

休门氏病矫形术后近端交界区后凸的发生率及危险因素的 Meta 分析

王 勇, 陈 璇, 张艺博, 张瀚雷, 刘景臣, 高忠文

(吉林大学中日联谊医院骨科 130033 长春市)

【摘要】目的:通过 Meta 分析探讨休门氏病(Scheuermann's disease)矫形术后近端交界区后凸(proximal junctional kyphosis, PJK)的发生率及相关危险因素。**方法:**检索 PubMed、Embase、Cochrane Library、中国知网以及万方数据库(从建库到 2021 年 11 月),对休门氏病患者矫形术后发生 PJK 的相关研究进行检索。采用纽卡斯-渥太华量表(Newcastle-Ottawa Scale, NOS)对纳入研究进行质量评价,提取纳入研究的结局指标,包括 PJK 的发生率、年龄、性别、手术术式、近端固定椎(proximal instrumented vertebra, PIV)相较于近端转向椎(proximal end vertebra, PEV)的位置、PIV 的位置、脊柱后凸矫正量、骨盆入射角(pelvic incidence, PI)、术前与术后腰椎前凸(lumbar lordosis, LL)、术前与术后骨盆倾斜度(pelvic tilt, PT)、术前与术后骶骨斜坡(sacral slope, SS)、术前与术后胸椎后凸(thoracic kyphosis, TK)、PI-LL、矫正的丢失度、TK 矫正率。用 Revman 5.3 软件进行统计分析。使用固定或随机效应模型,单个率采用优势比(odds ratios, OR),连续性变量采用加权平均差异(weighted mean difference, WMD),并给出可信区间(confidence interval, CI)为 95%。**结果:**共纳入 17 篇文献,均为高质量队列研究。总计 784 例患者,其中 213 例休门氏病患者在矫形手术后发生了 PJK(PJK 组 213 例),非 PJK 组 571 例,随访时间为 35.72±14.16 个月。Meta 分析结果显示,PJK 的总发生率为 23%(RD 0.23, 95%CI 0.13~0.33, $P<0.00001$);PIV 的位置(OR 0.37, 95%CI 0.16~0.85, $P=0.02$)、脊柱后凸的矫正量(OR 4.52, 95%CI 1.72~11.90, $P=0.002$)两组之间存在统计学差异,当 PIV 的固定位置在 T5~T8 之间 PJK 的发生率显著上升,当脊柱后凸的矫正量>50%时 PJK 的发生率也显著上升;而 PI(WMD -1.51, 95%CI -4.75~1.73, $P=0.36$)、年龄(WMD 0.15, 95%CI -1.80~2.09, $P=0.88$)、性别(OR 1.08, 95%CI 0.39~2.97, $P=0.88$)、手术术式(OR 1.2, 95%CI 0.65~2.22, $P=0.55$)、PIV 相较于 PEV 的位置(OR 0.6, 95%CI 0.32~1.14, $P=0.12$)、术前 LL(WMD -1.22, 95%CI -5.86~3.41, $P=0.60$)、术后 LL(WMD -1.43, 95%CI -6.02~3.16, $P=0.54$)、术前 PT(WMD 0.63, 95%CI -1.82~3.08, $P=0.62$)、术后 PT(WMD 4.03, 95%CI -1.71~9.78, $P=0.17$)、术前 SS(WMD -0.10, 95%CI -3.40~3.19, $P=0.95$)、术后 SS(WMD -1.15, 95%CI -3.95~1.67, $P=0.42$)、术前 TK(WMD 1.38, 95%CI -1.21~3.98, $P=0.30$)、术后 TK(WMD 3.13, 95%CI -0.56~6.817, $P=0.10$)、PI-LL(WMD -2.40, 95%CI -6.92~2.12, $P=0.30$)、矫正的丢失度(WMD -0.49, 95%CI -2.92~1.93, $P=0.69$)及 TK 的矫正率(WMD -4.22, 95%CI -12.63~4.18, $P=0.32$)两组之间均无统计学差异。**结论:**休门氏病患者矫形术后 PJK 的发生率为 23%,当 PIV 的固定位置在 T5~T8 之间时,PJK 的发生率显著上升;当脊柱后凸的矫正量>50%时,PJK 的发生率也显著上升。

【关键词】休门氏病;近端交界性后凸;危险因素;Meta 分析

doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2022.07.06

中图分类号:R687.3, R619 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2022)-07-0619-12

A Meta-analysis of the incidence and risk factors of proximal junctional kyphosis after correction surgery for Scheuermann's disease/WANG Yong, CHEN Xuan, ZHANG Yibo, et al/Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2022, 32(7): 619-630

【Abstract】Objectives: To investigate the incidence of proximal junctional kyphosis (PJK) after orthopaedic surgery for Scheuermann's disease and associated risk factors through Meta-analysis. **Methods:** Database such as PubMed, Embase, Cochrane Library, CNKI, and Wanfang were searched from inception to November 2021

基金项目:吉林省自然科学基金(省联合基金白求恩医学专项)(编号:20200201401JC)

第一作者简介:男(1996-),医学硕士研究生在读,研究方向:脊柱外科

电话:(0431)85166245 E-mail:wangyong19@mails.jlu.edu.cn

通讯作者:高忠文 E-mail:gaozw0202@jlu.edu.cn

for studies related to the occurrence of PJK in patients with Scheuermann's disease after orthopedics surgery. The Newcastle-Ottawa Scale(NOS) was used to evaluate the quality of the included studies, and the outcome indicators of the included studies were extracted, including the incidence of PJK, age and gender, the surgical procedure, relative position of proximal instrumented vertebra(PIV) to proximal end vertebra(PEV), the position of PIV, the amount of kyphosis correction, the pelvic incidence(PI), and pre- and post-operative lumbar lordosis(LL), pelvic tilt(PT), sacral slope(SS), and thoracic kyphosis(TK), PI-LL, correction loss, and TK correction rate. Statistical analyses were performed using Revman 5.3 software. A fixed or random effects model was used with odds ratios(OR) for single rate and weighted mean difference(WMD) for continuous variables, and confidence intervals CI was 95%. **Results:** A total of 17 high quality cohort studies were included in this meta-analysis, involving 784 patients, of which 213 patients with Scheuermann's disease developed PJK after corrective surgery(PJK group) and the other 571 cases were included in non-PJK group. The follow-up time was 35.72 ± 14.16 months. Meta-analysis showed that the overall incidence of PJK was 23%(RD 0.23, 95%CI 0.13-0.33, $P < 0.00001$), and there were significant differences between groups in PIV position(OR 0.37, 95%CI 0.16-0.85, $P = 0.02$) and the amount of correction of kyphosis(OR 4.52, 95%CI 1.72-11.90, $P = 0.002$), with a significantly higher incidence of PJK when the fixed position of the upper vertebrae was between T5 and T8 and also when the amount of kyphosis correction was $>50\%$. There was no significant difference between groups in PI(WMD -1.51, 95%CI -4.75-1.73, $P = 0.36$), age(WMD 0.15, 95%CI -1.80-2.09, $P = 0.88$), sex(OR 1.08, 95%CI 0.39-2.97, $P = 0.88$), surgical procedure(OR 1.2, 95%CI 0.65-2.22, $P = 0.55$), relative position of PIV to PEV(OR 0.6, 95%CI 0.32-1.14, $P = 0.12$), preoperative LL(WMD -1.22, 95%CI -5.86-3.41, $P = 0.60$), postoperative LL(WMD -1.43, 95%CI -6.02-3.16, $P = 0.54$), preoperative PT(WMD 0.63, 95%CI -1.82-3.08, $P = 0.62$), postoperative PT(WMD 4.03, 95%CI -1.71-9.78, $P = 0.17$), preoperative SS(WMD -0.10, 95%CI -3.40-3.19, $P = 0.95$), postoperative SS(WMD -1.15, 95%CI -3.95-1.67, $P = 0.42$), preoperative TK(WMD 1.38, 95%CI -1.21-3.98, $P = 0.30$), postoperative TK(WMD 3.13, 95%CI -0.56-6.817, $P = 0.10$), PI-LL(WMD -2.40, 95%CI -6.92-2.12, $P = 0.30$), correction loss (WMD -0.49, 95%CI -2.92-1.93, $P = 0.69$), and correction rate of TK(WMD -4.22, 95%CI -12.63-4.18, $P = 0.32$). **Conclusions:** The incidence of PJK after orthopaedic surgery in patients with Scheuermann's disease was 23%, with a significant increase in the incidence of PJK when the fixation position of the upper vertebrae was between T5 and T8 and when the amount of kyphosis correction was $>50\%$.

[Key words] Scheuermann's disease; Proximal junctional kyphosis; Risk factors; Meta analysis

[Author's address] Department of Orthopaedic Surgery, China-Japan Union Hospital of Jilin University, Changchun, 130033, China

休门氏病(Scheuermann's disease)是一种僵硬性脊柱后凸畸形,以中段胸椎及胸腰段发病较为多见。这种畸形在影像学表现为连续三个椎体前缘楔形变超过 5° ,其他常见的包括椎体终板的不规则、椎间隙的丧失和 Schmorl 结节^[1]。对于严重的脊柱后凸($>70^\circ$)、进行性的神经功能缺损、严重的背部疼痛以及外观问题等,则需要通过手术来解决^[2,3]。近端交界性后凸(proximal junctional kyphosis,PJK)一直是脊柱畸形矫形术后的主要问题,在休门氏病中也备受关注^[4,5]。当矫形术后上端椎的下终板与向上两个相邻椎体的上终板之间的角度 $\geq 10^\circ$ 或近端交界处矢状位 Cobb 角较术前增加 10° 则被定义为 PJK^[6]。既往文献报道,休门氏病矫形术后 PJK 的发生率在 $20\% \sim 30\%$ ^[7,8]。

此外,导致休门氏病矫形术后 PJK 的危险因素也尚未有明确的定义,脊柱的矢状位排列参数正日益受到关注,且尚不清楚这些参数对于 PJK 的影响。确定危险因素并将 PJK 发生率降低至关重要。因此,我们通过 Meta 分析探讨休门氏病患者矫形术后 PJK 的发生率以及危险因素,以期扩大对休门氏病的认识和 PJK 的预防。

1 资料与方法

1.1 文献检索策略

使用 PubMed、Embase、Cochrane Library、中国知网以及万方数据库对截止至 2021 年 11 月 1 日的休门氏病患者矫形术后发生 PJK 的研究进行检索,PubMed 的检索策略为:“(PJK) OR

(proximal junctional kyphosis)) AND (Scheuermann) OR (Juvenile Osteochondrosis of Spine)) OR (Spine Juvenile Osteochondroses)) OR (Spine Juvenile Osteochondrosis)) OR (Adolescent Kyphosis)) OR (Adolescent Kyphoses)) OR (Adolescent Hyperkyphosis)) OR (Adolescent Hyperkyphoses)) OR (Juvenile Kyphosis)) OR (Juvenile Kyphoses))"; 中文检索策略为:“(篇关摘=休门)和(篇关摘=近端交界性后凸)。

1.2 文献纳入与排除标准

纳入标准:(1)研究设计方案为病例对照研究和队列研究;(2)研究人群,诊断为休门氏病并接受矫形手术者,无脊柱手术史,文献中纳入的 PJK 患者必须符合 PJK 的定义;(3)随访至少 1 年;(4)充分的数据(对于连续性变量文献中需给出指标平均值±标准差,对于计数变量则给出指标的个数)。排除标准:(1)病例报道、信件、综述、会议和未报告感兴趣的结论的研究被排除在外。如果两篇文献可能存在重复的研究人群,只保留信息量最大的一份,以避免信息重复。

1.3 数据提取

每篇文献由两位评价者独立提取以下数据。(1)基本信息:第一作者、发表年份、国家、有无 PJK 患者的数量、手术时年龄、随访时间及研究设计。(2)两项及两项以上研究中提出的危险因素,包括年龄、性别、手术术式、近端固定椎(Proximal instrumented vertebra, PIV)相较于近端转向椎(proximal end vertebra, PEV)的位置、PIV 的位置、脊柱后凸矫正量、骨盆入射角(pelvic incidence, PI)、术前与术后末次随访腰椎前凸(lumbar lordosis, LL)(以下术后末次随访仅以术后表达)、术前与术后骨盆倾斜度(pelvic tilt, PT)、术前与术后骶骨斜坡(sacral slope, SS)、术前与术后胸椎后凸(thoracic kyphosis, TK)、PI-LL、矫正的丢失度、TK 矫正率。

1.4 质量评价

检索的文献由两名独立的研究人员进行筛选和质量评价,当产生分歧时,介入第三名研究者,通过讨论达成一致。首先通过阅读题目和摘要进行初筛;随后对剩余文献阅读全文,按照纳入和排除标准筛选出符合条件的文献,并进行质量评价,病例对照研究和队列研究采用纽卡斯-渥太华量表(Newcastle-Ottawa Scale, NOS)^[9]评价合格研究

的质量。

1.5 数据分析

所有数据分析均用 RevMan 5.3(北欧考克兰中心,哥本哈根,丹麦)。单个率采用危险差(risk difference, RD),二分类变量采用优势比(odds ratios, OR),连续性变量采用加权平均差异(weight mean difference, WMD),并给出 95%可信区间(confidence interval, CI)。P<0.05 为有统计学意义。 $I^2 \leq 50\%$,异质性较小,采用固定效应模型; $I^2 > 50\%$,异质性较大,采用随机效应模型。

1.6 发表偏倚的评估

利用 Begg's 漏斗图评估发表偏倚的存在,当漏斗图对称时,发表偏倚的可能性被认为很小,否则认为发表偏倚较大。一般以单项研究的效应大小为横坐标,以样本含量为纵坐标。如果样本量小,研究精度低,则分布在漏斗图的底部,分散在周围。如果样本量大,研究精度高,则分布在漏斗图的顶部,集中在中间。

2 结果

2.1 文献检索

根据检索策略初步检索文献 259 篇,利用软件剔除重复文献 36 篇,通过阅读标题和摘要剔除明显不符合纳入标准的文献共 31 篇,后经仔细阅读全文,进一步剔除与纳入排除标准不符的文献 175 篇,最终纳入 17 篇文献^[5,7,8,10-23],其中英文文献 16 篇,中文文献 1 篇,均为队列研究。文献检索流程见图 1,纳入文献的特点见表 1。

2.2 文献质量评价

根据 NOS 评价,17 篇文献中,15 篇得分为 8 分,2 篇为 7 分(表 2),均为高质量文献。

2.3 Meta 分析结果

2.3.1 休门氏病矫形术后 PJK 发生率 共 17 篇文献纳入本研究,共 784 例患者,其中 213 例休门氏病患者在矫形手术后发生了 PJK。行异质性检验($P < 0.00001$, $I^2 = 96\%$),采用敏感性分析来探究异质性来源,逐个排除纳入文献再合并,显示各组异质性仍然较高,说明结果可靠,采取随机效应模型,PJK 的总体发生率为 23% (RD 0.23 95%CI 13%~33%)(图 2)。

2.3.2 休门氏病矫形术后 PJK 的危险因素

2.3.2.1 年龄 共有 3 篇^[5,17,20]文献纳入对年龄的分析,共计 113 例患者,包括 PJK 组 25 例,非 PJK

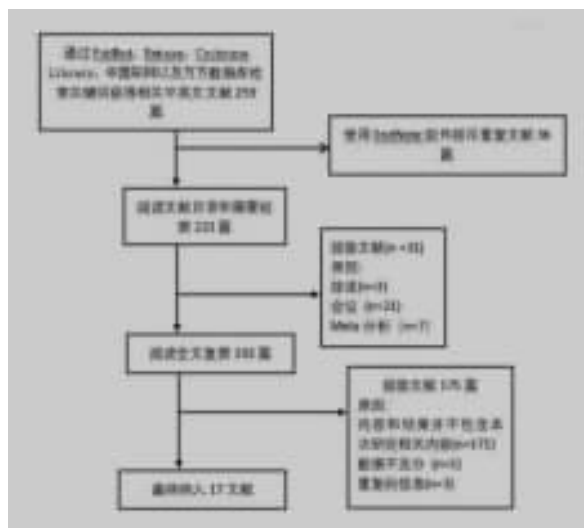


图 1 文献检索流程图

Figure 1 Flow chart of literature search

组 88 例, 行异质性检验 ($P=0.0003$, $I^2=88\%$), $P>50\%$, 异质性较高, 去除一项研究^[5]后, 异质性降低 ($I^2=16\%$), 采用固定效应模型分析, 结果显示年龄两组间差异无统计学意义 (WMD 0.15, 95%CI -1.80~2.09, $P=0.88$, 图 3)。

2.3.2.2 性别 3 篇^[5,17,20]文献纳入性别分析, 共纳入 113 例患者, 男性组 85 例, 女性组 28 例, 行异质性检验 ($P=0.45$, $I^2=0\%$), 合并后两组间无异质性, 采用固定效应模型, 结果显示两组间无统计学差异 (OR 1.08, 95%CI 0.39~2.97, $P=0.88$, 图 4)。

2.3.2.3 手术术式 5 篇^[5,15,16,19,21]文献纳入分析, 共 234 例患者, 其中前后路组 115 例, 单纯后路手术组 119 例, 行异质性分析 ($P=0.77$, $I^2=0\%$), 两组间无异质性, 采用固定效应模型, 结果显示两组间

表 1 纳入研究的基本特征

Table 1 Basic characteristics of the included study

作者与年份 Author and Year	国家 Country	样本数量 Sample size		手术时的年龄 (岁) Age	随访时间 Follow-up time	研究类型 Research type
		PJK 组 PJK	非 PJK 组 non-PJK			
Pamela 1990 ^[5]	美国 USA	1	13	17(13~26)	2.8(1~5.5)年 (years)	回顾性队列研究 Retrospective cohort
Lowe 1994 ^[7]	美国 USA	10	22	25.8(14.3~57.6)	42(24~74)个月 (months)	回顾性队列研究 Retrospective cohort
Baron 2007 ^[8]	美国 USA	25	53	16.7±2.5	2.9±1.4 年 (years)	回顾性队列研究 Retrospective cohort
Adem 2017 ^[10]	土耳其 Turkey	3	17	19	41(24~82)个月 (months)	回顾性队列研究 Retrospective cohort
Ali 2014 ^[11]	美国 USA	5	13	16.7 (15.7~17.6)	2.8(0.5~4.8)年 (years)	回顾性队列研究 Retrospective cohort
Lonner 2018 ^[12]	美国 USA	23	72	16(13~24.1)	≥2 年 (years)	前瞻性队列研究 Prospective cohort
Francis 2009 ^[13]	美国 USA	20	67	37(16~51)	73(60~164)个月 (months)	回顾性队列研究 Retrospective cohort
Klyak 2020 ^[14]	土耳其 Turkey	4	26	22.2	≥3 年 (years)	回顾性队列研究 Retrospective cohort
Guillaume 2017 ^[15]	德国 Germany	30	101	23±10	50.8(0.1~328)个月 (months)	回顾性队列研究 Retrospective cohort
Harm 2015 ^[16]	荷兰 Netherlands	15	17	44(34~63)	18(14~21)个月 (months)	回顾性队列研究 Retrospective cohort
Luigi 2015 ^[17]	英国 UK	7	30	18.8±3.0(17~25)	4.1±1.9(2.3~10)个月 (months)	回顾性队列研究 Retrospective cohort
Luísa 2021 ^[18]	葡萄牙 Portugal	2	17	18.4	6(2~12)年 (years)	回顾性队列研究 Retrospective cohort
McDonnell 2020 ^[19]	英国 UK	47	15	18.8±5.8	2.9(1~7)年 (years)	回顾性队列研究 Retrospective cohort
Michael 2020 ^[20]	中国 China	17	45	18.6±8.5	42.5±16.4 个月 (months)	回顾性队列研究 Retrospective cohort
Stanley 2006 ^[21]	美国 USA	2	37	17.7±4.0	67.5(36~146)个月 (months)	回顾性队列研究 Retrospective cohort
Teoman 2004 ^[22]	土耳其 Turkey	2	8	18(14~23)	60(32~90)个月 (months)	回顾性队列研究 Retrospective cohort
白云松 2021 ^[23]	中国 China	0	18	13.2±1.9	38.10±15.32 个月 (months)	回顾性队列研究 Retrospective cohort

无统计学差异 (OR 1.2, 95% CI 0.65~2.22, $P=0.55$, 图 5)。

2.3.2.4 关于 PIV 相较于 PEV 的固定位置 共有 6 篇^[5,7,8,12,13,16]文献纳入, 共 192 例患者, 其中 PIV=PEV 组 104 例, PIV<PEV 组 88 例, 行异质性

分析($P=0.02$, $I^2=62\%$), $P>50\%$, 异质性较高, 去除一项研究^[13]后, 异质性消除($I^2=0\%$), 采用固定效应模型, 结果显示两组间无统计学差异(OR 0.6, 95% CI 0.32~1.14, $P=0.12$, 图 6)。

2.3.2.5 PIV 的位置 共有 4 篇^[5,8,16,20]文献纳入, 共 175 例患者, 其中 T1~T4 组 125 例, T5~T8 组 50 例, 两组无异质性($P=0.61$, $I^2=0\%$), 采用固定效应模型分析, 结果显示两组间有统计学差异(OR 0.37, 95% CI 0.16~0.85, $P=0.02$, 图 7), 当 PIV 固定在 T5~T8 时, PJK 的发生率上升。

2.3.2.6 脊柱后凸矫正量 共纳入 2 篇^[7,13]文献, 共 90 例患者, 其中后凸矫正量 $>50\%$ 组 28 例患者, 后凸矫正量 $<50\%$ 组 62 例, 无异质性($P=0\%$), 采用固定效应模型分析, 结果显示两组间有统计学差异 (OR 4.52, 95% CI 1.72~11.90, $P=0.002$), 当脊柱后凸矫正量 $>50\%$ 与 PJK 的发生存在显著关系(图 8)。

2.3.2.7 PI 共纳入四篇^[8,12,17,20]文献, 共 272 例患者, 其中 PJK 组 72 例, 非 PJK 组 200 例, 两组间存在异质性($P=0.07$, $I^2=58\%$), 去除 1 篇^[17]文献后, 异质性消除($P=0\%$), 采用固定效应模型分析, 合并后两组间无统计学差异(WMD -1.51, 95% CI -4.75~1.73, $P=0.36$, 图 9)。

2.3.2.8 术前与术后 LL 术前 LL 共纳入 3 篇文献^[7,17,20], 共 131 例患者, PJK 组 34 例, 非 PJK 组

表 2 根据纽卡斯尔-渥太华质量评估表进行质量评估

Table 2 Quality assessment according to NOS

	研究人群 的选择 Selection	组间可 比性 Comparability	暴露 Exposure	分数 Score
Pamela 1990 ^[5]	3	2	3	8
Lowe 1994 ^[7]	3	2	3	8
Baron 2007 ^[8]	2	2	3	7
Adem 2017 ^[10]	3	2	3	8
Ali 2014 ^[11]	3	2	3	8
Lonner 2018 ^[12]	3	2	3	8
Francis 2009 ^[13]	3	2	3	8
Klyak 2020 ^[14]	2	2	3	7
Guillaume 2017 ^[15]	3	2	3	8
Harm 2015 ^[16]	3	2	3	8
Luigi 2015 ^[17]	3	2	3	8
Luisa 2021 ^[18]	3	2	3	8
McDonnell 2020 ^[19]	3	2	3	8
Michael 2020 ^[20]	3	2	3	8
Stanley 2006 ^[21]	3	2	3	8
Teoman 2004 ^[22]	3	2	3	8
白云松 2021 ^[23]	3	2	3	8

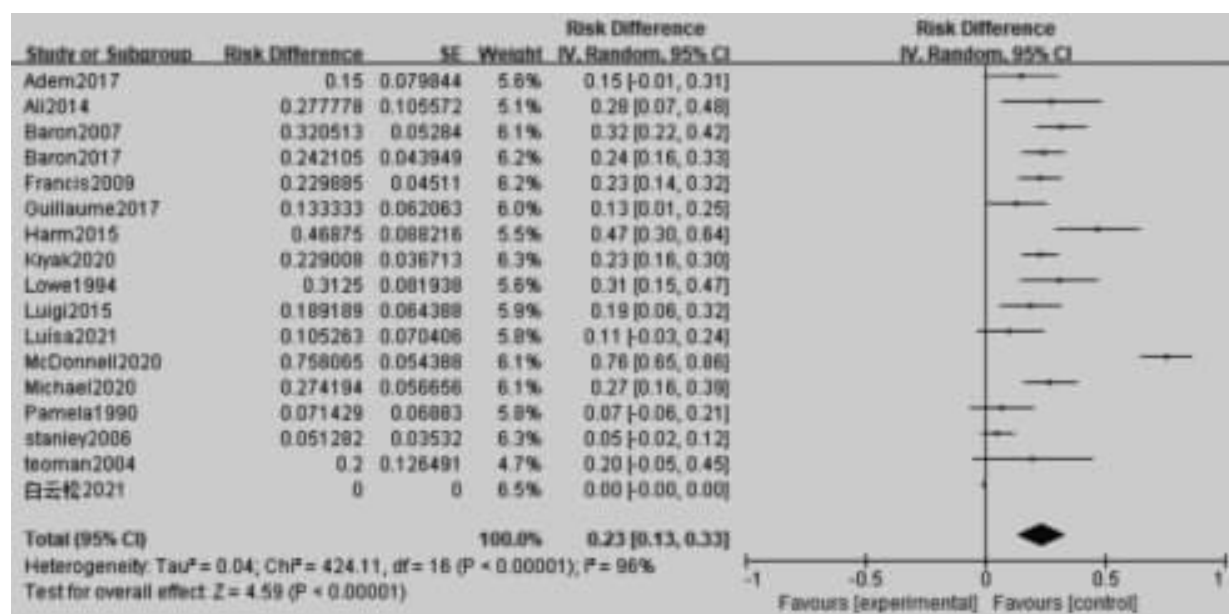


图 2 PJK 的发生率;逆方差(inverse variance, IV)(统计方法);CI,置信区间

Figure 2 Incidence of PJK; IV, inverse variance(statistical method); CI, confidence interval

97例,不存在异质性($P=0\%$),采用固定效应模型分析,结果两组间无统计学差异(WMD -1.22, 95%CI -5.86~3.41, $P=0.60$,图 10)。术后 LL 同样纳入 3 篇^[7,17,20]文献,PJK 组 34 例,非 PJK 组 97 例,两组无异质性($P=0\%$),采用固定效应模型分析,结果显示两组间无统计学差异(WMD -1.43, 95%CI -6.02~3.16, $P=0.54$,图 11)。

2.3.2.9 术前与术后 PT 3 篇^[12,17,20]文献被纳入分析,共 194 例患者,PJK 组 47 例,非 PJK 组 147 例,异质性 $>50\%$ ($P=0.08$, $I^2=59\%$),去除 1 篇^[17]文

献后,异质性消除($P=0\%$),合并结果后采用固定效应模型分析显示两组无统计学差异(WMD 0.63, 95%CI -1.82~3.08, $P=0.62$,图 12)。术后 PT 同样纳入 3 篇^[12,17,20]文献,PJK 组 47 例,非 PJK 组 147 例,异质性较高($P=0.02$, $I^2=74\%$),排除文献后,异质性依然较高,采用随机效应模型,结果两组间无统计学差异(WMD 4.03, 95%CI -1.71~9.78, $P=0.17$,图 13)。

2.3.2.10 术前与术后 SS 术前 SS 纳入了 3 篇文献^[12,17,20],共 194 例患者,PJK 组 47 例,非 PJK 组

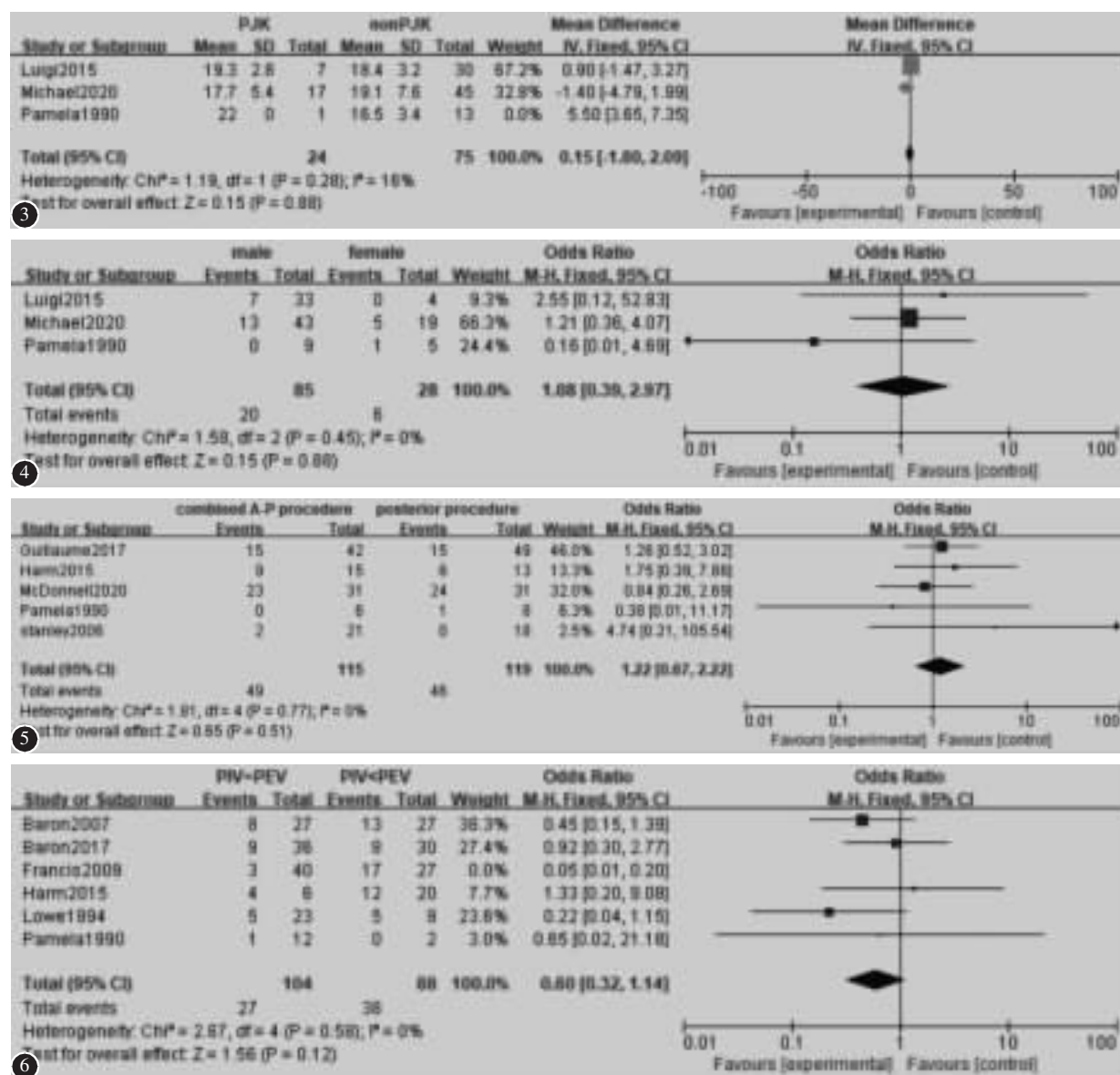


图 3 PJK 组与非 PJK 组关于年龄的森林图 图 4 PJK 组与非 PJK 组关于性别的森林图 图 5 PJK 组与非 PJK 组关于手术术式的森林图 图 6 PJK 组与非 PJK 组关于 PIV 相较于 PEV 的固定位置的森林图

Figure 3 Forest plot of age Figure 4 Forest plot of gender Figure 5 Forest plot of surgical procedures Figure 6 Forest plot of the PIV

147例,无异质性($P=0.81, I^2=0\%$),采用固定效应模型分析,结果显示两组间无统计学差异(WMD $-0.10, 95\%CI -3.40\sim 3.19, P=0.95$, 图 14)。术后 SS 同样纳入 3 篇^[12,17,20]文献,共 194 例患者,PJK 组 47 例,非 PJK 组 147 例,无异质性($P=0.75, I^2=$

0%),采用固定效应模型分析,结果显示两组间无统计学差异(WMD $-1.15, 95\%CI -3.95\sim 1.67, P=0.42$,图 15)。

2.3.2.11 术前与术后 TK (近端最倾斜的椎体的上终板与远端最倾斜的椎体的下终板之间的夹

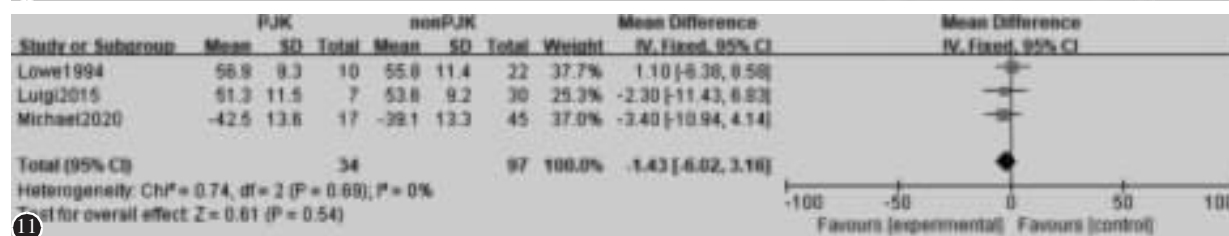
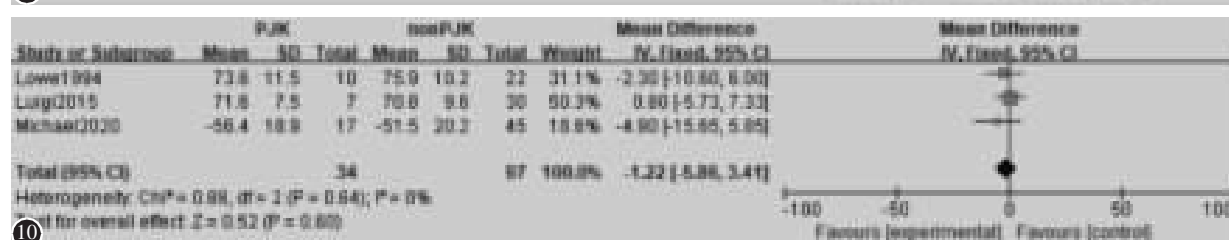
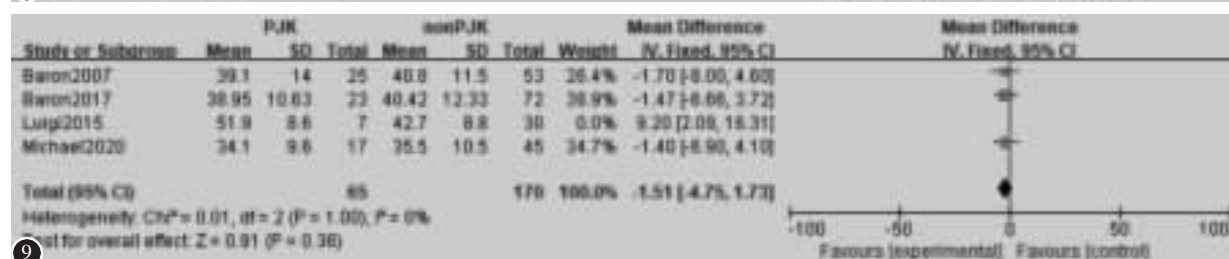
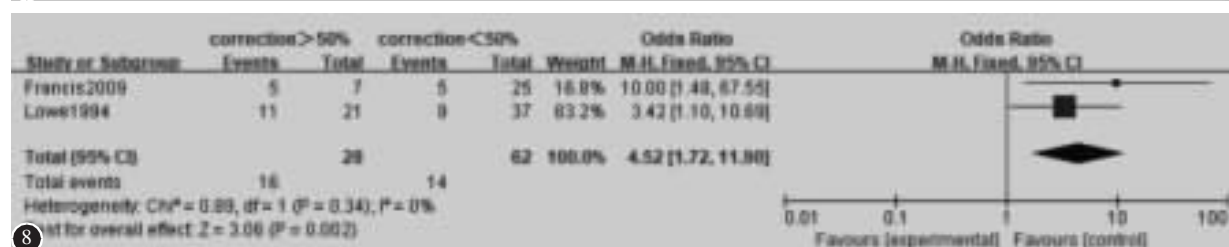
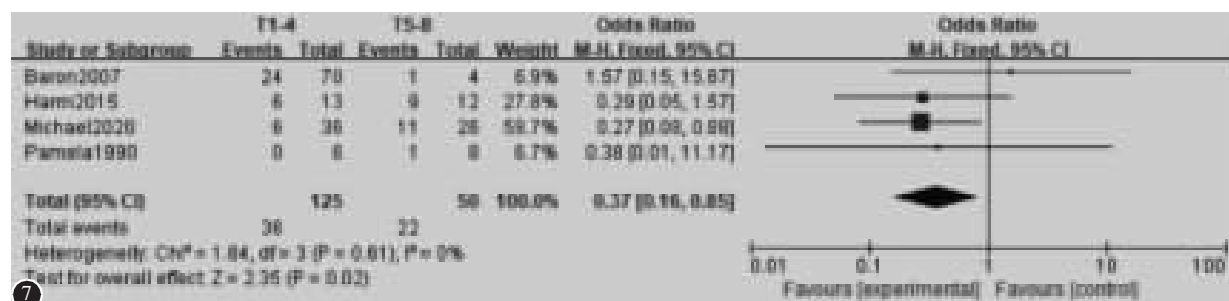


图 7 PJK 组和非 PJK 组关于 PIV 位置的森林图 图 8 不同脊柱后凸矫正量(>50%或<50%)发生 PJK 的森林图 图 9 PJK 组和非 PJK 组关于 PI 的森林图 图 10 PJK 组和非 PJK 组关于术前 LL 的森林图 图 11 PJK 组和非 PJK 组关于术后 LL 的森林图

Figure 7 Forest plot of PIV position **Figure 8** Forest plot of PJK in different amounts of kyphosis correction(>50% or <50%) **Figure 9** Forest plot of PI **Figure 10** Forest plot of preoperative LL **Figure 11** Forest plot of postoperative LL

角) 共纳入 6 篇^[7,8,12,16,17,20]文献,共 330 例患者, PJK 组 97 例,非 PJK 组 233 例,异质性较低($P=0.16, I^2=36\%$),采取固定效应模型,结果示两组间无统计学差异 (WMD 1.38, 95%CI -1.21~3.98, $P=0.30$,图 16)。术后 TK 同样纳入 6 篇^[7,8,12,16,17,20]文献, PJK 组 95 例,非 PJK 组 233 例,存在异质性

($P=0.06, I^2=53\%$),去除 2 篇文献^[12,17]后,异质性消除($P=0\%$),采用固定效应模型分析,合并结果显示两组间无统计学差异 (WMD 3.13, 95%CI -0.56~6.817, $P=0.10$,图 17)。

2.3.2.12 PI-LL 纳入 3 篇^[12,17,20]文献,共 194 例患者, PJK 组 47 例,非 PJK 组 147 例,异质性较高

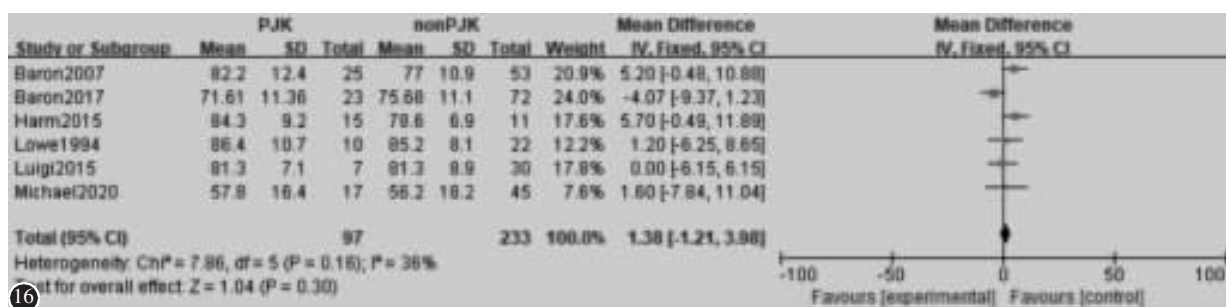
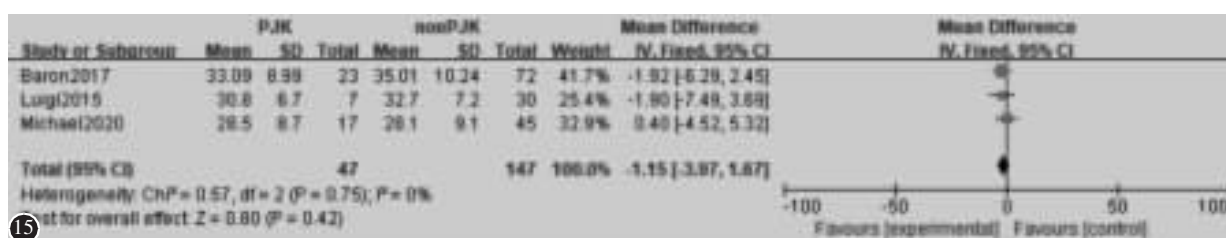
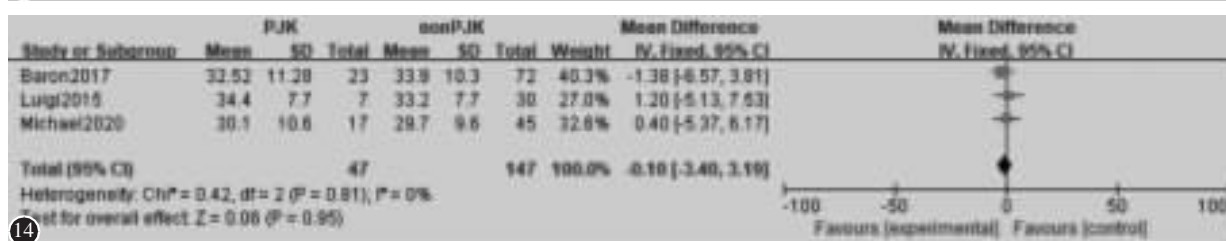
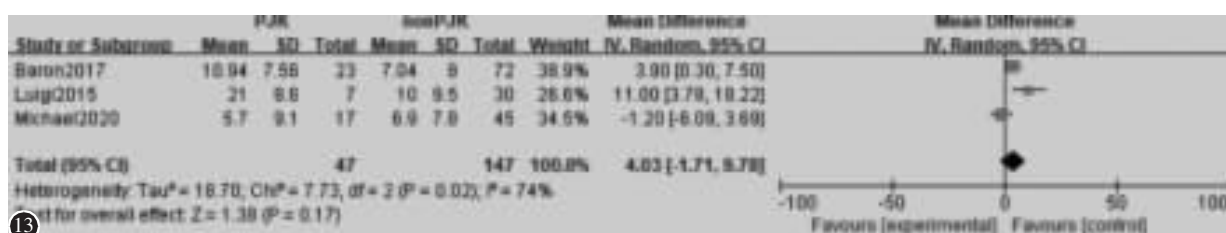
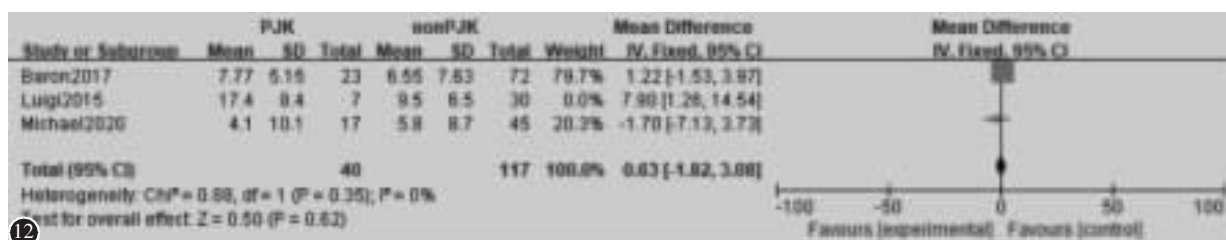


图 12 PJK 组和非 PJK 组关于术前 PT 的森林图 图 13 PJK 组和非 PJK 组关于术后 PT 的森林图 图 14 PJK 组和非 PJK 组关于术前 SS 的森林图 图 15 PJK 组和非 PJK 组关于术后 SS 的森林图 图 16 PJK 组和非 PJK 组关于术前 TK 的森林图

Figure 12 Forest plot of preoperative PT Figure 13 Forest plot of postoperative PT Figure 14 Forest plot of preoperative SS Figure 15 Forest plot of postoperative SS Figure 16 Forest plot of preoperative TK

($P<0.0001$, $I^2=90\%$), 去除 1 篇^[17]文献后, 异质性降低($I^2=43\%$), 采用固定效应模型分析, 合并后结果显示两组间无统计学差异(WMD -2.40, 95%CI -6.92~2.12, $P=0.30$, 图 18)。

2.3.2.13 矫正的丢失度 纳入 3 篇^[12,17,20]文献, 共 177 例患者, PJK 组 49 例, 非 PJK 组 128 例, 异质性较高 ($P=0.0004$, $I^2=87\%$), 去除 1 篇文献^[12]后, 异质性消除($I^2=0\%$), 采用固定效应模型分析, 合并后结果示两组间无统计学差异(WMD -0.49, 95%CI -2.92~1.93, $P=0.69$, 图 19)。

2.3.2.14 TK 矫正率 共纳入 4 篇^[8,12,17,20]文献, 共 255 例患者, PJK 组 74 例, 非 PJK 组 181 例, 异质

性较高($P=0.001$, $I^2=81\%$), 逐一去除文献后发现异质性仍较高, 采用随机效应模型分析, 合并结果后示两组间无统计学差异 (WMD -4.22, 95%CI -12.63~4.18, $P=0.32$, 图 20)。

2.4 发表偏倚和敏感性分析

由于各项 Meta 分析中纳入的文献较少(<10), 因此很难用漏斗图关联到一起, 所以仅对 PJK 发生率的发表偏倚进行评估。图 21 显示关于发生率的漏斗图, 漏斗图较为对称, 表明研究中发表偏倚风险较低。异质性可能来源于术者的手术技术及围手术期护理有关。

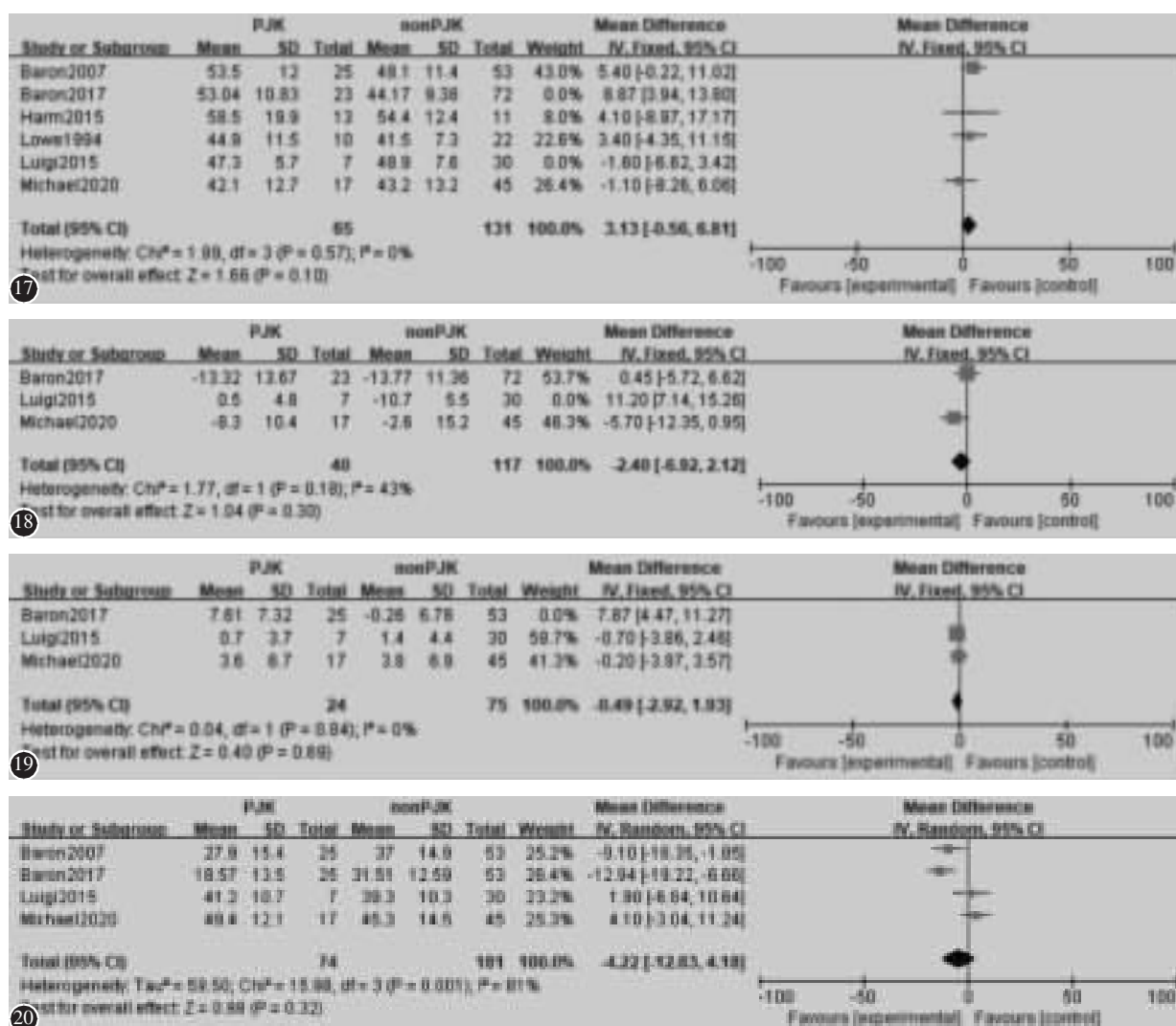


图 17 PJK 组和非 PJK 组关于术后 TK 的森林图 图 18 PJK 组和非 PJK 组关于 (PI-LL) 的森林图 图 19 PJK 组和非 PJK 组关于矫正丢失度的森林图 图 20 PJK 组和非 PJK 组关于 TK 矫正率的森林图

Figure 17 Forest plot of postoperative TK Figure 18 Forest plot of PI-LL Figure 19 Forest plot of correction loss Figure 20 Forest plot of TK correction rate

3 讨论

休门氏病矫形术后 PJK 的原因尚不清楚,其相关报道也较少,部分 PJK 患者没有任何症状,而严重的者则可能出现疼痛、神经功能障碍等症状,需要翻修手术。为了预防 PJK,我们进行了这项 Meta 分析。休门氏病术后 PJK 的发生率报道不一,Dennis 等^[13]报道了单纯后路手术的 67 例休门氏病患者 PJK 的发生率为 30%。在一项对 32 例患者的单独研究中,Lowe 等^[7]发现 PJK 的发生率为 31%,在他们的研究中,PJK 与手术时超过 50%的矫正度有关,术后脊柱后凸维持在 40°以上,可以避免过度矫正以及 PJK。Lonnerv 等^[12]回顾了 96 例前后路联合和仅后路手术的患者,发现 PJK 的发生率为 24%。本研究共纳入 784 例患者,有 213 例患者诊断为 PJK,发生率为 23%(95% CI 13%~33%),这与以往文献较为一致。因此,PJK 是休门氏病术后常见的并发症之一,不容忽视。

本研究未发现人口学因素对休门氏病患者 PJK 的影响。Lonner 等^[12]通过比较 PIV 与 PEV 的位置关系后,发现两者之间关系并未影响 PJK 的发生率,这也与我们的研究结果一致。然而,我们发现当 PIV 位于 T5~T8 时,PJK 的发生风险明显较 T1~T4 时要大。Lim 等^[24]建议选择 T2 水平的 PIV 预防 PJK。根据标准数据,脊柱后凸顶点的正常位置在于 T5~T8 节段^[23],如果上端椎融合位置过低,未包括整个后凸节段,极可能导致术后 PJK 的发生。Denis 等^[13]一项文献指出 PIV 的固定位置是 PJK 的主要原因,选择合适的融合水平,可以最大限度降低交界性后凸的风险。我们认为,休门氏病患者可适当延长上端椎的融合节段,以降低

术后 PJK 的可能性。此外,后方韧带复合体的完整性对预防 PJK 起着至关重要的作用。截骨手术中不可避免的会对韧带复合体造成损伤。Anderson 等^[25]在一项生物力学研究中发现,当后方软组织及韧带被完全切除时,稳定性丧失 44.72%。Korkmaz 等^[26]在绵羊模型中得出棘上韧带和棘间韧带是阻碍 PJK 发生的主要结构,而小关节起辅助作用。遗憾的是,相关文献较少,无法在循证医学上做出进一步证明。休门氏病的手术方法可分为前后路联合以及单纯后路两种,前路手术适用于极度僵硬的脊柱后凸,无法通过躯体后伸矫正的患者,且较单纯后路手术有较低的矫正丢失度。但与此同时,也存在一定的弊端,有文献报道,前路融合增加了手术时间,并增加了术中出血量,且随着截骨技术的日趋成熟,仅后路手术已可成功治疗休门氏病的后凸畸形^[21]。Li^[27]的研究显示,前后路手术组与单纯后路组在术后 PJK 方面没有任何差异^[27],暂时没有研究和证据显示手术方式是影响 PJK 的因素。

近年来,已有关于休门氏病与脊柱骨盆矢状位平衡的相关研究。Jiang 等^[28]报道了休门氏病患者具有较小的 PI 和 PT,且与 TK 与 LL 都存在联系,所以矢状位平衡的恢复是重要的,应该指导手术矫正。我们比较了 PI、术前 LL、术后 LL、术前 PT、术前 SS、术后 SS、术前 TK、术后 TK、矫正的丢失度、TK 矫正率以及脊柱后凸的矫正量,发现除后凸的矫正量之外,均与 PJK 的发生率无显著关系。PI 作为骨盆方向的关键参数,对每个个体都是特异的,不受任何其他参数影响。相关文献中对于 PI 对 PJK 的影响也是各抒己见,Luigi 等^[17]的研究发现,休门氏病患者的 PI 与 PJK 的发生存在关系,PJK 组患者的 PI 值显著高于非 PJK 组。我们认为,单论 PI 或 LL 而言并不能代表整体矢状位序列对 PJK 的影响。Duval-Beaupère 等^[29]提出脊柱生物力学模型证明了 PI 与 LL 的联系,Schwab 等^[30]提出 $PI=LL\pm 9$,但由于样本量较小,其准确性较差。随后,Roussouly 等^[31]提出 $LL=(0.54\times PI+27.6)$,所以,我们认为 PI 与 LL 的关系是密切相关的,不可顾此失彼。Luigi 等^[17]认为 $LL-PI$ 与 PJK 的发生存在关联,并提出预测公式 $[(\%LL \text{ 矫正量})=0.66\times(\%TK \text{ 矫正量})-2]$ 来预测术后的 LL。我们知道,当胸椎矫形术后,脊柱矢状位平衡机制会通过减少腰椎前凸来达到脊柱整体的再平衡状

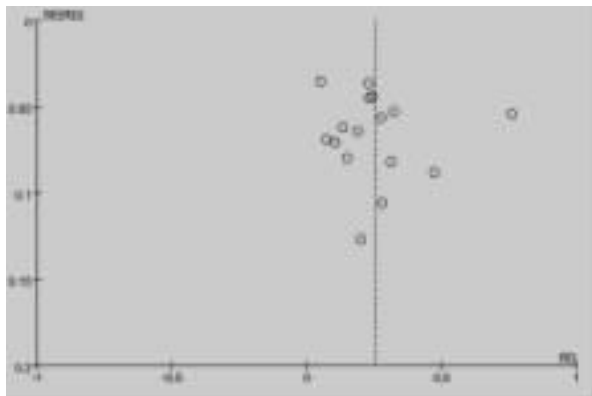


图 21 基于发生率的发表偏倚

Figure 21 Publication bias based on incidence rate

态,如果胸椎后凸的矫正量过大,就可能导致腰椎前凸的过度减小并引发腰椎与骨盆的不匹配,从而代偿性导致 PJK 的发生。虽然 LL-PI 和 PI 与 PJK 的发生率是否有关在我们的研究中并未证实,但我们的相关研究异质性较大,结果应该慎重解读。而 Lowe 等^[7]发现当脊柱后凸的矫正量>50%时,则与 PJK 的发生显著相关,可能因为矫正过大时,矢状位代偿会导致近端交界区出现问题。Lonner 等^[8]认为术前术后 TK 与 PJK 的发生有关,但并不清楚相关原因,我们的结果并不支持这一观点。此外,术前 PT、术后 PT、术前 SS 及术后 SS 并未发现与 PJK 的发生存在显著关联,我们认为脊柱矢状位序列作为一个整体,每项影像学参数都在其中扮演重要作用,研究单一的参数可能并不能反映脊柱矢状位的平衡状态,从而影响术后 PJK 的发生。脊柱后凸手术的矫形目的最终都在于获得正常的曲度,较小的术前后凸则需要较小的矫正量,所以 TK 矫正率则可能存在误导性。除以上影像学因素外,Grelat 等^[20]还提出了一种新的放射性参数—PCRA(上端椎的上终板与上端椎尾侧第二椎体下终板之间的夹角)来评估 PJK 的发生风险,文献指出,PJK 患者和非 PJK 患者术前在这个角度上没有显著差异。然而,在术后即刻,PJK 组患者 PCRA 明显小于非 PJK 组,但在最后一次随访中,两组之间又丧失了差异。Zhu 等^[32]使用双螺钉在标准棒的基础上增加卫星棒,可以起到提高基础后凸矫形率,并预防 PJK 的作用,但相关研究较少,还需进一步通过实验及临床检验。

本 Meta 分析有一些局限性。首先,纳入的文献较少,且大都为回顾性研究,这可能会存在观察偏差等。其次,不同诊疗中心,手术适应证和技术可能不同,这还可能导致临床异质性,由于没有足够的数据,亚组分析也未能实现,本研究结果应慎重解读。最后,由于数据不足,一些危险因素如后方韧带复合体的作用、手术操作以及健康相关生命质量 (health-related quality of life, HRQoL) 的差异未被分析。尽管存在以上局限性,此项研究扩大了我们对休门氏病患者术后 PJK 的理解,并相应的提供了指导。需进一步纳入更多的研究和样本来阐述休门氏病患者术后 PJK 的发生率和危险因素。

综上所述,休门氏病患者矫形术后 PJK 的发

生率为 23%,当 PIV 的固定位置在 T5~T8 之间时 PJK 的发生率显著上升,当脊柱后凸的矫正量>50%时,PJK 的发生率也显著上升。

4 参考文献

1. Sardar ZM, Ames RJ, Lenke L. Scheuermann's kyphosis: diagnosis, management, and selecting fusion levels[J]. J Am Acad Orthop Surg, 2019, 27(10): e462-e472.
2. Chiu KY, Luk KD. Cord compression caused by multiple disc herniations and intraspinal cyst in Scheuermann's disease [J]. Spine(Phila Pa 1976), 1995, 20(9): 1075-1079.
3. Yablon JS, Kasdon DL, Levine H. Thoracic cord compression in Scheuermann's disease[J]. Spine(Phila Pa 1976), 1988, 13(8): 896-898.
4. Bradford DS, Ahmed KB, Moe JH, et al. The surgical management of patients with Scheuermann's disease: a review of twenty-four cases managed by combined anterior and posterior spine fusion[J]. J Bone Joint Surg Am, 1980, 62(5): 705-712.
5. Reinhardt P, Bassett GS. Short segmental kyphosis following fusion for Scheuermann's disease[J]. J Spinal Disord, 1990, 3(2): 162-168.
6. Glatte RC, Bridwell KH, Lenke LG, et al. Proximal junctional kyphosis in adult spinal deformity following long instrumented posterior spinal fusion: incidence, outcomes, and risk factor analysis[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2005, 30(14): 1643-1649.
7. Lowe TG, Kasten MD. An analysis of sagittal curves and balance after Cotrel-Dubousset instrumentation for kyphosis secondary to Scheuermann's disease: a review of 32 patients[J]. Spine(Phila Pa 1976), 1994, 19(15): 1680-1685.
8. Lonner BS, Newton P, Betz R, et al. Operative management of Scheuermann's kyphosis in 78 patients: radiographic outcomes, complications, and technique [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2007, 32(24): 2644-2652.
9. 曾宪涛, 刘慧, 陈曦, 等. Meta 分析系列之四: 观察性研究的质量评价工具[J]. 中国循证心血管医学杂志, 2012, 4(4): 297-299.
10. Cobden A, Albayrak A, Camurcu Y, et al. Posterior-only approach with pedicle screws for the correction of Scheuermann's kyphosis[J]. Asian Spine J, 2017, 11(4): 513-519.
11. Ashraf A, Noelle Larson A, Polly DW, et al. Change in sagittal plane alignment following surgery for Scheuermann's kyphosis[J]. Spine Deform, 2014, 2(5): 404-409.
12. Lonner BS, Parent S, Shah SA, et al. Reciprocal changes in sagittal alignment with operative treatment of adolescent Scheuermann kyphosis: prospective evaluation of 96 patients [J]. Spine Deform, 2018, 6(2): 177-184.
13. Denis F, Sun EC, Winter RB. Incidence and risk factors for proximal and distal junctional kyphosis following surgical treatment for Scheuermann kyphosis: minimum five-year fol-

- low-up[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2009, 34(20): E729-734.
14. Klyak G, Ballkel T, Bezer M. Comparison of proximal junctional kyphosis rate according to fusion level [J]. J Orthop, 2020, 21: 337-339.
 15. Riouallon G, Morin C, Charles YP, et al. Posterior-only versus combined anterior/posterior fusion in Scheuermann disease: a large retrospective study[J]. Eur Spine J, 2018, 27(9): 2322-2330.
 16. Graat HCA, Schimmel JJP, Hoogendoorn RJW, et al. Poor radiological and good functional long-term outcome of surgically treated Scheuermann patients[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2016, 41(14): E869-e878.
 17. Nasto LA, Perez-Romera AB, Shalabi ST, et al. Correlation between preoperative spinopelvic alignment and risk of proximal junctional kyphosis after posterior-only surgical correction of Scheuermann kyphosis[J]. Spine J, 2016, 16(4 Suppl): S26-33.
 18. Vital L, Nunes B, Santos SA, et al. Sagittal plane alignment and functional outcomes following surgery for Scheuermann kyphosis[J]. Rev Bras Ortop (Sao Paulo), 2021, 56(4): 446-452.
 19. McDonnell JM, Ahern DP, Lui DF, et al. Two-stage anterior and posterior fusion versus one-stage posterior fusion in patients with Scheuermann's kyphosis[J]. Bone Joint J, 2020, 102-B(10): 1368-1374.
 20. Grelat M, Du CZ, Xu L, et al. Under-contouring of rods: a potential risk factor for proximal junctional kyphosis after posterior correction of Scheuermann kyphosis[J]. J Neurosurg Spine, 2020, published online ahead of print.
 21. Lee SS, Lenke LG, Kuklo TR, et al. Comparison of Scheuermann kyphosis correction by posterior-only thoracic pedicle screw fixation versus combined anterior/posterior fusion[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2006, 31(20): 2316-2321.
 22. Atici T, Aydinli U, Akesen B, et al. Results of surgical treatment for kyphotic deformity of the spine secondary to trauma or Scheuermann's disease[J]. Acta Orthop Belg, 2004, 70(4): 344-348.
 23. 白云松, 张学军, 高荣轩, 等. 后路多节段 Ponte 截骨矫形固定手术治疗青少年休门氏脊柱后凸畸形疗效分析[J]. 临床小儿外科杂志, 2021, 20(8): 737-742.
 24. Lim M, Green DW, Billingham JE, et al. Scheuermann kyphosis: safe and effective surgical treatment using multi-segmental instrumentation[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2004, 29(16): 1789-1794.
 25. Anderson AL, McIlff TE, Asher MA, et al. The effect of posterior thoracic spine anatomical structures on motion segment flexion stiffness[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2009, 34(5): 441-446.
 26. Korkmaz M, Akgul T, Sariyilmaz K, et al. Effectiveness of posterior structures in the development of proximal junctional kyphosis following posterior instrumentation: a biomechanical study in a sheep spine model [J]. Acta Orthop Traumatol Ture, 2019, 53(5): 385-389.
 27. Li Q. Surgical procedures used for correction of Scheuermann's kyphosis: a Meta-analysis[J]. Pain Res Manag, 2021, 2021: 2142964.
 28. Jiang L, Yong Qiu, Xu L, et al. Sagittal spinopelvic alignment in adolescents associated with Scheuermann's kyphosis: a comparison with normal population[J]. Eur Spine J, 2014, 23(7): 1420-1426.
 29. Duval-Beaupère G, Schmidt C, Cosson P. A Barycentremetric study of the sagittal shape of spine and pelvis: the conditions required for an economic standing position [J]. Ann Biomed Eng, 1992, 20(4): 451-462.
 30. Schwab F, Ungar B, Blondel B, et al. Scoliosis Research Society -Schwab adult spinal deformity classification: a validation study[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2012, 37(12): 1077-1082.
 31. Roussouly P, Collogly S, Berthonnaud E, et al. Classification of the normal variation in the sagittal alignment of the human lumbar spine and pelvis in the standing position [J]. Spine(Phila Pa 1976), 2005, 30(3): 346-353.
 32. Zhu ZZ, Chen X, Qiu Y, et al. Adding satellite rods to standard two-rod construct with the use of duet screws: an effective technique to improve surgical outcomes and preventing proximal junctional kyphosis in posterior-only correction of Scheuermann kyphosis[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2018, 43(13): E758-e765.

(收稿日期:2021-12-20 末次修回日期:2022-06-01)

(英文编审 谭 啸)

(本文编辑 李伟霞)