

螺钉及克氏针内固定治疗儿童肱骨外髁骨折疗效的 Meta 分析

余向阳^{1,2}, 吴改革², 汪航^{1,2}, 黄凌岸^{2,3}, 李鹏翠², 卫小春²

(1. 山西医科大学基础医学院, 山西 太原 030001; 2. 山西医科大学骨与软组织损伤修复山西省重点实验室, 山西太原 030001; 3. 海南医学院三亚中心医院疼痛医学科, 海南 三亚 572000)

【摘要】 目的: 通过 Meta 分析系统评价螺钉及克氏针内固定治疗儿童肱骨外髁骨折的临床疗效。方法: 计算机检索 PubMed、Embase、Cochrane、Web of Science、中国知网、万方数据库建库至 2022 年 2 月国内外发表的有关螺钉和克氏针内固定治疗儿童肱骨外髁骨折的文献。根据设定的纳入与排除标准筛选文献并进行质量评价, 结局指标为愈合优良率、畸形愈合率、延迟愈合率或骨不连率、感染率、活动受限(>10°)发生率, 使用 RevMan 5.3 软件进行统计分析。结果: 共纳入 9 项回顾性研究涉及 647 例患者, 其中螺钉固定组(含螺钉联合克氏针)255 例, 克氏针固定组 392 例。Meta 分析显示, 与克氏针组相比, 螺钉组(含螺钉联合克氏针)在术后有更低的感染率 [$OR=0.22, 95\%CI(0.09, 0.56), P=0.001$]。两组间愈合优良率、畸形愈合率比较, 差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。亚组分析显示, 单纯螺钉组术后感染率显著低于克氏针组 [$OR=0.18, 95\%CI(0.05, 0.65), P=0.009$]。结论: 对于手术治疗儿童肱骨外髁骨折, 与克氏针内固定和螺钉联合克氏针内固定相比, 单纯螺钉内固定拥有更低的感染率。而在愈合优良率、畸形愈合率方面三者无显著差异。就术后疗效及内固定安全性方面而言, 更推荐骨科医师使用螺钉进行儿童肱骨外髁骨折的固定。

【关键词】 肱骨外髁骨折; 螺钉; 克氏针; 内固定; 儿童; Meta 分析

中图分类号: R683.41

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.20221030

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Screw versus Kirschner wire fixation for lateral humeral condyle fractures in children: a meta analysis

YU Xiang-yang^{1,2}, WU Gai-ge², WANG Hang^{1,2}, HUANG Ling-an^{2,3}, LI Peng-cui², WEI Xiao-chun² (1. School of Basic Medicine, Shanxi Medical University, Taiyuan 030001, Shanxi, China; 2. Shanxi Key Laboratory of Bone and Soft Tissue Injury Repair, Shanxi Medical University, Taiyuan 030001, Shanxi, China; 3. Department of Pain Medicine, Sanya Central Hospital of Hainan Medical College, Sanya 572000, Hainan, China)

ABSTRACT **Objective** To compare screw versus Kirschner wire fixation in the treatment of lateral humeral condyle fractures in children. **Methods** A systematic search was conducted in PubMed, Embase, the Cochrane library, Web of Science, China National Knowledge Internet (CNKI), Wanfang Database from inception to February 2022. Studies comparing screws and Kirschner wire fixation in the treatment of lateral humeral condyle fractures in children were included. Outcome measures included and excluded by a set of inclusion and exclusion criteria and evaluated for their quality, their excellent and good rate of fracture healing, malunion, delayed union or nonunion, infection, limitation of elbow flexion or extension (>10°) were extracted and analyzed using software Rev Man 5.3. **Results** A total of 9 retrospective studies involving 647 patients were included, with 255 patients in the screw fixation group (including screw combined with Kirschner wire) and 392 patients in the Kirschner wire fixation group. Meta analysis showed the following: infection rate in the screw group was significantly lower than that in the Kirschner wire group [$OR=0.22, 95\%CI(0.09, 0.56), P=0.001$]. There were no significant differences between the 2 groups in excellent and good rate of fracture healing, malunion rate ($P>0.05$). Subgroup analysis showed that infection rate in the screw-only group was significantly lower than that in the Kirschner wire group [$OR=0.18, 95\%CI(0.05, 0.65), P=0.009$]. **Conclusion** For lateral humeral condyle fractures, Screw fixation alone had a lower infection rate than kirschner wire fixation and screw combined with Kirschner wire fixation. There were no significant differences in the excellent and good rate of fracture healing, malunion. In terms of postoperative efficacy and safety of internal fixation, orthopaedic surgeons are more likely to recommend screws for fixation of lateral humeral condyle fractures in children.

KEYWORDS Lateral humeral condyle fractures; Screw; Kirschner wire; Fixation; Children; Meta-analysis

基金项目: 国家自然科学基金区域联合重点资助项目(编号: U21A20353)

Fund program: Regional Joint key project supported by national Natural Science Foundation of China(U21A20353)

通讯作者: 卫小春 E-mail: sdeygkys@163.com

Corresponding author: WEI Xiao-chun E-mail: sdeygkys@163.com

肱骨外髁骨折是儿童最常见的骨折之一, 占儿童肘部骨折的 10%~20%, 是第 2 常见的关节内骨折, 通常与并发症的高风险相关^[1]。损伤或后续手术的并发症, 主要包括骨不连或延迟愈合、生长障碍、外侧髁过度生长、活动度受限和残留畸形等^[2]。虽然大多数报告都认为移位超过 2 mm 的骨折应该进行手术治疗^[3], 但对固定方法的选择仍有争议^[4]。目前, 手术治疗儿童肱骨外髁骨折最常用的方法是螺钉内固定和克氏针内固定。一些报告倾向于螺钉固定而不是克氏针固定^[5-9], 然而, 由于骨折块通常较小, 克氏针内固定一直被认为是最受欢迎的内固定材料^[10-13]。本研究 Meta 分析旨在通过循证医学原理对螺钉内固定和克氏针内固定治疗儿童肱骨外髁骨折疗效进行评价, 为临床决策提供指导。

1 资料与方法

1.1 文献检索策略

检索范围: 计算机检索 PubMed、Embase、Cochrane 图书馆、Web of Science、中国知网(CNKI)、万方数据库, 检索时间自建库至 2022 年 2 月。检索词: 儿童(children, pediatric), 肱骨外髁骨折(lateral condylar fractures of the humerus, lateral humeral condyle fractures, fracture of lateral condyle of humerus), 克氏针(Kirschner wire), 螺钉(screw)。

1.2 纳入和排除标准

纳入标准:(1)需要手术治疗的儿童肱骨外髁骨折患者。(2)治疗采用螺钉内固定及克氏针内固定的临床对照研究。(3)随访期间的临床结果包括以下至少 1 项, 即愈合优良率、畸形愈合、延迟愈合、骨不连、感染、活动受限。排除标准:(1)不是所有患者都是儿童肱骨外髁骨折。(2)非临床研究、基础研究和综述性文章。(3)开放性骨折或者合并其他严重复合伤。(4)合并有肿瘤病史、病理性骨折、精神疾病。(5)重复的研究和数据

1.3 数据提取

数据由 2 名研究员独立按照提前制定的标准数据表格提取, 任何有争议的问题双方通过商讨解决, 必要时由第 3 名研究员介入。提取内容包括:(1)基本信息包括研究题目、第一作者、发表时间、研究类型、研究对象和数量、平均年龄、性别构成、结局指标、随访时间。(2)结局指标包括愈合优良率、畸形愈合率、延迟愈合率或骨不连率、感染率、活动受限(>10°)发生率。

1.4 文献质量评价

2 名研究员使用 Cochrane 偏倚风险评估工具对纳入的随机对照试验的方法学质量和偏倚风险进行评估, 对纳入的非随机对照试验使用 NOS 评分量

表^[14]进行质量评估。任何有争议的问题双方通过商讨解决, 必要时由第 3 名研究员介入。

1.5 统计学处理

使用 RevMan 5.3 软件进行统计分析。所有结局指标均为分类变量, 采用优势比(odds ratio, OR)和 95%可信区间(CI)进行分析。异质性大小通过 Q 检验和 I^2 检验进行评价, 若异质性较低($P>0.10$ 或 $I^2<50%$), 则采用固定效应模型计算效应量, 反之则采用随机效应模型。

2 结果

2.1 文献检索结果

共检索了 336 篇相关文献。通过浏览题目及摘要初筛, 排除与本次研究不相关的文献 314 篇, 对剩余 22 篇文献阅读全文, 排除不符合纳入标准文献。最终纳入 9 项回顾性研究^[5-10, 15-17], 包括 7 篇英文文献和 2 篇中文文献, 均为非随机对照研究, 采用 NOS 评分量表评分。共纳入 647 例患者, 其中螺钉固定组(含螺钉联合克氏针)255 例, 克氏针固定组 392 例(表 1)。文献筛选流程图见图 1。

2.2 Meta 分析结果

2.2.1 愈合优良率 纳入的 4 篇研究^[5, 7, 10, 16]报道了儿童肱骨外髁骨折术后愈合优良率, 其中螺钉组(含螺钉联合克氏针)113 例, 克氏针固定组 95 例。各研究间统计学异质性较小($P=0.27, I^2=19%$), 采用固定效应模型分析。Meta 分析结果显示, 螺钉组(含螺钉联合克氏针)与克氏针组愈合优良率比较, 差异无统计学意义 [$OR=2.67, 95%CI (0.77, 9.34), P=0.12$]。见图 2。

2.2.2 畸形愈合率 纳入的 5 篇研究^[5-6, 9-10, 17]报道了儿童肱骨外髁骨折术后畸形愈合率, 其中螺钉组(含螺钉联合克氏针)197 例, 克氏针固定组 349 例。各研究间没有统计学异质性($P=0.95, I^2=0%$), 采用固定效应模型分析。Meta 分析结果显示, 螺钉组(含螺钉联合克氏针)与克氏针组畸形愈合率比较, 差异无统计学意义 [$OR=0.66, 95%CI (0.28, 1.56), P=0.34$]。见图 3。

2.2.3 延迟愈合率或骨不连率 纳入的 6 篇研究^[6-7, 9-10, 15, 17]报道了儿童肱骨外髁骨折术后延迟愈合率或骨不连率, 其中螺钉组(含螺钉联合克氏针)223 例, 克氏针固定组 366 例。各研究间统计学异质性较小($P=0.11, I^2=47%$), 采用固定效应模型分析。Meta 分析结果显示, 螺钉组(含螺钉联合克氏针)与克氏针组术后延迟愈合率或骨不连率比较, 差异无统计学意义 [$OR=0.39, 95%CI (0.15, 1.00), P=0.05$]。见图 4。

2.2.4 感染率 纳入的 8 篇研究^[6-10, 15-17]报道了儿

表 1 纳入文献的基本信息
Tab.1 Basic information of the included literature

纳入研究	研究类型	国家	固定方法	性别/例		固定方法/例		年龄/岁		结局指标	随访时间/月	文献质量 (NOS 评分)/分
				男	女	螺钉固定	克氏针固定	螺钉固定	克氏针固定			
WIRMER 等 ^[5] 2012	回顾性	德国	螺钉 vs 克氏针	29	13	21	21	7.08	7.07	①②⑤	45.6	5
GILBERT 等 ^[6] 2016	回顾性	美国	螺钉 vs 克氏针	59	23	41	43	6.2	5.2	②③④⑤	6.8	6
STEIN 等 ^[7] 2017	回顾性	美国	螺钉 vs 克氏针	33	15	26	22	5.9	5.1	①③④⑤	10.3 vs 4.3	6
罗先勇等 ^[8] 2021	回顾性	中国	螺钉 vs 克氏针	18	14	12	20	5.2±1.5*	5.3±1.4*	④⑤	9.6~42	7
GANESHALINGAM 等 ^[9] 2018	回顾性	澳大利亚	螺钉 vs 克氏针	205	131	101	235		5.8	②③④	57.6	8
LI 等 ^[10] 2012	回顾性	中国	螺钉 vs 克氏针	42	20	32	30	7.02	6.83	①②③④⑤	39.4	5
WENDLING -KEIM 等 ^[15] 2021	回顾性	德国	螺钉及螺钉联合克氏针 vs 克氏针			22	21	6.91±2.83*	5.67±3.47*	③④	12~18	6
杜喜峰等 ^[16] 2018	回顾性	中国	螺钉联合克氏针 vs 克氏针	39	25	34	30	8.0±1.6*	7.0±1.5*	①④⑤	10.0±1.7	5
AGARWAL 等 ^[17] 2012	回顾性	印度	螺钉联合克氏针 vs 克氏针	19	3	2	20	8	7	②③④⑤	12~53	4

注:①愈合优良率;②畸形愈合率;③延迟愈合率或骨不连率;④感染率;⑤活动受限(>10°)发生率。*为均数±标准差

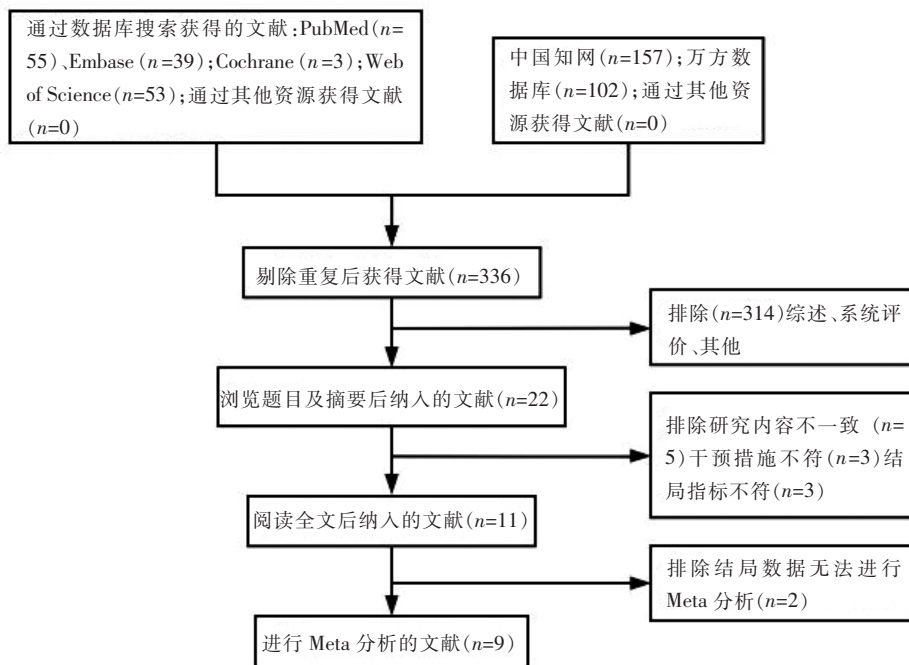


图 1 文献筛选流程图

Fig.1 Flow chart of literature screening

童肱骨外踝骨折术后感染率,其中螺钉组(含螺钉联合克氏针)270例,克氏针固定组421例。各研究间没有统计学异质性($P=0.45, I^2=0\%$),采用固定效应模型分析。Meta分析结果显示,螺钉组(含螺钉联合

克氏针)术后感染率显著低于克氏针组 [$OR=0.22, 95\%CI(0.09, 0.56), P=0.001$]。见图5。

2.2.5 活动受限发生率 纳入的7篇研究^[5-8,10,16-17]报道了儿童肱骨外踝骨折术后活动受限(>10°)发生

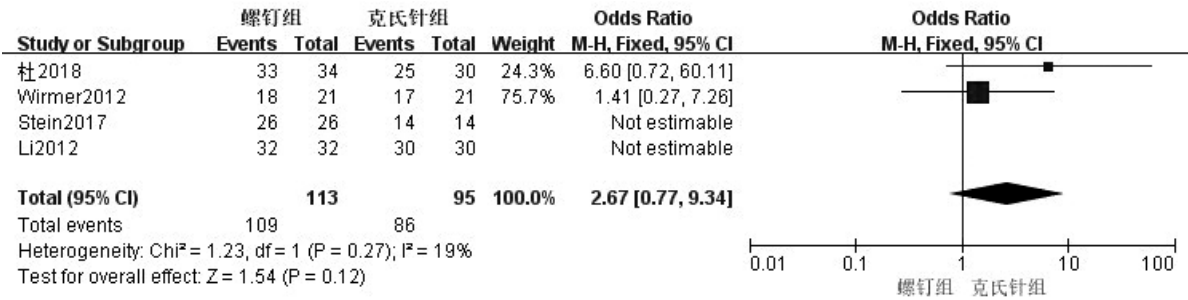


图 2 螺钉组与克氏针固定组愈合优良率的森林图

Fig.2 Forest plot of excellent and good rate of fracture healing between screw group and kirschner wire fixation group

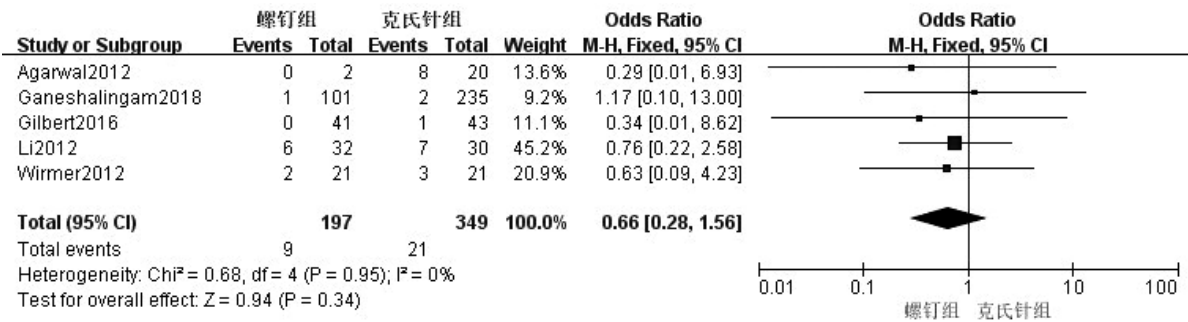


图 3 螺钉组与克氏针固定组畸形愈合率的森林图

Fig.3 Forest plot of malunion rate between screw group and kirschner wire fixation group

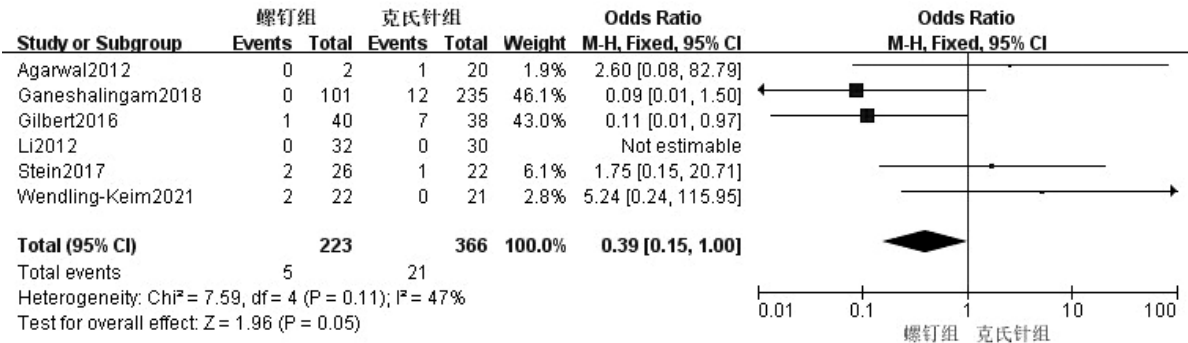


图 4 螺钉组与克氏针固定组延迟愈合率或骨不连率的森林图

Fig.4 Forest plot of delayed union or nonunion rate between screw group and kirschner wire fixation group

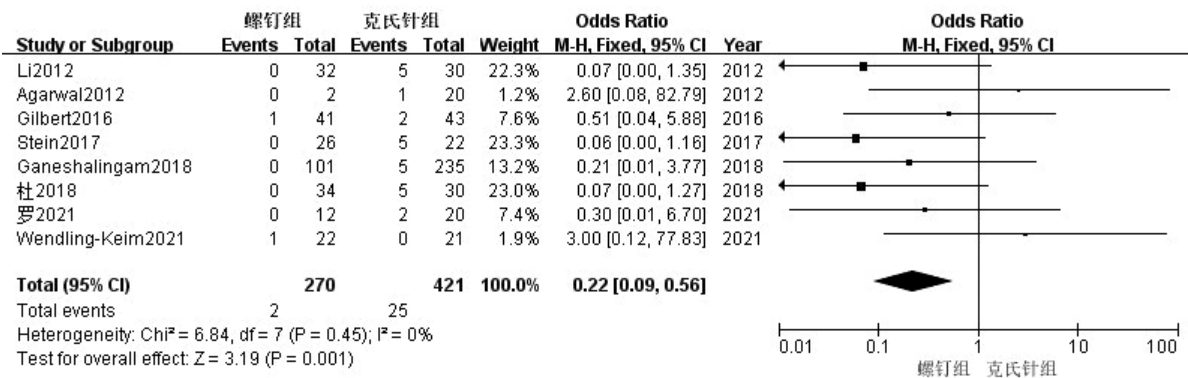


图 5 螺钉组与克氏针固定组感染率的森林图

Fig.5 Forest plot of infection rate between screw group and kirschner wire fixation group

率,其中螺钉组(含螺钉联合克氏针)162例,克氏针固定组175例。各研究间没有统计学异质性

($P=0.45, I^2=0\%$),采用固定效应模型分析。Meta分析结果显示,螺钉组(含螺钉联合克氏针)术后活动受

限发生率显著低于克氏针组 [OR=0.47, 95% CI (0.23, 0.96), P=0.04]。见图 6。

2.3 文献偏倚

对愈合优良率、畸形愈合率、延迟愈合率或骨不连率、感染率、活动受限(>10°)发生率进行敏感性分析。愈合优良率、畸形愈合率、感染率在去除任何一篇研究后,结果不发生任何方向性变化。但在去除 AGARWAL 等^[17]的研究后,螺钉组(含螺钉联合克氏针)术后延迟愈合率或骨不连率显著低于克氏针组 [OR=0.35, 95% CI(0.13, 0.93), P=0.04]。另外,在去除 LI 等^[10]的研究后,螺钉组(含螺钉联合克氏针)术后活动受限发生率无显著差异 [OR=0.67, 95% CI (0.29, 1.55), P=0.35]。

另外,对纳入研究的骨折分型例数进行方差分析。有 6 篇研究^[7-10, 16-17]报道了螺钉(含螺钉联合克氏针)和克氏针固定儿童的骨折分型,其中 3 篇^[7-8, 16]研究采用 Jakob 分型,另外 3 篇^[9-10, 17]采用 Milch 分型。结果显示,5 篇研究^[7-8, 10, 16-17]螺钉组(含螺钉联合克氏针)和克氏针组儿童的骨折分型之间差异无统计学意义,但在 GANESHALINGAM 等^[9]的研究中螺钉组(含螺钉联合克氏针)和克氏针组儿童的骨折 Milch 分型比较,差异有统计学意义 ($\chi^2=19.00, P<0.0001$),见表 2。

2.4 亚组分析

螺钉和克氏针作为最为常用的两种肱骨外髁骨折内固定器械,并非一种排他性选择,而是存在交叉地带,即螺钉联合克氏针的融合技术。因此,将单纯螺钉组和螺钉联合克氏针组分开进行亚组分析。结果显示,单纯螺钉组术后感染率显著低于克氏针组 [OR=0.18, 95% CI(0.05, 0.65), P=0.009]。两组在愈合优良率、畸形愈合率、延迟愈合率或骨不连率、活动受限发生率方面比较,差异无统计学意义 (P>0.05)。见表 3。

3 讨论

3.1 本研究的发现

手术固定是儿童肱骨外侧髁骨折公认的有效治疗方式,可降低延迟愈合、骨不连、畸形愈合、生长障碍和缺血性坏死的风险^[18-20]。手术治疗的内固定材料主要为克氏针及螺钉。克氏针固定的优势在于操作简单、取出方便,留置皮外的克氏针可以门诊取出,无须要特殊工具及二次取出手术。此外,克氏针固定儿童肱骨外髁骨折还可以固定较小的骨骺、降低骨骺损伤的风险。其争议在于是否具备足够的生物力学稳定性,以及留置皮外的部分可能增加术后感染风险。螺钉内固定治疗儿童肱骨外髁骨折比克氏针固定在生物力学上更稳定^[21],可降低骨折移位

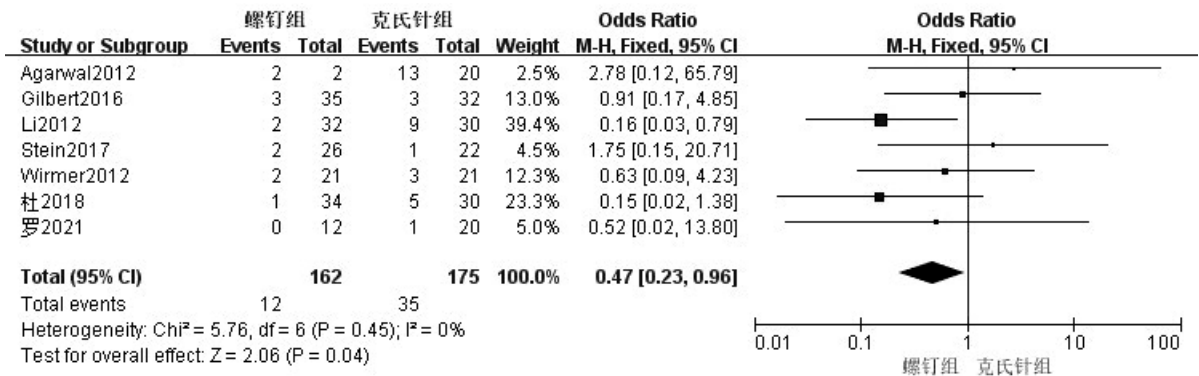


图 6 螺钉组与克氏针固定组活动受限发生率的森林图

Fig.6 Forest plot of the incidence of limitation of elbow flexion or extension between screw group and kirschner wire fixation group

表 2 纳入文献的骨折分型

Tab.2 Fracture types of the included literature

分组	STEIN 等 ^[7] 2017		罗先勇等 ^[8] 2021		GANESHALINGAM 等 ^[9] 2018		LI 等 ^[10] 2012		杜喜峰等 ^[16] 2018		AGARWAL 等 ^[17] 2012	
	Jakob II	Jakob III	Jakob II	Jakob III	Milch I	Milch II	Milch I	Milch II	Jakob II	Jakob III	Milch I	Milch II
螺钉及螺钉联合克氏针组	12	14	6	6	11	89	9	23	16	18	0	2
克氏针组	12	10	8	12	80	154	5	25	16	14	9	11
χ^2 值	0.336		0.305		19.004		1.163		0.251		1.523	
P 值	0.562		0.581		<0.0001		0.281		0.616		0.217	

表 3 亚组分析结果
Tab.3 Results of subgroup analysis

结局指标	分组	纳入研究	异质性(I^2)	效应量 95%CI	P 值
愈合优良率	单纯螺钉组 vs 克氏针组	3	—	1.41(0.27, 7.26)	0.680
	螺钉联合克氏针组 vs 克氏针组	1	—	6.60(0.72, 60.11)	0.090
畸形愈合率	单纯螺钉组 vs 克氏针组	4	0	0.72(0.29, 1.77)	0.470
	螺钉联合克氏针组 vs 克氏针组	1	—	0.29(0.01, 6.93)	0.450
延迟愈合率或骨不连率	单纯螺钉组 vs 克氏针组	5	57	0.52(0.07, 3.92)	0.530
	螺钉联合克氏针组 vs 克氏针组	2	0	3.73(0.35, 40.29)	0.280
感染率	单纯螺钉组 vs 克氏针组	6	0	0.18(0.05, 0.65)	0.009
	螺钉联合克氏针组 vs 克氏针组	3	57	0.88(0.05, 15.07)	0.930
活动受限发生率	单纯螺钉组 vs 克氏针组	5	0	0.52(0.21, 1.26)	0.150
	螺钉联合克氏针组 vs 克氏针组	2	54	0.52(0.03, 8.62)	0.640

注：“—”为不适用

而导致的骨延迟愈合或不愈合。低龄的儿童肱骨外髁主要成分是软骨，螺钉对软骨细胞的不当挤压可能造成更大范围的损害，导致骨骺过早闭合、生长停滞等问题^[22]。因此，通过循证医学的方法综合评判两种内固定材料的安全性及骨折愈合优劣，对临床手术内固定材料的选择具有重要指导意义。

本项研究结果显示，螺钉固定治疗儿童肱骨外髁骨折较克氏针固定可有效避免术后并发症发生：可显著降低术后的感染率及活动受限发生率。在进一步的亚组分析中显示，仅单纯螺钉内固定感染率显著低于克氏针内固定，螺钉联合克氏针内固定与克氏针内固定感染率无显著差异，这提示单纯螺钉内固定可能是手术治疗儿童肱骨外髁骨折降低感染率的主要因素。对于儿童术后活动受限发生率的分析结果显示，单纯螺钉内固定能避免该并发症，但当螺钉固定加用克氏针时，该项并发症发生率增加。这可能是由于克氏针造成的术后感染增加，从而影响患肢功能。而在愈合优良率、畸形愈合率、延迟愈合率或骨不连率 3 项指标的亚组分析结果表明，单纯螺钉组、螺钉联合克氏针组、单纯克氏针组并无差异，即儿童肱骨外髁骨折获得手术固定时，即可保证骨折的有效愈合。因此，此类患者诊治的核心不在于是否手术治疗，而在于内固定材料的选择以减低手术相关并发症。而从手术疗效来看，螺钉固定是优先推荐的固定方式。

3.2 证据质量的评估

本次 Meta 分析所纳入研究均为病例对照研究，证据质量低于随机对照研究，可能对结果产生一定的影响。但纳入病例对照研究质量较好，各项研究间的异质性极小，最大的异质性在延迟愈合率或骨不连指标中(47%)，亦<50%。同时，纳入的研究极大地增加了样本量，有效提高了结果的稳定性。

3.3 本研究的偏倚风险和局限性

在敏感性分析中，在去除 AGARWAL 等^[17]的研究后，螺钉组(含螺钉联合克氏针)术后延迟愈合率或骨不连率均显著低于克氏针组。与此同时，在去除 LI 等^[10]的研究后，螺钉组(含螺钉联合克氏针)术后活动受限(>10°)发生率无显著差异。这可能是由于所纳入的文献均为回顾性研究，没有较高质量的随机对照研究。此外，纳入研究中 3 篇没有明确区分骨折的类型及骨折的严重程度，GANESHALINGAM 等^[9]的研究中螺钉组(含螺钉联合克氏针)和克氏针组儿童的骨折 Milch 分型间有显著差异。另外，临床上儿童肘部骨折克氏针固定发生“针尾感染”可能是表浅皮肤激惹。最后，纳入文献中对于结局指标愈合优良率的评定标准不同(STEIN^[7]使用的是 HARDACRE 等^[23]标准，杜喜峰等^[16]使用的是自定义标准，WIRMER 等^[5]使用的是 DHILLON 等^[24]标准)，这些因素可能会影响延迟愈合率或骨不连率、活动受限发生率等，导致结果偏倚。因此，未来还需大样本、多中心的随机对照试验来证实或修正本次的研究结果。

3.4 本研究证据的外部真实性和适用性

本研究严格按照纳入和排除标准进行筛选，并通过规范的文献质量评价和偏倚风险分析保证了结果的真实性。此外，研究涉及的结局指标在临床上关注度较高，各组间有 7 项没有统计学异质性，剩余 3 项有统计学异质性采用随机效应模型，保证了结果的稳定及可靠性。另外，对螺钉和克氏针两种固定方式是临床较为常用的内固定材料，数据结果具有很好的适用性，为医师治疗儿童肱骨外髁骨折固定方案的选择提供了循证依据。

3.5 对临床实践的意义和研究的意义

螺钉内固定和克氏针内固定手术因高证据等级的术后骨折愈合情况、术后感染率等指标的数据较

少,对于选择何种方法仍然存在争议。而且还没有对于两种固定方法疗效比较的相关 Meta 分析文章,本研究可能为临床决策提供一定参考。

综上所述,单纯螺钉内固定与克氏针内固定和螺钉联合克氏针内固定相比,拥有更低的感染率。而在愈合优良率、畸形愈合率、延迟愈合率或骨不连率、活动受限($>10^\circ$)发生率方面差异无统计学意义。另外,为了解决螺钉固定需要二次取出的缺陷,研究者已经开发出新型可生物降解螺钉,已有报道使用生物降解材料与传统固定临床效果相当^[25],这将进一步拓展螺钉固定的使用范围及使用频率。从术后疗效及内固定安全性方面来看,更推荐骨科医师使用螺钉进行儿童肱骨外髁骨折的固定。

参考文献

- [1] TAN S H S, DARTNELL J, LIM A K S, et al. Paediatric lateral condyle fractures: a systematic review[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2018, 138(6): 809–817.
- [2] WEISS J M, GRAVES S, YANG S, et al. A new classification system predictive of complications in surgically treated pediatric humeral lateral condyle fractures[J]. J Pediatr Orthop, 2009, 29(6): 602–605.
- [3] KNAPIK D M, GILMORE A, LIU R W. Conservative management of minimally displaced (≤ 2 mm) fractures of the lateral humeral condyle in pediatric patients: a systematic review[J]. J Pediatr Orthop, 2017, 37(2): e83–e87.
- [4] SHAERF D A, VANHEGAN I S, DATTANI R. Diagnosis, management and complications of distal humerus lateral condyle fractures in children[J]. Shoulder Elbow, 2018, 10(2): 114–120.
- [5] WIRMER J, KRUPPA C, FITZE G. Operative treatment of lateral humeral condyle fractures in children[J]. Zeitschrift Fur Kinderchirurgie, 2012, 22(4): 289–294.
- [6] GILBERT S R, MACLENNAN P A, SCHLITZ R S, et al. Screw versus pin fixation with open reduction of pediatric lateral condyle fractures[J]. J Pediatr Orthop B, 2016, 25(2): 148–152.
- [7] STEIN B E, RAMJI A F, HASSANZADEH H, et al. Cannulated lag screw fixation of displaced lateral humeral condyle fractures is associated with lower rates of open reduction and infection than pin fixation[J]. J Pediatr Orthop, 2017, 37(1): 7–13.
- [8] 罗先勇, 陈新让, 王家祥. 切开复位空心钉与克氏针内固定治疗儿童肱骨外髁骨折的比较[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2021, 36(12): 1242–1245.
- [9] LUO X Y, CHEN X R, WANG J X. A comparative study of open reduction and internal fixation by cannulated screw and Kirschner wire in treatment of lateral condylar fractures of humerus in children[J]. Chin J Bone Jt Inj, 2021, 36(12): 1242–1245. Chinese.
- [10] GANESHALINGAM R, DONNAN A, EVANS O, et al. Lateral condylar fractures of the humerus in children; does the type of fixation matter[J]. Bone Joint J, 2018, 100-B(3): 387–395.
- [11] LI W C, XU R J. Comparison of Kirschner wires and AO cannulated screw internal fixation for displaced lateral humeral condyle fracture in children[J]. International Orthopaedics (SICOT), 2012, 36(6): 1261–1266.
- [12] JUSTUS C, HARUNO L S, RIORDAN M K, et al. Closed and open reduction of displaced pediatric lateral condyle humeral fractures, a study of short-term complications and postoperative protocols[J]. Iowa Orthop J, 2017, 37: 163–169.
- [13] LAUNAY F, LEET A I, JACOPIN S, et al. Lateral humeral condyle fractures in children: a comparison of two approaches to treatment[J]. J Pediatr Orthop, 2004, 24(4): 385–391.
- [14] BLOOM T, CHEN L Y, SABHARWAL S. Biomechanical analysis of lateral humeral condyle fracture pinning[J]. J Pediatr Orthop, 2011, 31(2): 130–137.
- [15] 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.
- [16] WENDLING–KEIM D S, TESCHEMACHER S, DIETZ H G, et al. Lateral condyle fracture of the humerus in children: kirschner wire or screw fixation[J]. Zeitschrift Fur Kinderchirurgie, 2021, 31(4): 374–379.
- [17] 杜喜峰, 顾振坤, 王帅印, 等. 克氏针联合空心螺钉内固定与单纯克氏针内固定治疗儿童新鲜肱骨外髁骨折的疗效比较[J]. 中华生物医学工程杂志, 2018, 24(2): 130–134.
- [18] DU X F, GU Z K, WANG S Y, et al. Effects of Kirschner wire combined with cannulated screw internal fixation versus kirschner wire internal fixation alone on fresh lateral humeral condyle fractures in children: a comparative study[J]. Chin J Biomed Eng, 2018, 24(2): 130–134. Chinese.
- [19] AGARWAL A, QURESHI N A, GUPTA N, et al. Management of neglected lateral condyle fractures of humerus in children: a retrospective study[J]. Indian J Orthop, 2012, 46(6): 698–704.
- [20] TEJWANI N, PHILLIPS D, GOLDSTEIN R Y. Management of lateral humeral condylar fracture in children[J]. J Am Acad Orthop Surg, 2011, 19(6): 350–358.
- [21] EAMSOBHANA P, KAEWPORNSAWAN K. Should we repair nonunion of the lateral humeral condyle in children[J]. International Orthopaedics (SICOT), 2015, 39(8): 1579–1585.
- [22] SALGUEIRO L, ROOCROFT J H, BASTROM T P, et al. Rate and risk factors for delayed healing following surgical treatment of lateral condyle humerus fractures in children[J]. J Pediatr Orthop, 2017, 37(1): 1–6.
- [23] SCHLITZ R S, SCHWERTZ J M, EBERHARDT A W, et al. Biomechanical analysis of screws versus K-wires for lateral humeral condyle fractures[J]. J Pediatr Orthop, 2015, 35(8): e93–e97.
- [24] SHIRLEY E, ANDERSON M, NEAL K, et al. Screw fixation of lateral condyle fractures: results of treatment[J]. J Pediatr Orthop, 2015, 35(8): 821–824.
- [25] HARDACRE J A, NAHIGIAN S H, FROMSON A I, et al. Fractures of the lateral condyle of the humerus in children[J]. J Bone Joint Surg Am, 1971, 53(6): 1083–1095.
- [26] DHILLON K S, SENGUPTA S, SINGH B J. Delayed management of fracture of the lateral humeral condyle in children[J]. Acta Orthop Scand, 1988, 59(4): 419–424.
- [27] LI J, RAI S, GAO Y, et al. Biodegradable pins for lateral condylar fracture of the humerus with an early delayed presentation in children: a retrospective study of biodegradable pin vs. Kirschner wire[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2020, 21(1): 735.