

腰椎后路融合术后邻近节段退变相关危险因素的 Meta 分析

<https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-4344.3793>张腾飞¹, 王坤¹, 朱彦谕¹, 梅伟², 王庆德²

2095-4344.3793

投稿日期: 2020-04-13

送审日期: 2020-04-17

采用日期: 2020-05-22

在线日期: 2020-10-27

中图分类号:

R459.9; R605; R619

文章编号:

2095-4344(2021)12-01936-08

文献标识码: A

文章快速阅读:

文章特点一

△对于腰椎后路融合术后邻近节段的退变, 目前已有相关临床研究, 但尚未有大样本的系统评价分析;

△纳入文献 18 篇, 用 RevMan 5.3 软件分析所有纳入文献间的异质性和发表偏倚, 合并各评价指标; 选用各评价指标;

△作者筛选出国内外随访时间超过 2 年以上的文献进行荟萃分析, 客观评价影响腰椎后路融合术后邻近节段退变的危险因素, 扩大对邻近节段退变的认识并对临床工作中的预防提供指导。

评价指标:

(1) 二分类变量指标:

年龄 ≥ 60 岁、性别(女)、吸烟史、骨质疏松、术前存在邻近节段退变、手术方式为后路椎间融合、融合节段 >1 、椎板切除及悬浮固定;

(2) 连续型变量指标: 体质量指数。

文题释义:

腰椎后路融合: 是腰椎手术中应用最广泛的一种经后侧入路的手术, 通过对椎管的广泛减压和椎间或椎板间融合辅助内固定, 从而扩大椎管容积并维持脊柱相对稳定, 常用于治疗退变性腰椎不稳合并椎间盘突出、椎管狭窄或腰椎滑脱。手术方式包括后外侧椎间融合术、后路椎间融合术、经椎间孔椎间融合术等。

邻近节段退变: 指脊柱融合术后融合节段的上方或下方出现椎间盘或椎间关节的退变, 常发生于腰椎融合术后。

摘要

目的: 随着腰椎椎弓根内固定系统的发展, 腰椎后路融合术在治疗腰椎退行性疾病上应用逐渐广泛, 邻近节段退变是腰椎融合术后的远期并发症之一, 影响术后邻近节段退变的危险因素较多, 部分因素尚存争议, 因此有必要进行系统分析。为此文章探讨腰椎后路融合术后发生邻近节段退变的相关危险因素。

方法: 计算机全面检索 PubMed、The Cochrane Library、Embase、中国知网、万方和维普数据库, 并手工检索中外影响因子较高的骨科类杂志, 检索词主要包括“腰椎融合术”“邻近节段退变”“因素”“ASD”“risk factors”等, 搜索年限为建库至 2020 年 3 月, 包含腰椎后路融合术后发生邻近节段退变的单因素和(或)多因素分析。根据纳入及排除标准筛选文献后使用 NOS 量表严格评价文献质量。主要结局指标为年龄 ≥ 60 岁, 次要结局指标包括: 性别(女)、吸烟史、体质量指数、骨质疏松、术前存在邻近节段退变、手术方式为后路椎间融合、融合节段 >1 、椎板切除和悬浮固定, 其中体质量指数为连续型变量指标, 其他均为二分类变量指标。提取相关数据后使用 RevMan 5.3 软件进行统计分析。

结果: ①共计 18 篇文献, 其中 14 篇为高质量文献, 中质量文献 4 篇, 病例对照研究 17 篇, 回顾性队列研究 1 篇, 共纳入腰椎后路融合术后发生邻近节段退变患者 568 例, 对照组 2 936 例; ②年龄 ≥ 60 岁($OR=2.59$, $95\%CI: 1.83-3.67$, $P < 0.000 01$)、吸烟史($OR=1.63$, $95\%CI: 1.17-2.26$, $P=0.004$)、体质量指数($OR=3.54$, $95\%CI: 2.67-4.41$, $P < 0.000 01$)、术前存在邻近节段椎间盘退变($OR=3.68$, $95\%CI: 2.85-4.76$, $P < 0.000 01$)、融合节段 >1 ($OR=1.82$, $95\%CI: 1.39-2.38$, $P < 0.000 01$)均与腰椎后路融合术后发生邻近节段退变显著相关; ③年龄 ≥ 60 岁($OR=2.62$, $95\%CI: 1.71-4.02$, $P < 0.000 01$)、术前存在邻近节段椎间盘退变($OR=4.45$, $95\%CI: 3.08-6.44$, $P < 0.000 01$)、融合节段 >1 ($OR=1.56$, $95\%CI: 1.06-2.31$, $P=0.03$)均是腰椎后路融合术后发生邻近节段退变的独立危险因素。

结论: 性别、骨质疏松、手术方式、椎板切除和悬浮固定与腰椎后路融合术后发生邻近节段退变无明显相关性, 但以上结论还需纳入大样本和高质量的临床研究加以验证。

关键词: 骨; 腰椎; 退变; 骨质疏松; 危险因素; 椎板; 固定; 并发症; Meta 分析

Meta-analysis of risk factors associated with adjacent segment degeneration after lumbar posterior fusion

Zhang Tengfei¹, Wang Kun¹, Zhu Yanyu¹, Mei Wei², Wang Qingde²¹Second School of Clinical Medicine, Henan University of Chinese Medicine, Zhengzhou 450002, Henan Province, China; ²Department of Spinal Surgery, Zhengzhou Orthopedics Hospital, Zhengzhou 450052, Henan Province, China

Zhang Tengfei, Master candidate, Second School of Clinical Medicine, Henan University of Chinese Medicine, Zhengzhou 450002, Henan Province, China

¹河南中医药大学第二临床医学院, 河南省郑州市 450002; ²郑州市骨科医院脊柱外科, 河南省郑州市 450052

第一作者: 张腾飞, 男, 1995 年生, 河南省郑州市人, 汉族, 河南中医药大学在读硕士。

通讯作者: 梅伟, 硕士, 主任医师, 郑州市骨科医院脊柱外科, 河南省郑州市 450052

<https://orcid.org/0000-0002-4510-3949> (张腾飞)

基金资助: 2018 年郑州市科技惠民计划(河南省医学重点学科)(189PKJHM0780), 项目负责人: 梅伟

引用本文: 张腾飞, 王坤, 朱彦谕, 梅伟, 王庆德. 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.



Corresponding author: Mei Wei, Master, Chief physician, Department of Spinal Surgery, Zhengzhou Orthopedics Hospital, Zhengzhou 450052, Henan Province, China

Abstract

OBJECTIVE: With the development of the lumbar pedicle internal fixation system, lumbar posterior fusion has been widely used in the treatment of degenerative diseases of the lumbar spine. Adjacent segment degeneration is one of the long-term complications after lumbar fusion. There are many risk factors affecting postoperative adjacent segment degeneration, some of which are still controversial, so it is necessary to conduct systematic analysis. Thus, this study investigated the risk factors of adjacent segment degeneration after posterior lumbar fusion.

METHODS: A comprehensive computer search was conducted for PubMed, The Cochrane Library, Embase, CNKI, Wanfang, and VIP database. The major orthopedic journals with high impact factors in and outside China were manually searched. The search term mainly included “lumbar fusion”, “adjacent segment degeneration”, “factors”, “ASD” and “risk factors”. The search period was from the database inception to March 2020, including the single-factor or multi-factor analysis of adjacent segment degeneration after lumbar posterior fusion. Literature quality was strictly evaluated using NOS scale after literature was screened according to inclusion and exclusion criteria. The primary outcome measure was age ≥ 60 years. Secondary outcome measures included: gender (female), smoking history, body mass index, osteoporosis, preoperative presence of adjacent segment degeneration, surgical approach of posterior lumbar interbody fusion, fusion segment > 1 , laminectomy, and floating fusion. Among them, body mass index was a continuous variable index, and the rest were binary variables. Relevant data were extracted and statistically analyzed using RevMan 5.3 software.

RESULTS: (1) A total of 18 literatures were included, among which 14 were of high quality, 4 were of medium quality, 17 were case control studies, and 1 was retrospective cohort study. A total of 568 patients with adjacent segment degeneration after lumbar posterior fusion were included, and 2 936 patients in the control group were included. (2) Age ≥ 60 years ($OR=2.59$, $95\%CI:1.83-3.67$), $P < 0.000 01$), smoking history ($OR=1.63$, $95\%CI(1.17-2.26)$, $P=0.004$), body mass index ($OR=3.54$, $95\%CI: 2.67-4.41$), $P < 0.000 01$), preoperative presence of adjacent segment disc degeneration ($OR=3.68$, $95\%CI: 2.85-4.76$), $P < 0.000 01$), fusion segment > 1 ($OR=1.82$, $95\%CI: 1.39-2.38$), $P < 0.000 01$) were strongly correlated with adjacent segment degeneration after posterior lumbar fusion. (3) Age ≥ 60 years ($OR=2.62$, $95\%CI:1.71-4.02$, $P < 0.000 01$), preoperative presence of adjacent segment intervertebral disc degeneration ($OR=4.45$, $95\%CI:3.08-6.44$), $P < 0.000 01$), and fusion segment > 1 ($OR=1.56$, $95\%CI:1.06-2.31$), $P=0.03$] were independent risk factors for adjacent segment degeneration after lumbar posterior fusion.

CONCLUSION: The gender, osteoporosis, operation method, laminectomy, and floating fusion had no obvious correlation with adjacent segment degeneration. However, the above conclusions need to be verified by large-sample and high-quality clinical studies.

Key words: bone; lumbar spine; degeneration; osteoporosis; risk factors; lamina; fixation; complications; meta-analysis

Funding: the Science and Technology Benefiting People Program of Zhengzhou (Key Medical Disciplines in Henan Province), No. 189PKJHM0780 (to MW)

How to cite this article: ZHANG TF, WANG K, ZHU YY, MEI W, WANG QD. Meta-analysis of risk factors associated with adjacent segment degeneration after lumbar posterior fusion. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2021;25(12):1936-1943.

0 引言 Introduction

随着腰椎内固定系统的发展, 后路融合术已广泛应用于治疗各种腰椎退行性疾病, 大量研究已经证明了这种手术方式的有效性, 但术后造成的邻近节段退变和邻近节段病的问题日益严峻, 此为影响腰椎融合术远期疗效的潜在危险因素, 可引起退变节段症状导致二次手术, 为患者带来痛苦和额外的经济负担, 因此成为了临床医生一个不可回避的难题^[1-3]。目前邻近节段退变的发生机制尚不明确, 其危险因素还存在一定的争议, 目前国内外已发表的有关邻近节段退变危险因素的 Meta 分析文章存在文献收集不全面、样本量少及结局指标少等问题, 因此有必要进行系统全面的归纳和总结。

文章从个体因素和手术因素 2 个方面, 纳入目前研究报道中具有争议性结论的危险因素指标, 运用 Meta 分析方法对各项纳入指标进行分析与评价, 旨在获得相对可靠的证据, 为围术期管理和邻近节段退变的预防提供借鉴性指导。

1 资料和方法 Data and methods

1.1 文献检索策略

1.1.1 检索者 由 2 名研究员 (张腾飞

和王坤) 负责检索, 随后由第 3 名研究员 (朱彦谕) 负责交叉核对以减少选择偏倚。若出现争议, 则由 3 人讨论决定是否纳入, 若仍无法解决, 咨询第 4 名统计学专家 (王庆德) 并作最终判定。

1.1.2 检索数据库 计算机检索 PubMed、The Cochrane Library、Embase、中国知网、万方及维普数据库, 并手工检索中外影响因子较高的主要骨科类杂志, 收集有关腰椎后路融合术后发生邻近节段退变危险因素的相关文献。

1.1.3 中英文检索词 中文检索主题词和自由词包括: “腰椎” “腰椎融合术” “腰椎后路融合术” “邻近节段退变” “相邻节段退变” “因素” “危险因素”。英文检索主题词和自由词包括: “lumbar” “lumbar fusion” “lumbar interbody fusion” “LIF” “ASD” “adjacent segment degeneration” “adjacent segment degradation” “adjacent segment disease” “factors” “risk factors”。

1.1.4 文献检索方法 使用 NoteExpress 软件的检索功能对中文数据库进行检索, 使用主题词和自由词联合方式在网

页端进行英文数据库的检索。另外通过翻阅国内外权威期刊目录, 手工检索文献以作补充。以 PubMed 数据库为例, 具体检索方式见图 1。

```
#1 lumbar [Title/Abstract]
#2 lumbar fusion [Title/Abstract]
#3 lumbar interbody fusion [Title/Abstract]
#4 LIF [Title/Abstract]
#5 #1 OR #2 OR #3 OR #4
#6 adjacent segment [Title/Abstract]
#7 adjacent segment degeneration [Title/Abstract]
#8 adjacent segment degradation [Title/Abstract]
#9 adjacent segment disease [Title/Abstract]
#10 ASD [Title/Abstract]
#11 #6 OR #7 OR #8 OR #9 OR #10
#12 factors [Title/Abstract]
#13 risk factors [Title/Abstract]
#14 #12 OR #13
#15 #5 AND #11 AND #14
```

图 1 | PubMed 数据库检索策略

Figure 1 | PubMed search strategy

1.2 文献纳入与排除标准

1.2.1 纳入标准 ①研究对象: 因腰椎退行性疾病已行腰椎后路融合术的患者, 将术后发生邻近节段退变的患者设为观察组, 未发生邻近节段退变的患者设为对照组; ②腰椎后路融合术为开放手术, 包括后路椎间融合 (posterior lumbar interbody fusion, PLIF); 后外侧椎间融合 (posterolateral fusion, PLF); 经

椎间孔椎间融合 (transforaminal lumbar interbody fusion, TLIF); ③影像学诊断符合邻近节段退变的诊断标准^[4-5], 末次随访未出现或已出现临床症状; ④文献类型: 目前已发表的有关腰椎后路融合术后发生邻近节段退变危险因素病例对照研究和回顾性队列研究; ⑤至少包含纳入结局指标的单因素分析结果, 能提取完整的文献数据, 能够计算出比值比 (odds ratio, OR) 和 95% 可信区间 (confidence interval, CI); ⑥文献纳入的危险因素分析指标 ≥ 1 。

1.2.2 排除标准 ①腰椎后路融合术治疗的非退行性脊柱疾病, 如创伤、感染和肿瘤等; ②研究纳入患者曾有腰椎手术史, 或伴有脊柱畸形、类风湿性关节炎及强直性脊柱炎; ③文献重复发表和数据资料不全, 无法与原作者取得联系。

1.3 文献筛选和数据提取 由 2 名研究员独立筛选文献后进行交叉核对, 为减少主观选择性偏倚, 如有分歧, 进行讨论或并与第 3 名研究员协商解决。

1.4 纳入文献的质量评价 所有纳入文献均采用 Cochrane 协作网提供的 Newcastle-Ottawa scale (NOS) 文献质量评价表进行评价^[6], 根据观察组和对照组的研究对象选择、组间可比性和测量结果等方面进行质量评价, 满分 9 分, ≥ 7 分为高质量研究, 6 分为中质

量研究, ≤ 5 分为低质量研究。
1.5 结局指标 资料提取内容主要包括: ①第一作者、发表年限、发表国家、研究类型、研究对象基线特征及随访时间; ②主要结局指标: 年龄 ≥ 60 岁; ③次要结局指标: 性别 (女)、吸烟史、体质量指数、骨质疏松、术前存在邻近节段退变、手术方式为腰椎后路融合、融合节段 >1 、椎板切除和悬浮固定。

1.6 统计学分析 使用 Cochrane 协作网提供的 RevMan 5.3 软件进行 Meta 分析^[7]。二分类变量采用比值比 (OR)、连续型变量采用均数差 (mean difference, MD) 进行统计分析, 各效应指标均给出 95%CI。采用 χ^2 检验分析各研究结果间是否存在异质性 (检验标准: $I^2 < 50\%$)。若 $P > 0.1$ 且 $I^2 < 50\%$, 说明研究之间存在较小异质性, 选择固定效应模型; 若 $P \leq 0.1$ 且 $I^2 \geq 50\%$, 阅读原始文献分析异质性来源, 通过亚组分析或敏感性分析排除异质性影响, 必要时对异质性来源进行描述性分析, 比较分析结果后采用随机效应模型分析。Meta 分析的检验标准为 $\alpha=0.05$ 。文献发表偏倚检测使用漏斗图表示。

2 结果 Results

2.1 文献筛选流程及结果 根据文献检索策略通过计算机全面检索数据库共获

得文献 479 篇, 手工检索获得文献 3 篇, 通过 NoteExpress 软件查找重复文章剔除 74 篇, 阅读标题及摘要剔除 357 篇, 初步纳入 51 篇进行再次筛选, 最终纳入文献 18 篇, 文献筛选流程图见图 2。纳入文献的基本特征见表 1。

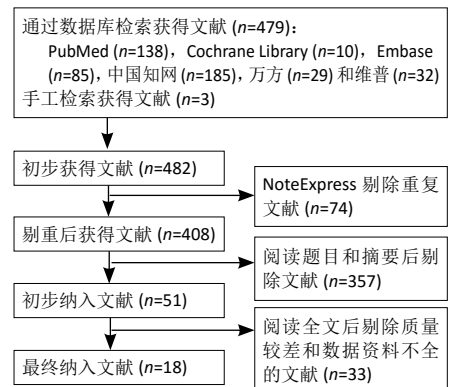


图 2 | 文献筛选流程图

Figure 2 | Flow chart of literature screening

2.2 文献质量评价结果 由 2 名研究员根据 NOS 评分标准对纳入文献进行质量评价, 其中有 14 篇为高质量文献^[8-11, 13, 15, 17-18, 20-25], 有 4 篇为中质量文献^[12, 14, 16, 19]。

2.3 Meta 分析结果 文章首先通过对结局指标的单因素 Meta 分析, 推断出影响腰椎后路融合术后发生邻近节段退变的可疑因素。若存在显著相关性, 将该指标的多因素回归分析数据再次进行系统分析, 确定其是否为独立危险因素。

表 1 | 纳入研究的基本特征和偏倚风险评价

Table 1 | Basic characteristics and bias risk assessment of the included studies

文献	发表年份	国家	研究类型	研究对象例数 (n)		性别 (男/女, n)	纳入指标		随访时间 (月)	NOS 评分
				邻近节段退变组	未发生邻近节段退变组		单因素分析	多因素分析		
徐文彦等 ^[8]	2018	中国	病例-对照研究	23	264	161/126	①②⑥⑦⑧⑨⑩	①⑥⑦	37-60	8
胡建伟等 ^[9]	2016	中国	病例-对照研究	24	468	252/240	①②⑦⑧⑨⑩	①②⑦⑧⑨⑩	48-136	8
吴小宝等 ^[10]	2016	中国	病例-对照研究	34	76	62/48	①②⑧	①⑧	45.2±3.5	7
刘则征等 ^[11]	2010	中国	病例-对照研究	20	127	63/84	②⑥⑧	②⑥⑧	30±10	7
姜文涛等 ^[12]	2017	中国	病例-对照研究	31	110	79/62	①②⑥⑧	-	平均 28	6
马敏等 ^[13]	2014	中国	病例-对照研究	24	59	36/47	②⑥⑧⑩	②⑥⑧⑩	84-127	7
李淳德等 ^[14]	2006	中国	病例-对照研究	10	23	13/20	⑩	-	34-82	6
孙卓然等 ^[15]	2019	中国	回顾性队列研究	74	109	88/95	⑥	⑥	24.9±8.8	7
管俊杰等 ^[16]	2011	中国	病例-对照研究	11	49	38/22	⑧⑩	-	平均 54	6
施劲楠等 ^[17]	2018	中国	病例-对照研究	18	67	46/39	①②⑥⑧	-	39±11	7
慕春黎等 ^[18]	2019	中国	病例-对照研究	60	80	75/65	①②③⑤⑥⑧⑨	①⑤⑥⑧	-	8
黄霖等 ^[19]	2017	中国	病例-对照研究	91	391	221/261	②③	③	24-48	6
WANG 等 ^[20]	2017	中国	病例-对照研究	15	222	131/106	②④⑥⑦⑧	⑥	31.2±2.4	7
OU 等 ^[21]	2015	中国	病例-对照研究	13	177	85/105	①②④⑦⑧	-	23.8±19.2	7
ANANDJIWALA 等 ^[22]	2011	韩国	病例-对照研究	14	54	13/55	①②⑥⑦⑧⑩	-	12-60	8
CHO 等 ^[23]	2009	韩国	病例-对照研究	9	72	37/44	②⑦⑧⑩	-	平均 66	8
SOH 等 ^[24]	2013	韩国	病例-对照研究	21	34	18/37	②⑥⑦⑧	-	> 60	7
BAGHERI 等 ^[25]	2019	伊朗	病例-对照研究	76	554	303/327	②③⑤⑥	-	> 48	7

表注: “-” 为未描述 ①年龄 ≥ 60 岁; ②性别 (女); ③吸烟史; ④体质量指数; ⑤骨质疏松; ⑥术前存在邻近节段退变; ⑦手术方式为 PLIF; ⑧融合节段 >1 ; ⑨椎板切除; ⑩悬浮固定

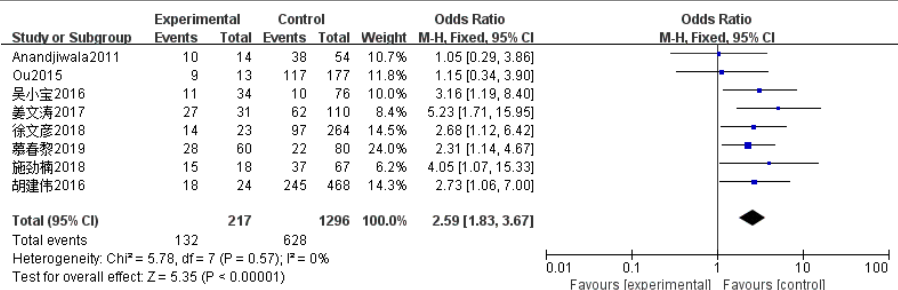
2.3.1 年龄 ≥ 60 岁 在单因素分析中, 以年龄 ≥ 60 岁为观察指标, 共纳入 8 项研究。各研究间无明显异质性 ($P=0.57$, $I^2=0\%$), 采用固定效应模型分析。结果显示, 年龄 ≥ 60 岁与腰椎后路融合术后发生邻近节段退变显著相关 ($OR=2.59$, $95\%CI: 1.83-3.67$, $P < 0.000 01$), 见图 3。多因素分析中, 共纳入 4 项研究。各研究间无明显异质性 ($P=0.96$, $I^2=0\%$), 采用固定效应模型分析。结果显示年龄 ≥ 60 岁是腰椎后路融合术后发生邻近节段退变的独立危险因素 ($OR=2.62$, $95\%CI: 1.71-4.02$, $P < 0.000 01$), 见图 4。

2.3.2 性别 (女) 在单因素分析中, 以性别 (女) 为观察指标, 共纳入 15 项研究。各研究间无明显异质性 ($P=0.97$, $I^2=0\%$), 采用固定效应模型分析。结果显示性别 (女) 与腰椎后路融合术后发生邻近节段退变无显著相关性 ($OR=1.05$, $95\%CI: 0.85-1.28$, $P=0.67$), 见图 5。

2.3.3 吸烟史 在单因素分析中, 以吸烟史为观察指标, 共纳入 3 项研究。各研究间无明显异质性 ($P=0.55$, $I^2=0\%$), 采用固定效应模型分析。结果显示, 吸烟史与腰椎后路融合术后发生邻近节段退变显著相关 ($OR=1.63$, $95\%CI: 1.17-2.26$, $P=0.004$), 见图 6。多因素分析中, 以吸烟史为观察指标, 只纳入 1 项研究。

2.3.4 体质量指数 在单因素分析中, 以体质量指数为观察指标, 共纳入 2 项研究。各研究间无明显异质性 ($P=0.84$, $I^2=0\%$), 采用固定效应模型分析。结果显示体质量指数与腰椎后路融合术后发生邻近节段退变显著相关 ($OR=3.54$, $95\%CI: 2.67-4.41$, $P < 0.000 01$), 见图 7。有 2 篇文献均未对体质量指数进行多因素回归分析。

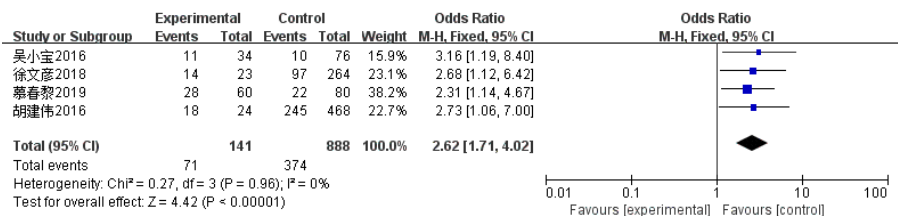
2.3.5 骨质疏松 在单因素分析中, 以骨质疏松为观察指标, 共纳入 2 项研究。各研究间存在较大异质性 ($P=0.04$, $I^2=76\%$), 采用随机效应模型分析。结果显示骨质疏松与腰椎后路融合术后发生邻近节段退变无显著相关性 ($OR=1.27$, $95\%CI: 0.83-1.95$, $P=0.27$), 见图 8。通过敏感性分析发现, 异质性主要来自



图注: 年龄 ≥ 60 岁与腰椎后路融合术后发生邻近节段退变显著相关 ($P < 0.05$)

图 3 | 年龄 ≥ 60 岁指标的单因素分析森林图

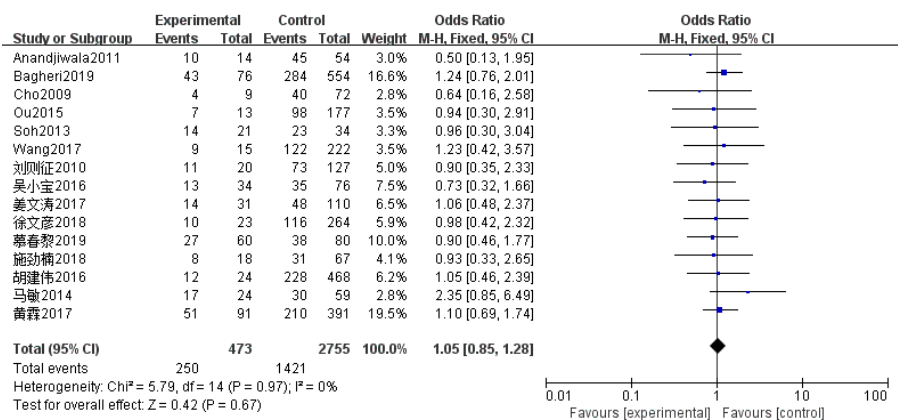
Figure 3 | Forest plot of univariate analysis for age ≥ 60 years old



图注: 年龄 ≥ 60 岁是腰椎后路融合术后发生邻近节段退变的独立危险因素 ($P < 0.05$)

图 4 | 年龄 ≥ 60 岁指标的多因素分析森林图

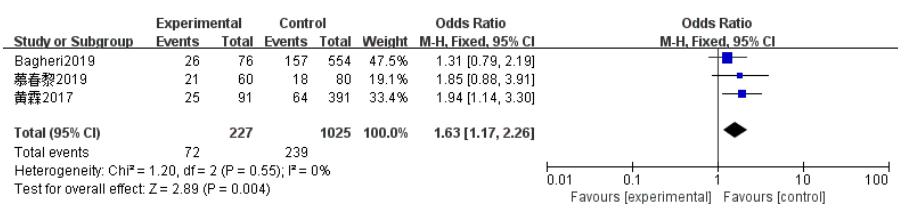
Figure 4 | Forest plot of multivariate analysis for age ≥ 60 years old



图注: 性别 (女) 与腰椎后路融合术后发生邻近节段退变无显著相关性 ($P > 0.05$)

图 5 | 性别 (女) 指标的单因素分析森林图

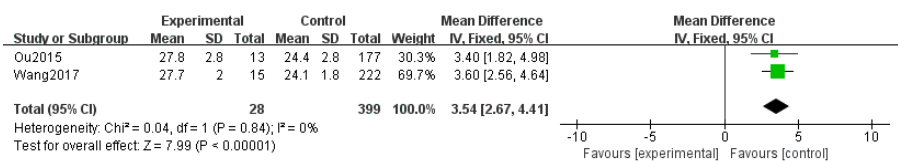
Figure 5 | Forest plot of univariate analysis for gender (female)



图注: 吸烟史与腰椎后路融合术后发生邻近节段退变显著相关 ($P < 0.05$)

图 6 | 吸烟史指标的单因素分析森林图

Figure 6 | Forest plot of univariate analysis for smoking history



图注: 体质量指数与腰椎后路融合术后发生邻近节段退变显著相关 ($P < 0.05$)

图 7 | 体质量指数指标的单因素分析森林图

Figure 7 | Forest plot of univariate analysis for body mass index

慕春黎等^[18]的研究,这可能是因为样本量较小或对纳入患者的主观选择性倚倚导致的,而 BAGHERI 等^[25]的纳入样本量明显更大,结果可能更为可信,但限于该文章纳入该指标的文献仅有 2 篇,故还需更多大样本的荟萃分析验证该结论的可信度。

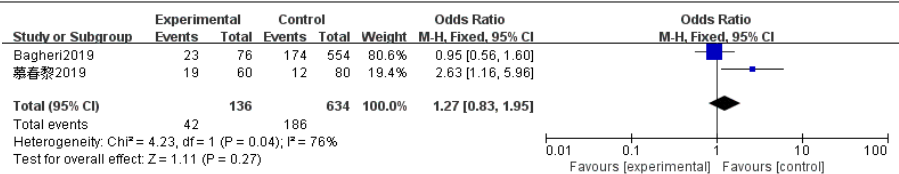
2.3.6 术前存在邻近节段退变 在单因素分析中,以术前存在邻近节段退变为观察指标,共纳入 11 项研究。各研究间无明显异质性 ($P=0.20$, $I^2=25\%$),采用固定效应模型分析。结果显示术前存在邻近节段退变与腰椎后路融合术后发生邻近节段退变显著相关 ($OR=3.68$, $95\%CI: 2.85-4.76$, $P < 0.000 01$),见图 9。

多因素分析中,共纳入 6 项研究。各研究间无明显异质性 ($P=0.43$, $I^2=0\%$),采用固定效应模型分析。结果显示术前存在邻近节段椎间盘退变是腰椎后路融合术后发生邻近节段退变的独立危险因素 ($OR=4.45$, $95\%CI: 3.08-6.44$, $P < 0.000 01$),见图 10。

2.3.7 手术方式为后路椎间融合 在单因素分析中,以后路椎间融合为观察指标,共纳入 7 项研究。各研究间无明显异质性 ($P=0.36$, $I^2=10\%$),采用固定效应模型分析。结果显示手术方式为后路椎间融合与腰椎后路融合术后发生邻近节段退变无显著相关性 ($OR=1.43$, $95\%CI: 0.96-2.13$, $P=0.08$),见图 11。

2.3.8 融合节段 >1 在单因素分析中,以融合节段 >1 为观察指标,共纳入 13 项研究。各研究间无明显异质性 ($P=0.12$, $I^2=33\%$),采用固定效应模型分析。结果显示融合节段 >1 与腰椎后路融合术后发生邻近节段退变显著相关 ($OR=1.82$, $95\%CI: 1.39-2.38$, $P < 0.000 1$),见图 12。多因素分析中,共纳入 5 项研究。各研究间无明显异质性 ($P=0.13$, $I^2=43\%$),采用固定效应模型分析。结果显示融合节段 >1 是腰椎后路融合术后发生邻近节段退变的独立危险因素 ($OR=1.56$, $95\%CI: 1.06-2.31$, $P=0.03$),见图 13。

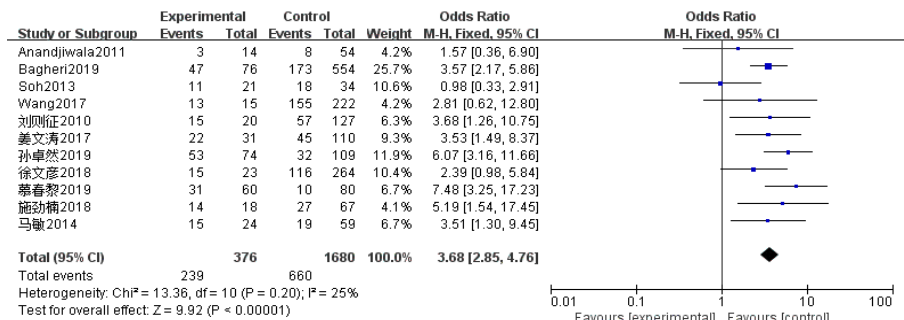
2.3.9 椎板切除 在单因素分析中,以椎板切除为观察指标,共纳入 3 项研究。各研究间无明显异质性 ($P=0.35$,



图注:骨质疏松与腰椎后路融合术后发生邻近节段退变无显著相关性 ($P > 0.05$)

图 8 | 骨质疏松指标的单因素分析森林图

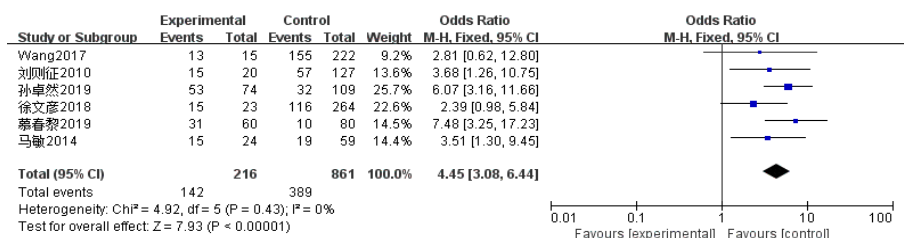
Figure 8 | Forest plot of univariate analysis for osteoporosis



图注:术前存在邻近节段退变与腰椎后路融合术后发生邻近节段退变显著相关 ($P < 0.05$)

图 9 | 术前存在邻近节段退变指标的单因素分析森林图

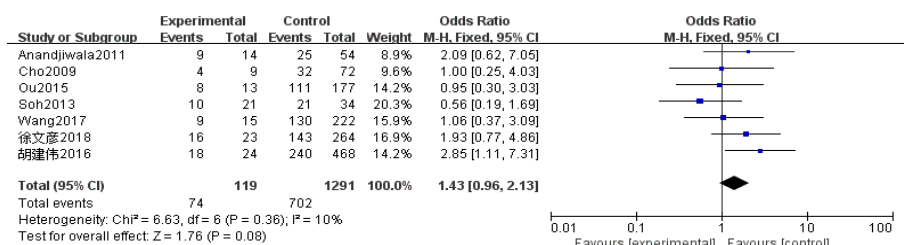
Figure 9 | Forest plot of univariate analysis for preoperative presence of adjacent segment intervertebral disc degeneration



图注:术前存在邻近节段退变是腰椎后路融合术后发生邻近节段退变的独立危险因素 ($P < 0.05$)

图 10 | 术前存在邻近节段退变指标的多因素分析森林图

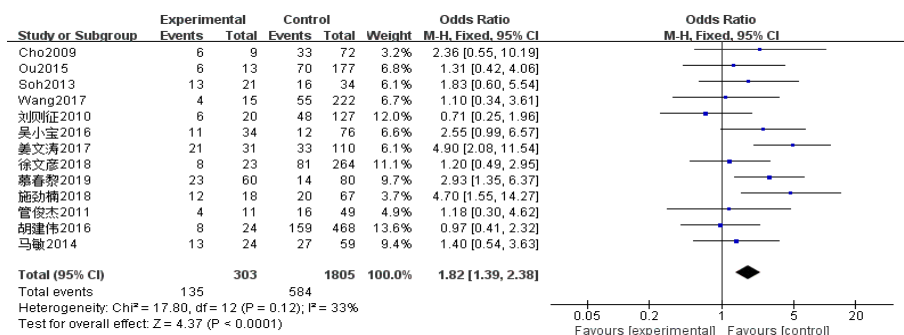
Figure 10 | Forest plot of multivariate analysis for preoperative presence of adjacent segment intervertebral disc degeneration



图注:手术方式为后路椎间融合与腰椎后路融合术后发生邻近节段退变无显著相关性 ($P > 0.05$)

图 11 | 手术方式为后路椎间融合指标的单因素分析森林图

Figure 11 | Forest plot of univariate analysis for operation method of posterior lumbar interbody fusion



图注:融合节段 >1 与腰椎后路融合术后发生邻近节段退变显著相关 ($P < 0.05$)

图 12 | 融合节段 >1 指标的单因素分析森林图

Figure 12 | Forest plot of univariate analysis for fusion segment > 1

$I^2=4\%$), 采用固定效应模型分析。结果显示, 椎板切除与腰椎后路融合术后发生邻近节段退变无显著相关性 ($OR=1.22$, $95\%CI$: $0.78-1.92$, $P=0.39$), 见图 14。

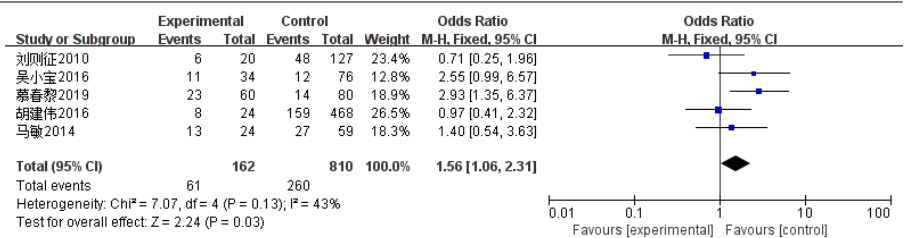
2.3.10 悬浮固定 在单因素分析中, 以悬浮固定为观察指标, 共纳入 7 项研究。各研究间无明显异质性 ($P=0.99$, $I^2=0\%$), 采用固定效应模型分析。结果显示悬浮固定与腰椎后路融合术后发生邻近节段退变无显著相关性 ($OR=1.22$, $95\%CI$: $0.80-1.86$, $P=0.36$), 见图 15。

2.4 发表偏倚分析 根据 Cochrane 手册中关于发表偏倚分析漏斗图的描述, 绘制相关结局指标的漏斗图。通过漏斗图对各指标进行发表偏倚检验, 可见大部分研究随机分布于漏斗图中上部, 且较为对称, 提示存在发表偏倚的可能性较小。逐一剔除各个文献后发现各结局指标的 OR 值与 P 值无较大改变, 说明文章结果可靠。但部分研究样本量较少, 可能存在小样本效应, 见图 16。

3 讨论 Discussion

随着腰椎融合技术的广泛应用, 术后邻近节段退变的问题已成为临床医生关注的重点, 相关研究报道其发生率达 $21.3\%-31.9\%$ ^[26]。邻近节段退变的影像学改变主要表现为相邻节段椎体的退变, 包括椎间隙高度的降低、骨赘的增生、椎间盘信号降低和后方关节突关节增生等。一般认为椎体融合后融合节段椎间载荷应力消失, 邻近节段活动度增加, 邻近节段退变的发生取决于相邻节段承受增加的轴向负荷以及代偿额外运动需求的能力。目前已有较多研究报道了影响邻近节段退变的因素, 包括个体因素和手术因素^[1, 27], 但存在一些结论不一且相互矛盾的情况, 因此有必要对已发表文献进行合并并进行系统的 Meta 分析, 得到较为可靠的证据。

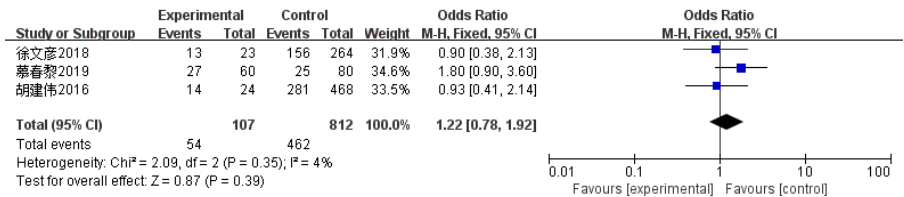
既往研究发现, 高龄患者术后发生邻近节段退变和再手术的概率要更高^[28-29]。OMAIR 等^[30]分析影响融合节段邻近椎间盘高度的危险因素, 结果显示高龄、遗传因素和融合手术分别占总解释方差的 45%, 45% 和 7%, 认



图注: 融合节段 >1 是腰椎后路融合术后发生邻近节段退变的独立危险因素 ($P > 0.05$)

图 13 | 融合节段 >1 指标的多因素分析森林图

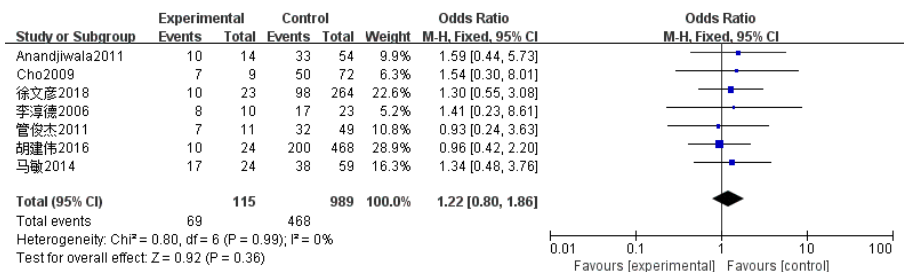
Figure 13 | Forest plot of multivariate analysis for fusion segment > 1



图注: 椎板切除与腰椎后路融合术后发生邻近节段退变无显著相关性 ($P > 0.05$)

图 14 | 椎板切除指标的单因素分析森林图

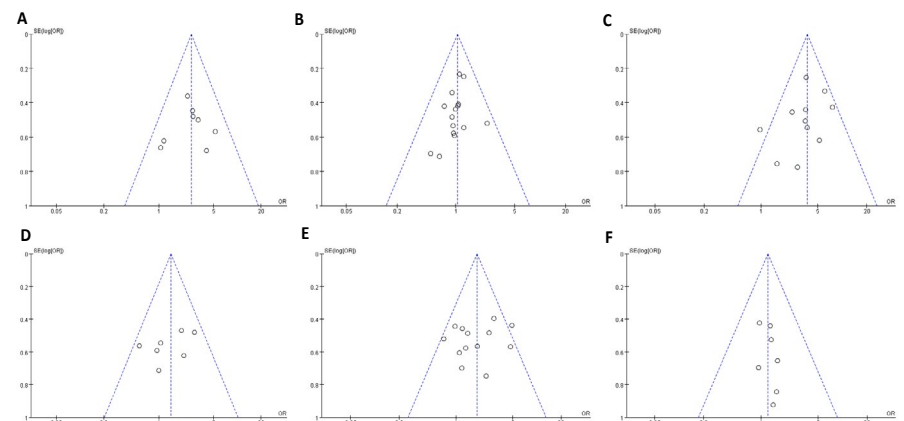
Figure 14 | Forest plot of univariate analysis for laminectomy



图注: 悬浮固定与腰椎后路融合术后发生邻近节段退变无显著相关性 ($P > 0.05$)

图 15 | 悬浮固定指标的单因素分析森林图

Figure 15 | Forest plot of univariate analysis for floating fusion



图注: 图 A-F 分别为年龄 ≥ 60 岁、性别、术前存在邻近节段退变、后路椎间融合、融合节段 >1 和悬浮固定 6 个因素对腰椎后路融合术后发生邻近节段退变影响的漏斗图; 漏斗图 A-E 基本对称, 无明显发表偏倚; 漏斗图 F 基本对称, 有 2 篇研究样本量较少^[14, 16], 可能存在小样本效应

图 16 | 文章发表偏倚分析结果

Figure 16 | Results of publication bias analysis

为高龄是影响腰椎融合术后邻近节段椎间盘高度降低的决定性因素。该文章结果显示, 术后发生邻近节段退变组中年龄大于 60 岁的患者比例高于未发生邻近节段退变组, 具有显著相关性, 与既往研究结论相符。作者认为

其原因为: 一方面, 随着年龄的增长, 椎间盘内水分及蛋白多糖减少, 更易发生髓核突出或因力线后移引起的椎间不稳; 另一方面, 脊柱融合术后力学的改变加速了自然退变的进程。

吸烟是否是腰椎融合术后邻近节

段退变发生的危险因素,尚存一定争议。HERMANN 等^[31]通过对比吸烟对腰椎融合的影响差异,显示不吸烟者的融合率明显高于吸烟者,且吸烟者极易因骨不愈合再次手术。但也有一些研究认为吸烟与邻近节段退变的发生并不存在明显关联^[32]。该文通过对比两组间有吸烟史患者的比例,结果发现有显著性差异,根据结果认为吸烟者更容易在脊柱融合术后发生邻近节段退变,但纳入文献方法学质量一般,还需要大样本、前瞻性的研究来证实其可靠程度。

已有较多研究表明较高的体质指数与邻近节段退变具有一定关联^[33-34],超重可导致腰椎负荷增大,椎间隙变窄,关节突关节应力增大,易发生椎间盘的退行性改变。该文中邻近节段退变组的体质指数较未发生邻近节段退变组要高,结果比较有显著性差异,表明较高的体质指数可影响腰椎后路融合术后邻近节段退变的发生,符合既往研究结论的观点。同时文章还对比了邻近节段退变组和未发生邻近节段退变组的性别和骨质疏松的差异,结果显示差异无显著性意义,两者均不是腰椎后路融合术后发生邻近节段退变的相关因素。

多数研究已证实术前存在邻近节段退变是融合术后发生邻近节段退变的高危因素^[35-36]。术前邻近节段退变包括椎间盘退变突出、椎间小关节增生不稳、椎管狭窄等多种退变因素导致的病理学改变。ZHONG 等^[37]的回顾性研究报道,术中邻近节段减压和术前存在邻近节段椎管狭窄是发生邻近节段退变的危险因素。该文结果显示,邻近节段退变组术前已存在邻近节段退变比例较未发生邻近节段退变组高,结果有显著性意义。多因素分析结果显示,术前存在邻近节段退变是腰椎后路融合术后发生邻近节段退变的独立危险因素,与既往研究结论相符。

NAGATA 等^[38]设计的一项动物实验结果显示,腰椎融合术后邻近节段活动度和小关节负荷的增加程度与融合节段数成正比,此结论同样在 RAMIREZ 等^[2]近期的研究成果中予以了证实。但有一些研究报道,融合节段数量与邻

近节段退变并无关联^[24, 33]。因此目前的争议焦点在于,邻近节段退变的发生究竟是一个自然退变的过程还是融合手术引起的节段应力变化所导致。TOBERT 等^[39]研究认为,从生物力学变化来看,椎间盘通过连接椎体起到稳定脊柱和缓冲力的作用,同时将轴向载荷逐级向下传递从而维持正常的运动,融合手术改变了施加于邻近节段的应力,导致了椎间盘内压增大以及关节突关节增生。从细胞水平变化来看,融合术后邻近节段椎间盘内压增高导致炎症级联反应如蛋白多糖和分解代谢酶的释放,椎间盘持续缺氧,营养物质传输受阻最终导致椎间盘的退行性改变和邻近节段退变。文章结果显示,多节段融合术后邻近节段退变的发生率高于单节段融合,结果有显著性差异。上述 Meta 分析结果显示,高龄、术前邻近节段退变及多节段融合均是融合术后发生邻近节段退变的独立危险因素,因此作者认为,高龄及术前存在邻近节段退变已是退变发生的潜在因素,融合后应力的改变加速了该节段的退变,邻近节段退变的发生应是个体因素和融合手术后生物力学改变协同作用的结果。

李冬月等^[40]对腰椎融合固定后发生腰椎侧凸的相关因素进行了研究,结果显示邻近节段退变的远期并发症与术前腰椎侧凸角,术前腰椎前凸角和固定节段数密切相关,而术前腰椎侧凸角及术前腰椎前凸角则是独立危险因素。这与文章结果结论相符。也有许多研究报道了腰椎-骨盆矢状位参数对术后发生邻近节段退变的影响^[41-42],包括术前矢状轴过小以及固定节段到腰椎前凸的端椎等均是后路椎间融合术后发生邻近节段退变风险的特征。近年来一些学者研究发现融合术后邻近节段活动强度增大,椎间隙变小。BERG 等^[43]对患者腰椎融合术后邻近节段活动范围进行长期随访,结果显示邻近节段为 L₃₋₄, L₄₋₅ 的活动范围(°)较术前均增加,较术前有显著性差异。刘啸等^[44]报道了影响融合术后邻椎旋转活动强度的风险因素,结果显示邻近节段退变组的上位邻椎相对旋转角度明显大于非邻近节段退变

组,且上位邻椎的相对旋转角度大于下位邻椎。融合术后邻椎的活动范围可能是邻近节段退变的预测性因素之一。

目前诸多研究对于腰椎后路融合术式、椎板切除和悬浮固定是否影响术后邻近节段退变的结论不一,文章结果显示 3 者均与腰椎后路融合术后发生邻近节段退变无明显相关性。作者通过数据库检索,有 2 篇研究与文章相似^[45-46]。郝俊龙等^[45]的研究发现术前存在邻近节段退变与无邻近节段退变在腰椎融合术后邻近节段退变的发生率比较有显著差异,与该文结果一致,但另一结果显示腰椎融合术后邻近节段退变的发生率与融合节段多少无关。作者认为导致结论不符合的原因可能是,该篇的研究中融合节段指标仅纳入 2 篇文献,而文章中纳入 13 篇文献,结果更有说服力。ZHANG 等^[46]的系统评价中,融合节段、手术方式及椎板切除 3 因素的结论与文章相同,并重点研究了邻近节段退变与邻近节段退变的短期和长期的发病率,其他相关因素并未展开评价。文章通过检索近 5 年来相关国内外文献,分析各种腰椎后路融合术后发生邻近节段退变的危险因素,纳入文献篇数量多,结局指标较为全面,数据较为可靠。

但该文章也具有一定的局限性:①未纳入随机对照试验及前瞻性研究,且中国文献较多,可能存在一定偏倚性;②各文献的患者资料收集、手术处理、影像学测量、数据处理资料不完全相同,存在的偏差可能对结果准确性造成一定影响;③除主要指标外,其他一些指标能合并的文献较少,这可能在一定程度上降低了该指标的论证强度;④文章纳入文献随访时间不一致,需要更多的前瞻性和随机对照研究进一步论证影响腰椎后路融合术发生邻近节段退变的短期和长期因素。

综上,腰椎后路融合术后发生邻近节段退变与年龄、吸烟史、体质指数、术前邻近节段退变及融合节段密切相关,其中年龄≥60岁、术前存在邻近节段退变及融合节段>1是腰椎后路融合术后发生邻近节段退变的独立危险因素,在行融合术前应充分考虑患者

的个体情况并评估术后邻近节段退变风险，行合理的治疗手段以减少二次手术率。同时，腰椎融合术后发生邻近节段退变是由多因素导致的，尚需要更多临床研究证实各因素的权重，从而制订个体化的治疗策略。

致谢：感谢郑州市骨科医院及河南省中医院的支持。特别感谢梅伟导师和王庆德博士对论文写作提出了指导性建议，感谢每一位作者的劳动与付出。

作者贡献：梅伟负责文章设计。张腾飞、王坤和朱彦谕负责资料收集。张腾飞负责数据分析和撰写论文。王庆德负责审核。

经费支持：该文章接受了“2018年郑州市科技惠民计划(河南省医学重点学科)(189PKJHM0780)”的资助。所有作者声明，该经费支持没有影响文章观点和对研究数据客观结果的统计分析及其报道。

利益冲突：文章的全部作者声明，在课题研究过程和文章撰写过程不存在利益冲突。

写作指南：该研究遵守《系统综述和荟萃分析报告规范》(PRISMA声明)。

生物统计学分析：该研究经过河南中医药大学生物统计学专家核实。

文章查重：文章出版前已经过专业反剽窃文献检测系统进行3次查重。

文章外审：文章经小同行外审专家双盲外审，同行评议认为文章符合期刊发稿宗旨。

文章版权：文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。

开放获取声明：这是一篇开放获取文章，根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享 4.0”条款，在合理引用的情况下，允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展，同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献，并为之建立索引，用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

4 参考文献 References

[1] MARAGKOS GA, MOTIEI-LANGROUDI R, FILIPPIDIS AS, et al. Factors predictive of adjacent segment disease after lumbar spinal fusion. *World Neurosurg.* 2020;133:e690-e694.

[2] RAMIREZ-VILLAESCUSA J, LOPEZ-TORRES HJ, MARTIN-BENLLOCH A, et al. Risk factors related to adjacent segment degeneration: retrospective observational cohort study and survivorship analysis of adjacent unfused segments. *Br J Neurosurg.* 2019;33(1):17-24.

[3] ALENTADO VJ, LUBELSKI D, HEALY AT, et al. Predisposing characteristics of adjacent segment disease after lumbar fusion. *Spine (Phila Pa 1976).* 2016;41(14):1167-1172.

[4] PFIRRMANN CW, METZDORF A, ZANETTI M, et al. Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration. *Spine.* 2001;26(17):1873-1878.

[5] GHISELLI G, WANG JC, HSU WK, et al. L5-S1 segment survivorship and clinical outcome analysis after L4-L5 isolated fusion. *Spine.* 2003;28(12):1275-1280.

[6] WELLS GA. The Newcastle-Ottawa Scale (NOS) for assessing the quality of nonrandomised studies in meta-analyses[C]. 2000.

[7] 何俐. Cochrane 系统评价软件 RevMan 简介 [J]. *中国循证医学*, 2001,1(3):168-169.

[8] 徐文彦. 腰椎融合术后发生邻近节段退变的相关因素分析 [J]. *颈腰痛杂志*, 2018,39(6):741-744.

[9] 胡建伟, 尹承慧, 张帅. 腰椎后路融合术后邻近节段退变疾病再手术的危险因素分析 [J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2016,31(7):712-714.

[10] 吴小宝, 龚进红. 腰椎内固定融合术后邻近节段退变的影响因素研究 [J]. *实用骨科杂志*, 2016,22(8):723-725.

[11] 刘则征, 张忠民, 金大地. 腰椎融合内固定术后邻近节段退变的影响因素 [J]. *南方医科大学学报*, 2010,30(5):1134-1137.

[12] 姜文涛, 梅伟, 王庆德, 等. 腰椎融合术后邻近节段退变的影响因素分析 [J]. *中医正骨*, 2017,29(3):3-5.

[13] 马敏, 吴德升, 黄宇峰, 等. 腰椎融合术后邻近节段退变的长期随访观察 [J]. *同济大学学报 (医学版)*, 2014,35(5):51-55.

[14] 李淳德, 于峥嵘, 刘宪义, 等. 腰椎内固定融合术后邻近节段退变的影响因素 [J]. *中华外科杂志*, 2006,44(4):246-248.

[15] 孙卓然, 李危石, 郭扬, 等. 腰椎融合术前相邻节段存在退变因素对术后早期临床疗效的影响 [J]. *中国修复重建外科杂志*, 2019,33(7):837-844.

[16] 管俊杰, 石志才. 后路腰椎椎间融合术对邻近节段退变的影响 [J]. *脊柱外科杂志*, 2011,9(2):83-87.

[17] 施劲楠. 腰椎融合内固定术后退行性病变的发生情况及影响因素分析 [J]. *医学理论与实践*, 2018,31(16):2437-2438.

[18] 慕春黎, 王朋. PLIF 术后邻近节段退变的危险因素分析 [J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2019,34(1):87-89.

[19] 黄霖, 蔡兆鹏, 陈铿, 等. 腰椎椎间融合术后邻近节段退变的术前相关因素回顾性分析 [J]. *骨科临床与研究杂志*, 2017,2(1):1-5.

[20] WANG H, MA L, YANG D, et al. Incidence and risk factors of adjacent segment disease following posterior decompression and instrumented fusion for degenerative lumbar disorders. *Medicine.* 2017;96(5):e6032.

[21] OU CY, LEE TC, LEE TH, et al. Impact of body mass index on adjacent segment disease after lumbar fusion for degenerative spine disease. *Neurosurgery.* 2015;76(4):396-402.

[22] ANANDJIWALA J, SEO J, HA K, et al. Adjacent segment degeneration after instrumented posterolateral lumbar fusion: a prospective cohort study with a minimum five-year follow-up. *Eur Spine J.* 2011;20(11):1951-1960.

[23] CHO K, KANG S, YOO D, et al. Risk factors and surgical treatment for symptomatic adjacent segment degeneration after lumbar spine fusion. *J Korean Neurosurg Soc.* 2009;46(5):425.

[24] SOH J, LEE JC, SHIN BJ. Analysis of risk factors for adjacent segment degeneration occurring more than 5 years after fusion with pedicle screw fixation for degenerative lumbar spine. *Asian Spine J.* 2013;7(4):273.

[25] BAGHERI SR, ALIMOHAMMADI E, ZAMANI FROUSHANI A, et al. Adjacent segment disease after posterior lumbar instrumentation surgery for degenerative disease: incidence and risk factors. *J Orthop Surg.* 2019;27(2):920543725.

[26] XIA XP, CHEN HL, CHENG HB. Prevalence of adjacent segment degeneration after spine surgery: a systematic review and meta-analysis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2013;38(7):597-608.

[27] ZHONG ZM, DEVIREN V, TAY B, et al. Adjacent segment disease after instrumented fusion for adult lumbar spondylolisthesis: incidence and risk factors. *Clin Neurol Neurosurg.* 2017;156:29-34.

[28] SEARS WR, SERGIDES IG, KAZEMI N, et al. Incidence and prevalence of surgery at segments adjacent to a previous posterior lumbar arthrodesis. *Spine J.* 2011;11(1):11-20.

[29] LEE JC, KIM Y, SOH J, et al. Risk factors of adjacent segment disease requiring surgery after lumbar spinal fusion. *Spine.* 2014;39(5):E339-E345.

[30] OMAIR A, MANNION AF, HOLDEN M, et al. Age and pro-inflammatory gene polymorphisms influence adjacent segment disc degeneration more than fusion does in patients treated for chronic low back pain. *Eur Spine J.* 2016;25(1):2-13.

[31] HERMANN PC, WEBLER M, BORNEMANN R, et al. Influence of smoking on spinal fusion after spondylosis surgery: a comparative clinical study. *Tech Health Care.* 2016;24(5):737-744.

[32] PARK JS, SHIM KD, SONG YS, et al. Risk factor analysis of adjacent segment disease requiring surgery after short lumbar fusion: the influence of rheumatoid arthritis. *Spine J.* 2018;18(9):1578-1583.

[33] LIANG J, DONG Y, ZHAO H. Risk factors for predicting symptomatic adjacent segment degeneration requiring surgery in patients after posterior lumbar fusion. *J Orthop Surg Res.* 2014;9(1):97.

[34] KIM JY, RYU DS, PAIK HK, et al. Paraspinal muscle, facet joint, and disc problems: risk factors for adjacent segment degeneration after lumbar fusion. *Spine J.* 2016;16(7):867-875.

[35] YUGUÉ J, OKADA S, MASUDA M, et al. Risk factors for adjacent segment pathology requiring additional surgery after single-level spinal fusion: impact of pre-existing spinal stenosis demonstrated by preoperative myelography. *Eur Spine J.* 2016;25(5):1542-1549.

[36] LEE CS, HWANG CJ, LEE S, et al. Risk factors for adjacent segment disease after lumbar fusion. *Eur Spine J.* 2009;18(11):1637-1643.

[37] ZHONG Z, DEVIREN V, TAY B, et al. Adjacent segment disease after instrumented fusion for adult lumbar spondylolisthesis: incidence and risk factors. *Clin Neurol Neurosurg.* 2017;156:29-34.

[38] NAGATA H, SCHENDEL M J, TRANSFELDT EE, et al. The effects of immobilization of long segments of the spine on the adjacent and distal facet force and lumbosacral motion. *Spine (Phila Pa 1976).* 1993;18(16):2471-2479.

[39] TOBERT DG, ANTOCI V, PATEL SP, et al. Adjacent segment disease in the cervical and lumbar spine. *Clin Spine Surg.* 2017;30(3):94-101.

[40] 李冬月, 海涌, 孟祥龙, 等. 短节段腰椎固定融合术治疗退变性腰椎侧凸的并发症及危险因素分析 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2019,29(10):882-887.

[41] MATSUOKA Y, ENDO K, SUZUKI H, et al. Postoperative radiographic early-onset adjacent segment degeneration after single-level L₄-L₅ posterior lumbar interbody fusion in patients without preoperative severe sagittal spinal imbalance. *Asian Spine J.* 2018;12(4):743-748.

[42] ZHENG G, WANG C, WANG T, et al. Relationship between postoperative lordosis distribution index and adjacent segment disease following L4-S1 posterior lumbar interbody fusion. *J Orthop Surg Res.* 2020;15(1):129.

[43] BERG S, TROPPE HT, LEIVSETH G. Disc height and motion patterns in the lumbar spine in patients operated with total disc replacement or fusion for discogenic back pain. Results from a randomized controlled trial. *Spine J.* 2011;11(11):991-998.

[44] 刘啸, 杨晓松, 于淼, 等. 腰椎融合术后相邻节段旋转角度、椎间活动度及椎间隙高度变化的临床分析 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2019,29(2):109-115.

[45] 郝俊龙, 陈永刚, 夏亚一, 等. 腰椎融合术后发生邻近节段椎间盘退变的系统评价 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2011,19(5):361-364.

[46] ZHANG C, BERVEN SH, FORTIN M, et al. Adjacent segment degeneration versus disease after lumbar spine fusion for degenerative pathology: a systematic review with meta-analysis of the literature. *Clin Spine Surg.* 2016;29(1):21-29.