骨科学

DOI:10.13406/j.cnki.cyxb.000958

三种不同手术方式治疗肱骨干骨折的网络 Meta 分析

邱　皓，卢旻鹏，栾富钧，魏志辉，马纪坤，张铭华
（重庆医科大学附属永川医院骨科，重庆　402160）

【摘　要】**目的**：比较三种不同手术方式治疗肱骨干骨折的临床疗效。**方法**：计算机检索 Cochrane Library、PubMed、Embase、OVID、CBM、CNKI、万方和维普数据库中相关的随机对照试验（randomized controlled trials，RCTs），检索时限均为建库至 2015 年 11 月。2 名评价者按纳入排除标准对文献进行独立筛选，并根据“Cochrane 协作网的偏倚风险评估标准”对纳入文献进行质量评价。纳入文献的质量评价通过 RevMan 5.3 软件完成，采用 WinBUGS 1.4.3 和 Stata 13.0 软件进行网络 Meta 分析。**结果**：最终纳入 16 篇 RCTs，共 744 例患者。网络 Meta 分析结果显示：微创钢板内固定（minimally invasive plate osteosynthesis，MIPO）的桡神经损伤率最低（SUCRA 值：77.1%），其次为髓内钉（intramedullary nailing，IMN）（SUCRA 值：44.2%），切开复位钢板内固定（open reduction and plate osteosynthesis，ORPO）最高（SUCRA 值：28.7%）。MIPO 发生骨折不愈合的可能性最低（SUCRA 值：71.9%），ORPO 次之（SUCRA 值：50.4%），IMN 则最高（SUCRA 值：27.7%）。IMN 发生感染的几率最低（SUCRA 值：74.0%），其次为 MIPO（SUCRA 值：63.3%），ORPO 最高（SUCRA 值：12.7%）。**结论**：目前证据表明手术治疗肱骨干骨折，MIPO 可能为最优选择，ORPO 相比 IMN 则更有优势。

【关键词】肱骨干骨折；微创钢板内固定；切开复位钢板内固定；髓内钉；网络 Meta 分析
【中图分类号】R687.3　　【文献标志码】A　　【收稿日期】2015-11-22

Three different surgical procedures in the treatment of humeral shaft fractures: a network Meta-analysis

Qiu Hao, Lu Minpeng, Luan Fujun, Wei Zhihui, Ma Jikun, Zhang Minghua
(*Department of Orthopedics, Yongchuan Hospital, Chongqing Medical University*)

【Abstract】***Objective***: To assess the clinical efficacy of three different surgical procedures in the treatment of humeral shaft fractures. ***Methods***: Computerized search of the electronic databases like Cochrane Library, PubMed, Embase, OVID, CBM, CNKI, Wanfang and VIP for relevant randomized controlled trials(RCTs) until the end of November 2015 was conducted. The quality of the included studies was independently assessed by two reviewers(according to the Cochrane Collaboration's risk of bias) and the Review Manager 5.3 software was applied. The network Meta-analysis was performed in WinBUGS version 1.4.3 and Stata version 13.0. ***Results***: Sixteen RCTs with a total of 744 patients were included in this network Meta-analysis. The pooled results showed that the radial nerve palsy rate of minimally invasive plate osteosynthesis(MIPO) was the lowest(SUCRA probability: 77.1%), followed by intramedullary nailing (IMN)(SUCRA probability: 44.2%), and open reduction and plate osteosynthesis(ORPO) was the highest(SUCRA probability: 28.7%). Regarding the nonunion, SUCRA probabilities were 71.9%, 50.4%, 27.7% for MIPO, ORPO, IMN, respectively. Regarding the infection, SUCRA probabilities were 74.0%, 63.3%, 12.7% for IMN, MIPO, ORPO, respectively. ***Conclusion***: MIPO is the optimum choice in the treatment of humeral shaft fractures and ORPO is superior to IMN.

【Key words】humeral shaft fracture; minimally invasive plate osteosynthesis; open reduction and plate osteosynthesis; intramedullary nailing; network Meta-analysis

肱骨干骨折是成人常见的骨折之一，约占全身骨折的 1%~3%，多为直接暴力所致[1]。对于肱骨干骨折的治疗方法包括手术治疗和保守治疗，保守治疗易导致畸形愈合，还会因为需要长期制动而导致肩关节和肘关节僵硬等并发症[2]。故目前更多的学者倾向于手术治疗，常见的手术方式包括切开复位钢板内固定（open reduction and plate osteosynthesis，ORPO），髓内钉（intramedullary nailing，IMN）和微创钢板内固定（minimally invasive plate osteosynthesis，

作者介绍：邱　皓，Email：qiuhao91@126.com，
研究方向：关节外科与创伤骨科。
通信作者：张铭华，Email：zhangminghua023@126.com。
基金项目：重庆市教委自然科学基金资助项目（编号：KJ110327）。
优先出版：http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1046.r.20160513.1034.062.html（2016-05-13）

MIPO）[3]。

传统的 ORPO 可以在直视下达到解剖复位及坚强内固定，但手术创伤大，易导致伤口感染或桡神经损伤等并发症[4]。IMN 可以最大化保护骨膜的完整性，软组织剥离少，有利于骨折愈合，但 IMN 抗旋转能力不佳，并发症更高[4-5]。MIPO 可保护骨折断端血供，创伤小，术后并发症少，但术中复位难度较大[6]。三种不同的手术方式均有优缺点，目前关于其最佳手术方式一直存在争议。

针对不同手术方式治疗肱骨干骨折的临床疗效，现在已开展了很多临床试验研究，传统的 Meta 分析只能对 2 种不同的手术方式进行比较，无法同时对 2 种以上干预措施进行综合评价，而网络 Meta 分析作为一种新的统计方法，可以实现这一点。

所以本研究采用网络 Meta 分析的方法，基于国内外已发表的关于手术治疗肱骨干骨折的随机对照实验（randomized controlled trials，RCTs），对 3 种不同手术方式治疗肱骨干骨折的术后并发症方面进行综合评价，以期能为临床实践提供最佳循证医学证据。

1 资料和方法

1.1 文献检索

计算机检索 Cochrane Library、PubMed、Embase、OVID、CBM、CNKI、万方和维普数据库，检索时限均为建库至 2015 年 11 月。为提高查全率，对相关文献的参考文献进行追溯查找。中文检索词包括“肱骨干骨折、钢板、髓内钉、微创、随机对照试验”等。英文检索词包括“humeral shaft fracture、plate、intramedullary nail、minimally invasive osteosynthesis、randomized controlled trial”等。

1.2 文献纳入排除标准

纳入标准：①研究类型为 RCTs；②研究对象为肱骨干骨折的患者；③干预措施分别为 ORPO、MIPO 或 IMN；④结局指标包括功能评分、桡神经损伤、住院时间、手术时间、出血量、不愈合或感染等；⑤随访时间≥12 月。

排除标准：①无法获取全文者；②重复报告。

1.3 质量评价

2 名评价者通过阅读文献的题目、摘要和全文，按纳入排除标准对文献进行独立筛选，遇到分歧讨论解决或征求第三方的意见。采用“Cochrane 协作网的偏倚风险评估标准”对纳入文献进行质量评价。对以下方面进行评价：①随机分配方法的产生；②分配方案的隐藏；③盲法的实施；④结果数据的完整性；⑤无选择性报告结果；⑥其他偏倚来源。

1.4 数据提取

2 位研究员对同一篇文献进行独立提取，采用 Kappa 检验分析一致性，在不一致的情况下找第三方研究员进行裁决。如果资料不全，尽可能与研究作者联系获得。

1.5 统计学分析

纳入文献的质量评价通过 RevMan 5.3 软件完成。网络 Meta 分析采用贝叶斯方法，运用 WinBUGS 1.4.3 软件对数据进行分析，模型选用 Chaimani 模型，方法选用 MCMC 法。马尔科夫链-蒙特卡罗（Markov Chain Monte Carlo，MCMC）是一种通过构造 Markov 链模拟参数联合后验分布的一种方法，其步骤为：建议模型后检查模型逻辑和语法（check model）、加载数据（load data）、进行编译（compile）。本文采用 1 条链（1 chains）进行模拟，迭代 10 000 次，前 1 000 次退火以消除初始值的影响。WinBUGS 中的模型有固定效应模型和随机效应模型，由于研究异质性不能被 Meta 回归的协变量解释，因此笔者倾向于使用随机效应模型。本文采用随机效应模型来计算相对危险度（risk ratio，RR）及 95%置信区间。用 Stata 13.0 软件进行不一致性检验、绘制各干预措施的网状图和累积排序概率图（surface under the cumulative ranking curve，SUCRA）。SUCRA 值即曲线下的百分比，范围为 0%~100%，100%表明为最好的治疗方法，0%则为最差。

2 结 果

2.1 检索结果

通过数据库检索和其他资源检索出文献 406 篇，剔重后，通过阅读文题和摘要初筛出 17 篇文献，通过阅读全文最终纳入 16 篇[7-22]RCTs，其中 15 篇[7-13,15-22]英文文献，1 篇[14]中文文献，共 744 例患者。其中 16 篇均为两臂实验，共涉及 3 种干预措施。具体文献筛选流程及结果见图 1，各干预措施的网状关系见图 2，纳入文献基本特征见表 1。

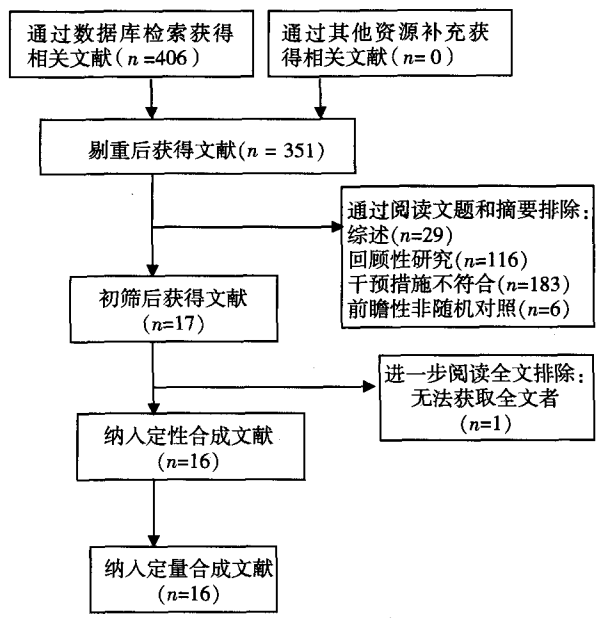
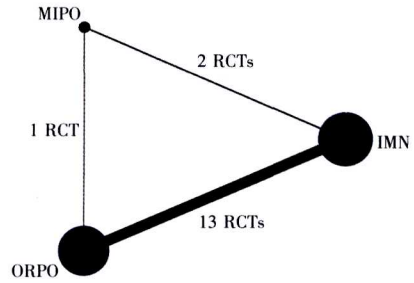


图 1 文献筛选图

Fig.1 Literature screening chart



注：线的粗细表示纳入研究数目多少，圆点大小表示该干预措施的合计样本量；ORPO：切开复位钢板内固定；IMN：髓内钉；MIPO：微创钢板内固定；RCTs：随机对照试验

图 2 网络 Meta 分析各干预措施网状图

Fig. 2 Relationship between the interventions in the network meta-analysis

2.2 纳入研究的质量评价

根据 Cochrane 协作网的偏倚风险评估标准，对纳入的 16 个研究进行方法学质量评价。纳入文献各种偏倚所占比例见图 3，纳入文献质量评价及风险评估见图 4。

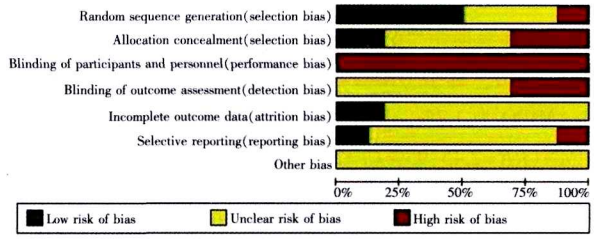


图 3 纳入文献各种偏倚所占比例

Fig.3 Risk of bias graph

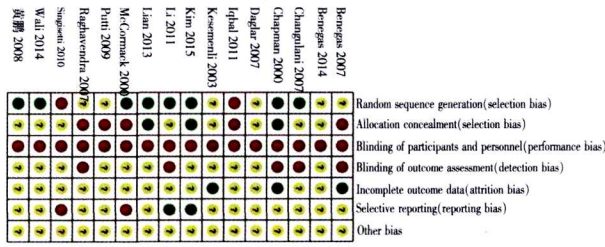


图 4 纳入文献质量评价及风险评估图

Fig.4 Risk of bias summary

表 1 纳入研究基本特征

Tab.1 Characteristics of the included studies

纳入研究	国家	研究类型	总病例数	治疗措施	年龄	比例（M/F）	随访（月）	结局指标	失访
Chapman 2000[7]	美国	RCT	84	ORPO vs. IMN	33.00(18~83)	51/33	13	桡神经损伤，感染，肩肘不适，愈合时间，延迟愈合，不愈合。	是
McCormack 2000[8]	加拿大	RCT	44	ORPO vs. IMN	44.50(19~82)	28/16	14.3	美国肩肘外科协会评分，不愈合，感染，桡神经损伤。	是
Kesemenli 2003[9]	土耳其	RCT	60	ORPO vs. IMN	38.00(19~61)	43/17	42	愈合时间，桡神经损伤，不愈合，再手术。	否
Benegas 2007[10]	巴西	RCT	25	ORPO vs. IMN	41.60	26/14	21	美国加州大学肩关节评分，手术时间，愈合时间，住院时间，并发症。	否
Changulani 2007[11]	印度，英国	RCT	47	ORPO vs. IMN	37.00	39/8	12	美国肩肘外科协会评分，愈合时间，不愈合，感染，桡神经损伤。	是
Daglar 2007[12]	土耳其	RCT	34	ORPO vs. IMN	36.40(18~62)	14/20	32	手术时间，肩关节功能评分，内固定失败，不愈合，感染，桡神经损伤。	否
Raghavendra 2007[13]	印度	RCT	36	ORPO vs. IMN	40.53(18~70)	32/4	12	愈合时间，内固定失败，桡神经损伤，感染，不愈合。	是
黄鹏 2008[14]	中国	RCT	49	ORPO vs. IMN	NM	NM	18	手术时间，住院时间，感染，不愈合，桡神经损伤。	否
Putti 2009[15]	印度，英国	RCT	34	ORPO vs. IMN	36.00(23~84)	32/2	24	美国肩肘外科协会评分，不愈合，桡神经损伤，感染，并发症。	否
Singisetti 2010[16]	印度	RCT	36	ORPO vs. IMN	NM(18~63)	28/8	12	延迟愈合，不愈合，桡神经损伤，感染。	是
Iqbal 2011[17]	巴基斯坦	RCT	40	ORPO vs. IMN	28.00(15~40)	30/10	12	住院时间，手术时间，出血量，桡神经损伤。	否
Li 2011[18]	中国	RCT	50	ORPO vs. IMN	37.60(20~60)	35/15	12	肩关节功能评分，畸形愈合，桡神经损伤，感染。	是
Lian 2013[19]	中国	RCT	47	IMN vs. MIPO	38.20(17~77)	31/16	14.5	美国肩肘外科协会评分，手术时间，愈合时间，畸形愈合，不愈合，感染，桡神经损伤。	否
Benegas 2014[20]	巴西	RCT	40	IMN vs. MIPO	41.60	26/14	12	美国加州大学肩关节评分，畸形愈合，不愈合，感染，桡神经损伤。	是
Wali 2014[21]	印度	RCT	50	ORPO vs. IMN	37.50	41/9	12	住院时间，手术时间，出血量，延迟愈合，不愈合，再手术，桡神经损伤，感染。	否
Kim 2015[22]	韩国	RCT	68	ORPO vs. MIPO	42.00(15~86)	37/31	15	愈合时间，桡神经损伤，美国加州大学肩关节评分，延迟愈合，不愈合。	是

注：年龄为平均值及范围；NM：文中未提供该数据；M：男；F：女

2.3 网络 Meta 分析结果

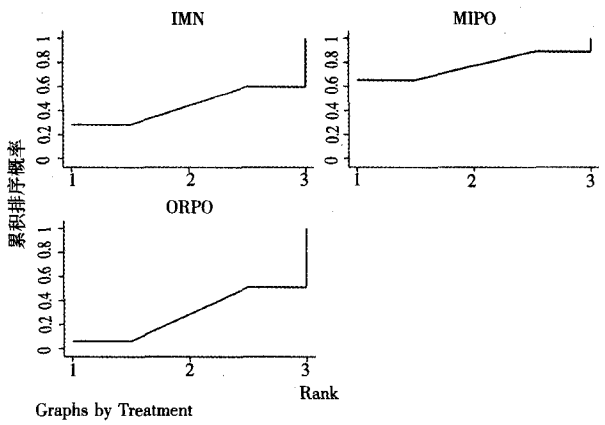
2.3.1 桡神经损伤 纳入的研究中有 14 篇[7-9,11-19,21-22]报道了桡神经损伤。其中 ORPO 的桡神经损伤率为 6.1%，IMN 为 3.3%，MIPO 为 1.7%。结果显示 ORPO 的桡神经损伤率均高于 IMN（*RR*=2.45，95%*CI*=2.04~12.34）和 MIPO（*RR*=101.8，95%*CI*=2.59~341.30）。而 IMN 与 MIPO 相比差异无统计学意义（*RR*=26.89，95%*CI*=0.36~159.10）。见表 2。累积排序概率图显示切开复位钢板内固定、髓内钉和微创钢板内固定的 SUCRA 值分别为 28.7%、44.2%和 77.1%。见图 5。

表 2 3 种指标下每 2 种手术方式的 RR 及 95%*CI* 比较结果

Tab.2 Relative risks with 95% confidence intervals for radial nerve injury, nonunion, and infection

	桡神经损伤（14[a]）	骨折不愈合率（12[a]）	术后感染率（10[a]）
ORPO vs. IMN	2.45 (2.04 to 12.34)	0.87 (0.31 to 1.84)	6.32 (1.09 to 22.45)
ORPO vs. MIPO	101.8 (2.59 to 341.30)	10.26 (0.12 to 72.17)	39.22 (0.04 to 265.30)
IMN vs. MIPO	26.89 (0.36 to 159.1)	12.96 (0.16 to 102.7)	6.19 (0.01 to 39.97)

注：a，报道了该指标的文章数

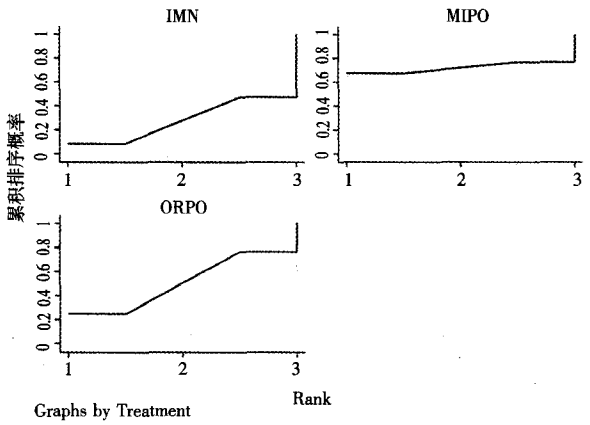


曲线下的面积代表每种干预措施的累积概率，面积越大表明越好

图 5 桡神经损伤的累积排序概率图

Fig.5 Surface under the cumulative ranking curve for radial nerve injury

2.3.2 骨折不愈合率 纳入的研究中有 12 篇[7-9,11-16,19-21]报道了骨折不愈合率。其中 ORPO 的骨折不愈合率为 5.9%，IMN 为 7.1%，MIPO 为 2.2%。结果显示 ORPO 的骨折不愈合率与 IMN（*RR*=0.87，95%*CI*=0.31~1.84）和 MIPO（*RR*=10.26，95%*CI*=0.12~72.17）相比均无统计学差异，IMN 与 MIPO 骨折不愈合率的差异也无统计学意义（*RR*=12.96，95%*CI*=0.16~102.70）。见表 2。累积排序概率图显示 ORPO、IMN 和 MIPO 的 SUCRA 值分别为 50.4%、27.7%和 71.9%。见图 6。

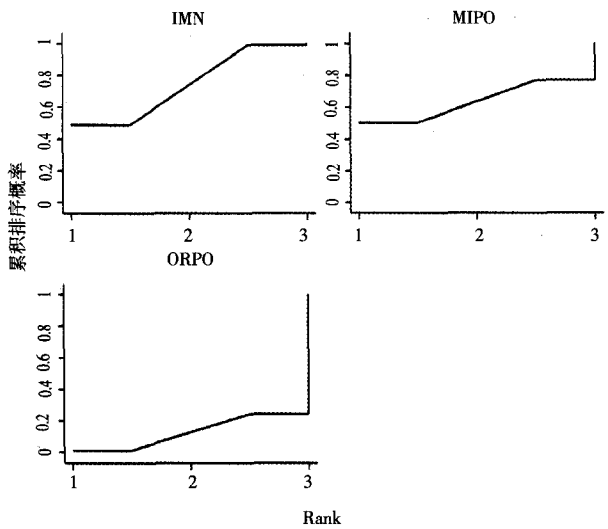


曲线下的面积代表每种干预措施的累积概率，面积越大表明越好

图 6 骨折不愈合率的累积排序概率图

Fig.6 Surface under the cumulative ranking curve for nonunion

2.3.3 术后感染率 纳入的研究中有 10 篇[7,8,11-16,20-21]报道了术后感染，感染包括浅部感染和深部感染。其中 ORPO 的术后感染率为 8.1%，IMN 为 2.7%，MIPO 为 4.8%。结果显示 ORPO 的术后感染率高于 IMN（*RR*=6.32，95%*CI*=1.09~22.45），而 ORPO 与 MIPO 相比差异无统计学意义（*RR*=39.22，95%*CI*=0.04~265.30），IMN 与 MIPO 的术后感染率也无明显差异（*RR*=6.19，95%*CI*=0.01~39.97）（表 2）。累积排序概率图显示 ORPO、IMN 和 MIPO 的 SUCRA 值分别为 12.7%、74.0%和 63.3%（图 7）。



曲线下的面积代表每种干预措施的累积概率，面积越大表明越好

图 7 术后感染率的累积排序概率图

Fig.7 Surface under the cumulative ranking curve for infection

2.3.4 不一致性检验 不一致检验结果显示不一致性因子（inconsistency factor，*IF*）及其 95%置信区间（*IF*：7.1，95%*CI*=0.00~4.79）。见图 8。表明此网络的闭合环中不存在小样本效应。

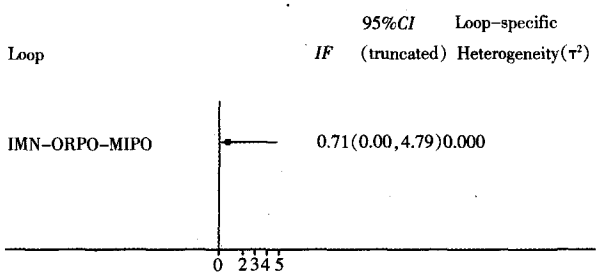


图 8 网络 Meta 分析不一致检验

Fig.8 Inconsistency plot of this network meta-analysis

3 讨 论

本网络 Meta 分析结果显示 ORPO 的桡神经损伤率均高于 IMN 和 MIPO。虽然基于 RR 值，IMN 与 MIPO 相比差异无统计学意义，但 SUCRA 值结果显示 MIPO 的桡神经损伤率可能比 IMN 更低。对于术后骨折不愈合，本研究结果显示 3 种不同手术方式之间均无明显统计学差异；而 SUCRA 值结果显示 MIPO 发生骨折不愈合的可能性最低，IMN 则最高。关于术后感染（包括浅部感染和深部感染）的发生，基于 RR 值的结果显示 ORPO 的术后感染率高于 IMN，而其他两两比较差异无统计学意义。SUCRA 值结果显示 ORPO 发生感染的概率最高，其次为 MIPO，IMN 最低。综上，MIPO 相比其他两种术式更能减少肱骨干骨折术中桡神经损伤和术后骨折不愈合的发生，IMN 治疗肱骨干骨折术后感染发生率最低，但其他并发症均较高，ORPO 的术后并发症则居中。因此本研究认为在减少手术治疗肱骨干骨折术后并发症的方面，MIPO 为最优选择，ORPO 优于 IMN。

目前 MIPO 治疗肱骨干骨折常见的入路有前方和后方入路。Vilaca 和 Uezumi[23]研究显示经前方入路将钢板放置于肱骨前方固定肱骨干骨折的安全性更高。肱骨干前侧骨面平整，无重要的血管和神经通过，而且经前方入路还具有不显露桡神经的优点，一般不会造成医源性桡神经损伤。本网络 Meta 分析纳入研究中均为采用此入路固定肱骨干骨折。

本研究没有评价肱骨干骨折术后肩关节的功能，是因为纳入研究中采用的评价指标不统一或数据不完善。虽然其中大多数研究[8,11-12,15,18-22]评估了肱骨干骨折术后肩关节的功能，但它们包括了多个肩关节评分，例如美国肩肘外科协会评分（American Shoulder and Elbow Surgeons score，ASES）、肩关节功能评分（Constant score）和美国加州大学肩关节评分（the University of California，Los Angeles shoulder scale，UCLA）等。一些 RCTs[8,11-12,15,18,21]通过不同的肩关节评分比较了 ORPO 和 IMN 治疗肱骨干骨折术后肩关节的功能，结果均显示在术后肩关节功能方面 ORPO 和 IMN 的效果相似。Ma 等[24]的 Meta 分析也得出相似的结果。Benegas 等[20]研究评估了 MIPO 和 IMN 治疗肱骨干骨折术后肩关节的功能，发现 2 组差异无统计学意义（P=0.980）。而 Lian 等[19]则认为 MIPO 术后肩关节功能评分明显高于 IMN（P=0.000）。Kim 等[22]评价了 ORPO 和 MIPO 治疗肱骨干骨折术后肩关节的功能，发现 2 组差异无统计学意义（P=0.264）。因此推断 3 种不同的手术方式治疗肱骨干骨折，术后能取得相似的肩关节评分结果。但一些传统的 Meta 分析[25-26]结果显示治疗肱骨干骨折，IMN 比 ORPO 更可能引起肩部不适和肩关节撞击等并发症。所以本研究认为在手术治疗肱骨干骨折术后肩关节功能方面，MIPO 和 ORPO 均优于 IMN，而就目前的证据而言，MIPO 和 ORPO 效果类似。

本文存在的局限性：①大部分研究在随机分配方法的产生、分配方案的隐藏、盲法的实施等设计方面存在相应的缺陷，使得纳入研究质量普遍不高。②由于评价指标及数据类型不完全一致，使得可以合并分析的数据大大减少，如肩关节功能评分。③各研究纳入排除标准及随访时间不完全相同。④本研究纳入研究均为已发表的文献，缺乏灰色文献（如未发表的文献等），可能会使研究结果出现一些偏倚。⑤纳入文献少，总样本量小。⑥检索的数据库仅包含了中文和英文，可能会对文献查全率造成一定影响。

综上所述，目前证据表明手术治疗肱骨干骨折，MIPO 可能为最优选择，ORPO 次之。传统的 Meta 分析[24-26]和系统评价[4]结果都显示 IMN 和 ORPO 能取得相似的疗效，但 IMN 的术后并发症更多，并认为治疗肱骨干骨折 ORPO 优于 IMN。这与我们的研究结果相符。由于纳入研究中关于 MIPO 与 ORPO 和 IMN 之间比较的 RCT 研究较少，所以今后仍需大量相关的高质量 RCTs 来进一步验证上述结论。

参 考 文 献

[1] Brinker MR, O'Connor DP. The incidence of fractures and dislocations referred for orthopaedic services in a capitated population[J]. J Bone Joint Surg Am, 2004, 86-A(2): 290-297.

[2] Clement ND. Management of humeral shaft fractures: non-operative versus operative[J]. Arch Trauma Res, 2015, 4(2): e28013.

[3] Carroll EA, Schweppe M, Langfitt M, et al. Management of humeral shaft fractures[J]. J Am Acad Orthop Surg, 2012, 20(7): 423-433.

[4] Zhao JG, Wang J, Wang C, et al. Intramedullary nail versus plate fixation for humeral shaft fractures: a systematic review of overlapping meta-analyses[J]. Medicine (Baltimore), 2015, 94(11): e599.

[5] Chen F, Wang Z, Bhattacharyya T. Outcomes of nails vs. plates for humeral shaft fractures: a medicare cohort study[J]. J Orthop Trauma, 2013, 27(2): 68-72.

[6] Oh CW, Byun YS, Oh JK, et al. Plating of humeral shaft fractures: comparison of standard conventional plating versus minimally invasive plating[J]. Orthop Traumatol Surg Res, 2012, 98(1): 54-60.

[7] Chapman JR, Henley MB, Agel J, et al. Randomized prospective study of humeral shaft fracture fixation: intramedullary nails versus plates[J]. J Orthop Trauma, 2000, 14(3): 162-166.

[8] McCormack RG, Brien D, Buckley RE, et al. Fixation of fractures of the shaft of the humerus by dynamic compression plate or intramedullary nail. A prospective, randomised trial[J]. J Bone Joint Surg Br, 2000, 82(3): 336-339.

[9] Kesemenli CC, Subasi M, Arslan H, et al. Comparison between the results of intramedullary nailing and compression plate fixation in the treatment of humerus fractures[J]. Acta orthopaedica et traumatologica turcica, 2003, 37(2): 120-125.

[10] Benegas E, Amódio DT, Correia LFM, et al. Comparative, prospective and randomized study of humeral shaft fractures requiring surgical treatment: bridging plate versus locked intramedullary nail (preliminary analysys)[J]. Acta Ortopédica Brasileira, 2007, 15(2): 87-92.

[11] Changulani M, Jain UK, Keswani T. Comparison of the use of the humerus intramedullary nail and dynamic compression plate for the management of diaphyseal fractures of the humerus. A randomised controlled study[J]. Int Orthop, 2007, 31(3): 391-395.

[12] Daglar B, Delialioglu OM, Tasbas BA, et al. Comparison of plate-screw fixation and intramedullary fixation with inflatable nails in the treatment of acute humeral shaft fractures[J]. Acta Orthopo Traumatolo Turc, 2007, 41(1): 7-14.

[13] Raghavendra S, Bhalodiya HP. Internal fixation of fractures of the shaft of the humerus by dynamic compression plate or intramedullary nail: A prospective study[J]. Indian J Orthopo, 2007, 41(3): 214-218.

[14] 黄 鹏, 唐佩福, 姚 琦, 等. 带锁髓内钉与锁定加压钢板内固定治疗肱骨干骨折的随机对比研究[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2008, 23(9): 720-722.

[15] Putti AB, Uppin RB, Putti BB. Locked intramedullary nailing versus dynamic compression plating for humeral shaft fractures[J]. J Orthop Surg (Hong Kong), 2009, 17(2): 139-141.

[16] Singisetti K, Ambedkar M. Nailing versus plating in humerus shaft fractures: a prospective comparative study[J]. Int Orthop, 2010, 34(4): 571-576.

[17] Iqbal M, Nawaz A, Mahmood T, et al. A comparative study of treatment of humeral shaft fractures using interlocking nail vs. AO dynamic compression plate fixation[J]. Annals of King Edward Medical University, 2011, 17(2): 162-165.

[18] Li Y, Wang C, Wang M, et al. Postoperative malrotation of humeral shaft fracture after plating compared with intramedullary nailing[J]. J Shoulder Elbow Surg, 2011, 20(6): 947-954.

[19] Lian K, Wang L, Lin D, et al. Minimally invasive plating osteosynthesis for mid-distal third humeral shaft fractures[J]. Orthopedics, 2013, 36(8): e1025-1032.

[20] Benegas E, Ferreira Neto AA, Gracitelli ME, et al. Shoulder function after surgical treatment of displaced fractures of the humeral shaft: a randomized trial comparing antegrade intramedullary nailing with minimally invasive plate osteosynthesis[J]. J Shoulder Elbow Surg, 2014, 23(6): 767-774.

[21] Wali MGR, Baba AN, Latoo IA, et al. Internal fixation of shaft humerus fractures by dynamic compression plate or interlocking intramedullary nail: a prospective, randomised study[J]. Strategies Trauma Limb Reconstr, 2014, 9(3): 133-140.

[22] Kim JW, Oh CW, Byun YS, et al. A prospective randomized study of operative treatment for noncomminuted humeral shaft fractures: conventional open plating versus minimal invasive plate osteosynthesis[J]. J Orthop Trauma, 2015, 29(4): 189-194.

[23] Vilaca PR Jr., Uezumi MK. Anterior minimally invasive bridge-plate technique for treatment of humeral shaft nonunion[J]. J Orthop Traumatol, 2012, 13(4): 211-216.

[24] Ma J, Xing D, Ma X, et al. Intramedullary nail versus dynamic compression plate fixation in treating humeral shaft fractures: grading the evidence through a meta-analysis[J]. PLoS One, 2013, 8(12): e82075.

[25] Dai J, Chai Y, Wang C, et al. Dynamic compression plating versus locked intramedullary nailing for humeral shaft fractures: a meta-analysis of RCTs and nonrandomized studies[J]. J Orthop Sci, 2014, 19(2): 282-291.

[26] Ouyang H, Xiong J, Xiang P, et al. Plate versus intramedullary nail fixation in the treatment of humeral shaft fractures: an updated meta-analysis[J]. J Shoulder Elbow Surg, 2013, 22(3): 387-395.

（责任编辑：张辉洁）