logistic 回归分析[J]. *颈腰痛杂志*, 2019, 40(3): 359-361.
- [19] 米杰. 腰椎 CT 值与腰椎椎间融合术后融合器沉降的相关性研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2017.
- [20] 蒋小强. 腰椎椎间融合术后融合器下沉的影响因素分析及临床预防的探讨[D]. 成都: 成都中医药大学, 2019.
- [21] 邓乾兴. 经椎间孔单节段腰椎椎间融合术后融合器下沉的危险因素及疗效分析[D]. 重庆: 重庆医科大学, 2016.
- [22] 张腾飞, 王坤, 朱彦谕, 等. 腰椎后路融合术后邻近节段退变相关危险因素的 Meta 分析[J]. *中国组织工程研究*, 2021, 25(12): 1936-1943.
- [23] JANG H D, LEE J C, SEO J H, et al. Comparison of minimally invasive lateral lumbar interbody fusion, minimally invasive lateral lumbar interbody fusion, and open posterior lumbar interbody fusion in the treatment of single-level spondylolisthesis of L4-L5 [J]. *World Neurosurg*, 2022, 158: e10-e18.
- [24] TEMPEL Z J, GANDHOKE G S, OKONKWO D O, et al. Impaired bone mineral density as a predictor of graft subsidence following minimally invasive transpoas lateral lumbar interbody fusion [J]. *Eur Spine J*, 2015, 24 (Suppl 3): 414-419.
- [25] XIE L, WU W J, LIANG Y. Comparison between minimally

- invasive transforaminal lumbar interbody fusion and conventional open transforaminal lumbar interbody fusion: an updated meta - analysis [J]. Chin Med J (Engl), 2016, 129(16) :1969 - 1986.
- [26] 田建平,张凯,孙晓江,等. 腰椎术后融合器沉降危险因素的研究进展 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2015, 25(12) : 1100 - 1103.
- [27] 赵龙,曾建成,谢天航,等. 腰椎椎间融合术后椎间融合器沉降的研究进展 [J]. 中国修复重建外科杂志, 2021, 35(8) :1063 - 1067.
- [28] WU H, SHAN Z, ZHAO F, et al. Poor bone quality, multi-level surgery, and narrow and tall cages are associated with intraoperative endplate injuries and late - onset cage subsidence in lateral lumbar interbody fusion: a systematic review [J]. Clin Orthop Relat Res, 2022, 480(1) : 163 - 188.
- [29] 张建锋,周志杰,赵凤东,等. 腰椎融合器后移的重要因素——间隙上终板后部损伤 [J]. 中华骨科杂志, 2016, 36(14) :914 - 920.
- [30] LIU Z, FEI Q, WANG B, et al. A meta - analysis of unilateral versus bilateral pedicle screw fixation in minimally invasive lumbar interbody fusion [J]. PLoS One, 2014, 9(11) :e111979.
- [31] HE W, HE D, SUN Y, et al. Standalone oblique lateral interbody fusion vs. combined with percutaneous pedicle screw in spondylolisthesis [J]. BMC Musculoskeletal Disorders, 2020, 21(1) :184.
- [32] KO M J, PARK S W, KIM Y B. Effect of Cage in radiological differences between direct and oblique lateral interbody fusion techniques [J]. J Korean Neurosurg Soc, 2019, 62(4) :432 - 441.
- [33] CHEN E, XU J, YANG S, et al. Cage subsidence and fusion rate in extreme lateral interbody fusion with and without fixation [J]. World Neurosurg, 2019, 122 :e969 - e977.
- [34] CHUNG N S, JEON C H, LEE H D, et al. Factors affecting disc angle restoration in oblique lateral interbody fusion at L₅ - S₁ [J]. Spine J, 2021, 21(12) :2019 - 2025.
- [35] OH K W, LEE J H, LEE J H, et al. The correlation between cage subsidence, bone mineral density, and clinical results in posterior lumbar interbody fusion [J]. Clin Spine Surg, 2017, 30(6) :E683 - E689.
- [36] 刘磊,刘国臻,张绍东,等. 骨质疏松对后路单节段腰椎融合术后融合器沉降程度的影响 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2020, 30(2) :111 - 117.
- [37] HOU Y, YUAN W. Influences of disc degeneration and bone mineral density on the structural properties of lumbar endplates [J]. Spine J, 2012, 12(3) :249 - 256.
- [38] JOST B, CRIPTON P A, LUND T, et al. Compressive strength of interbody cages in the lumbar spine: the effect of cage shape, posterior instrumentation and bone density [J]. Eur Spine J, 1998, 7(2) :132 - 141.
- [39] 孙驰,王洪立,姜建元,等. 基于 CT 测量的腰椎间融合器长度选择分析 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2016, 26(7) : 627 - 634.
- [40] LOWE T G, HASHIM S, WILSON L A, et al. A biomechanical study of regional endplate strength and cage morphology as it relates to structural interbody support [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2004, 29(21) :2389 - 2394.
- [41] AGARWAL N, WHITE M D, ZHANG X, et al. Impact of endplate - implant area mismatch on rates and grades of subsidence following stand - alone lateral lumbar interbody fusion: an analysis of 623 levels [J]. J Neurosurg Spine, 2020, 33(1) :1 - 5.
- [42] KIM W J, LEE J W, KIM S M, et al. Precautions for combined anterior and posterior long-level fusion for adult spinal deformity: perioperative surgical complications related to the anterior procedure (oblique lumbar interbody fusion) [J]. Asian Spine J, 2019, 13(5) :823 - 831.
- [43] MALHAM G M, PARKER R M, BLECHER C M, et al. Assessment and classification of subsidence after lateral interbody fusion using serial computed tomography [J]. J Neurosurg Spine, 2015, 23(5) :589 - 597.
- [44] KIM M C, CHUNG H T, CHO J L, et al. Subsidence of polyetheretherketone cage after minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion [J]. J Spinal Disord Tech, 2013, 26(2) :87 - 92.
- [45] SHIGA Y, ORITA S, INAGE K, et al. Evaluation of the location of intervertebral cages during oblique lateral interbody fusion surgery to achieve sagittal correction [J]. Spine Surg Relat Res, 2017, 1(4) :197 - 202.
- [46] KUSLICH S D, ULSTROM C L, GRIFFITH S L, et al. The bagby and kuschich method of lumbar interbody fusion. History, techniques, and 2 - year follow - up results of a United States prospective, multicenter trial [J]. Spine (Phila Pa 1976), 1998, 23(11) :1267 - 1278.
- [47] WEWEL J T, HARTMAN C, URIBE J S. Timing of lateral lumbar interbody subsidence: review of exclusive intraoperative subsidence [J]. World Neurosurg, 2020, 137 :e208 - e212.