

· 临床论著 ·

桥接系统两种构型固定股骨远端骨折比较[△]

安晋宇, 文会龙, 高立波, 裴琰慧, 吴一雄, 胡辉东*

(常州市肿瘤医院骨科, 江苏常州 213032)

摘要: [目的] 比较桥接系统 (bridge combined fixation system, BCFS) 混棒固定 (hybrid fixation) 与双棒固定 (double-rod fixation, DRF) 治疗股骨远端骨折的临床效果。[方法] 回顾性分析 2018 年 1 月—2020 年 12 月本院应用 BCFS 固定股骨远端骨折 36 例患者的临床资料。依据医患沟通结果, 17 例采用 HF, 另外 19 例采用 DRF。比较两组围手术期、随访及影像资料。[结果] 两组患者均顺利完成手术, 无严重并发症。HF 组的手术时间 [(110.8±16.6) min vs (97.5±13.4) min, $P<0.05$] 和切口长度 [(22.9±4.2) cm vs (19.6±3.0) cm, $P<0.05$] 显著多于 DRF 组, 但两组间术中出血量、透视次数、术后引流量、切口愈合等级及住院时间的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。两组随访时间均超 12 个月, HF 组的下地行走时间 [(31.9±9.1) d vs (40.4±9.1) d, $P<0.05$] 和完全负重活动时间 [(117.0±32.4) d vs (149.0±44.7) d, $P<0.05$] 显著早于 DRF 组。随时间推移, 两组患者膝 ROM、HSS 评分及 Schatzker-Lambert (S-L) 评级均显著增加 ($P<0.05$); 术前两组间上述指标的差异均无统计学意义 ($P>0.05$), 术后相同时间点两组膝屈-伸 ROM 的差异无统计学意义 ($P>0.05$); 术后 1 个月, HF 组的 HSS 评分显著优于 DRF 组 [(60.2±4.2) vs (56.5±5.1), $P<0.05$], 但术后 6 个月、末次随访时, 两组差异已无统计学意义 ($P>0.05$)。HF 组的 S-L 评级 [优/良/可/差, 术后 6 个月 (7/9/1/0) vs (3/9/5/2), $P<0.05$; 末次随访时 (14/2/1/0) vs (9/8/1/1), $P<0.05$] 显著优于 DRF 组。影像方面, 两组骨折复位质量、骨折愈合时间的差异无统计学意义 ($P>0.05$)。HF 组的 FTA 角度显著小于 DRF 组 ($P<0.05$)。[结论] 相较于双棒桥接系统, 混棒式桥接系统治疗股骨远端骨折获得稳定固定的同时, 可避免股骨远端内翻畸形, 对于粉碎性骨折, 能获得良好的临床效果。

关键词: 股骨远端骨折, 桥接系统, 混棒固定, 双棒固定, 内翻畸形

中图分类号: R683.42 文献标志码: A 文章编号: 1005-8478 (2023) 22-2029-06

Comparison of two configurations with bridge combined fixation system for distal femoral fractures // AN Jin-yu, WEN Hui-long, GAO Li-bo, PEI Yan-hui, WU Yi-xiong, HU Hui-dong. Department of Orthopedics, Changzhou Tumor Hospital, Changzhou 213032, China

Abstract: [Objective] To compare the clinical outcomes of the bridge combined fixation system (BCFS) used in hybrid fixation (HF) versus double-rod fixation (DRF) for distal femoral fractures. [Methods] A retrospective study was conducted on 36 patients who receive BCFS internal fixation for distal femoral fractures in our hospital from January 2018 to December 2020. Based on doctor-patient communication, 17 patients received HF, while the other 19 patients received DRF. The perioperative period, follow-up and imaging data of the two groups were compared. [Results] Two groups of patients successfully completed the operations with no serious complications. Although the HF group proved significantly greater than the DRF group in terms of operation time [(110.8±16.6) min vs (97.5±13.4) min, $P<0.05$] and incision length [(22.9±4.2) cm vs (19.6±3.0) cm, $P<0.05$], there were no significant differences in intraoperative blood loss, fluoroscopy times, postoperative drainage volume, incision healing grade and hospital stay between the two groups ($P>0.05$). All patients in both groups were followed up for more than 12 months, and the HF group resumed walking [(31.9±9.1) days vs (40.4±9.1) days, $P<0.05$] and the full weight-bearing activity [(117.0±32.4) days vs (149.0±44.7) days, $P<0.05$] significantly earlier than the DRF group. The knee ROM, HSS scores and Schatzker-Lambert (S-L) scale significantly increased in both groups over time ($P<0.05$). Despite of the fact that there were no significant differences in the above indexes between the two groups before surgery ($P>0.05$), and no significant differences in knee flexion-extension ROM between the two groups at any matching time point after surgery ($P>0.05$), the HF group proved significantly superior to the DRF group in term of HSS score one month after surgery [(60.2±4.2) vs (56.5±5.1), $P<0.05$], whereas which became not statistically significant between the two groups at 6 months after surgery and the latest follow-up ($P>0.05$). In addition, the former was significantly better than the

DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.22.03

△基金项目: 常州市卫健委科技项目 (编号: WZ202115)

作者简介: 安晋宇, 副主任医师, 研究方向: 骨与关节损伤, (电话) 15961232195, (电子信箱) aji_000@126.com

* 通信作者: 胡辉东, (电子信箱) zhufengma21@163.com

latter in term of S-L grade [excellent/good/fair/poor, 6 months postoperatively (7/9/1/0) vs (3/9/5/2), $P < 0.05$; the last follow-up (14/2/1/0) vs (9/8/1/1), $P < 0.05$]. Regarding to imaging, there was no significant difference in the quality of fracture reduction and the time of fracture healing between the two groups ($P < 0.05$), while the HF group got significantly less the femorotibial angle than the DRF group ($P < 0.05$). [Conclusion] This BCFS used in HF configuration might take advantages of avoiding the varus deformity of the distal femur, while achieving stable fixation over the DRF for distal femoral fractures, especially for the comminuted fractures.

Key words: distal femoral fracture, bridge combined fixation system, hybrid fixation, double-rod fixation, varus deformity

股骨远端骨折约占股骨骨折的 4%~6%^[1], 多由强大暴力所造成, 往往伴发干骺端的粉碎性骨折^[2], 为手术内固定带来了挑战。目前, 骨折复位外侧放置锁定加压钢板固定仍为常用的治疗方案, 但对于股骨远端粉碎性骨折、大骨片分离及缺少, 仍存在内固定失败、骨折不愈合等风险^[3], 同时也不乏膝关节僵硬、骨折畸形愈合及骨折复位不良的报道^[4]。桥接组合式内固定系统 (bridge combined fixation system, BCFS) 是新近发展的骨折内固定装置, 具有坚强固定骨折区域、减少周围组织损伤的优点, 在治疗长管状骨骨折中体现了良好的生物力学和临床效果^[5]。目前临床上已使用外侧放置的双棒结构治疗股骨远端骨折^[6], 也有研究主张采用外侧合并内侧的双重固定方案^[7], 但相关的研究较少。本研究对 2018 年 1 月—2020 年 12 月于本院应用 BCFS 不同方案治疗的股骨远端骨折患者进行回顾性分析, 报道如下。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

纳入标准: (1) 应用 BCFS 治疗的新鲜股骨远端骨折; (2) 受伤前膝关节活动度正常; (3) 手法复位失败或不能耐受长期外固定治疗; (4) 随访超过 1 年, 资料齐全。

排除标准: (1) 开放性骨折, 严重的软组织损伤; (2) 既往合并患肢肌力下降、膝关节活动受限; (3) 病理性骨折; (4) 合并有影响骨折愈合因素, 如长期吸烟、代谢性疾病等。

1.2 一般资料

回顾性分析 2018 年 1 月—2020 年 12 月于本院行手术治疗的股骨远端骨折患者的临床资料, 共 36 例符合上述标准, 纳入本研究, 所有患者均在术前摄膝关节正侧位 X 线片及 CT 扫描, 明确骨折类型及移位情况, 相关科室协助诊治基础疾病。根据医患沟通结果, 17 例采用 BCFS 混棒固定 (hybrid fixations, HF 组), 19 例采用 BCFS 双棒固定 (double-rod fixation, DRF 组)。两组患者一般资料见表 1, 两组年龄、性

别、BMI、损伤至手术时间、侧别及 AO 骨折分型的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$), 本研究报医院伦理委员会审批通过, 患者均知情同意。

表 1 两组患者术前一般资料与比较

Table 1 Comparison of preoperative data between the two groups

指标	HF 组 (n=17)	DRF 组 (n=19)	P 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	50.2±14.2	47.4±14.4	0.560
性别 (例, 男/女)	10/7	11/8	0.955
BMI (kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	23.0±3.0	23.9±2.6	0.339
损伤至手术时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	3.8±2.0	4.1±2.0	0.662
侧别 (例, 左/右)	9/8	11/8	0.765
AO 分型 (例, A/B/C)	6/2/9	6/3/10	0.931

1.3 手术方法

所有手术由同一组医师完成, 采用腰硬联合麻醉或全身麻醉, 取仰卧位。

HF 组: 由胫骨结节近端至股骨远端中外侧行股骨远端前外侧切口, 切开阔筋膜, 沿股直肌与股外侧肌之间分离, 适当劈开股中间肌, 显露、复位并维持骨折断端, 克氏针临时固定, 1 cm 以上的骨缺损行同种异体骨移植。选择两根连接棒置于股骨远端外侧, 连接固定块, 股骨外侧髁上可选解剖块, 通过切口插入桥接系统; 于股骨内侧髁处行长约 3 cm 辅助切口, 选择单根连接棒穿软组织隧道置于股骨远端内侧, 连接固定块, 在 C 形臂 X 线机辅助下通过导向器钻孔并拧入螺钉固定, 放置引流管, 闭合切口。

DRF 组: 同样采取股骨远端前外侧入路。清理骨折断端, 视情况采用内侧辅助切口复位骨折, 沿力线维持、克氏针临时固定, 1 cm 以上的骨缺损行植骨, 选取两根连接棒, 连接固定块, 置于股骨远端外侧, 拧入螺钉固定, 余同 HF 组。

术后处理: 术后应用抗生素 1 d, 24~48 h 拔引流管, 镇痛抗凝治疗 1 周。术后指导患者行股四头肌收缩及踝泵训练, 术后 7 d 行膝关节主被动屈伸训练, 根据骨折愈合情况部分负重, 骨折愈合后完全负重。

1.4 评价指标

记录围手术期资料,包括手术时间、切口长度、术中出血量、术中透视次数、术后引流量、切口愈合等级、下地时间、住院时间。采用完全负重活动时间、膝关节活动度(range of motion, ROM),美国纽约特种外科医院(Hospital for Special Surgery, HSS)膝关节功能评分及Schatzker-Lambert(S-L)股骨远端骨折功能评分^[8]评价临床效果。行影像学检查,观察骨折复位质量^[9](优为解剖复位,良为骨折内外翻 $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$,差为骨折内外翻 $>10^{\circ}$),测量股胫角(femorotibial angle, FTA),并评估骨折愈合情况^[10]和内固定物改变。

1.5 统计学方法

采用SPSS 19.0软件进行统计学分析。计量数据以 $\bar{x}\pm s$ 表示,资料呈正态分布时,两组间比较采用独立样本 t 检验;组内时间点比较采用单因素方差分析;资料呈非正态分布时,采用秩和检验。计数资料采用 χ^2 检验或Fisher精确检验。等级资料两组比较采用Mann-whitney U 检验,组内比较采用多个相关资料的Friedman检验。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 围手术期情况

两组患者均顺利完成手术,术中无血管、神经损伤、脂肪栓塞等严重并发症发生。所有病例无术后感染、深静脉血栓形成等并发症。两组围手术期资料见表2,两组术中失血量、术中透视次数、术后引流量、切口愈合等级及住院时间差异无统计学意义($P>0.05$)。HF组手术时间、切口长度均显著多于DRF组($P<0.05$),但HF组患者下地时间显著早于DRF组($P<0.05$)。

表2 两组患者围手术期资料与比较

指标	HF组 (n=17)	DRF组 (n=19)	P值
手术时间(min, $\bar{x}\pm s$)	110.8 \pm 16.6	97.5 \pm 13.4	0.012
切口总长度(cm, $\bar{x}\pm s$)	22.9 \pm 4.2	19.6 \pm 3.0	0.010
术中失血量(ml, $\bar{x}\pm s$)	481.2 \pm 89.4	459.0 \pm 72.5	0.416
术中透视次数(次, $\bar{x}\pm s$)	5.7 \pm 1.5	5.5 \pm 1.4	0.627
术后引流量(ml, $\bar{x}\pm s$)	112.1 \pm 16.2	107.9 \pm 12.1	0.385
下地行走时间(d, $\bar{x}\pm s$)	31.9 \pm 9.1	40.4 \pm 9.1	0.009
切口愈合(例,甲/乙/丙)	15/2/0	16/3/0	0.727
住院时间(d, $\bar{x}\pm s$)	13.0 \pm 2.8	12.7 \pm 2.6	0.770

2.2 随访结果

所有患者随访均获12~24个月随访,随访时间平均(16.5 \pm 3.3)个月,两组均无疼痛加重及其他并发症发生。两组患者随访资料见表3。HF组完全负重活动时间显著早于DRF组($P<0.05$)。随术后随访时间推移,两组膝屈-伸ROM、膝HSS评分及S-L评级均显著改善($P<0.05$)。术前两组间上述指标的差异均无统计学意义($P>0.05$),术后相同时间点,两组膝屈-伸ROM的差异无统计学意义($P>0.05$)。术后1个月, HF组的HSS评分显著优于DRF组($P<0.05$),但术后6个月、末次随访时,两组差异已无统计学意义($P>0.05$)。术后1个月,两组的S-L评级差异无统计学意义($P>0.05$),但术后6个月、末次随访时, HF组的S-L评级显著优于DRF组($P<0.05$)。

表3 两组患者随访结果与比较

Table 3 Comparison of follow-up data between the two groups

指标	HF组 (n=17)	DRF组 (n=19)	P值
完全负重活动时间(d, $\bar{x}\pm s$)	117.0 \pm 32.4	149.0 \pm 44.7	0.020
HSS评分(分, $\bar{x}\pm s$)			
术后1个月	60.2 \pm 4.2	56.5 \pm 5.1	0.023
术后6个月	80.1 \pm 6.7	75.7 \pm 7.0	0.062
末次随访	92.0 \pm 6.0	89.0 \pm 5.7	0.128
P值	<0.001	<0.001	
膝伸屈ROM($^{\circ}$, $\bar{x}\pm s$)			
术后1个月	92.9 \pm 11.1	87.1 \pm 13.6	0.169
术后6个月	102.1 \pm 9.2	105.0 \pm 10.5	0.381
末次随访	111.8 \pm 10.5	114.0 \pm 10.1	0.528
P值	<0.001	<0.001	
S-L评级(例,优/良/可/差)			
术后1个月	2/7/7/1	1/6/10/2	0.294
术后6个月	7/9/1/0	3/9/5/2	0.018
末次随访	14/2/1/0	9/8/1/1	0.040
P值	<0.001	0.011	

2.3 影像评估

两组患者影像评估结果见表4。两组骨折复位质量的差异无统计学意义($P>0.05$); HF组术后FTA角显著小于DRF组($P<0.05$); 两组骨折愈合时间的差异无统计学意义($P>0.05$)。骨折延迟愈合HF组2例, DRF组1例,未行手术翻修,经增加负荷重量、冲击波治疗后愈合。至末次随访时,两组均未见内固定物松动、断裂,无再发骨折者。两组典型病例影像见图1、2。

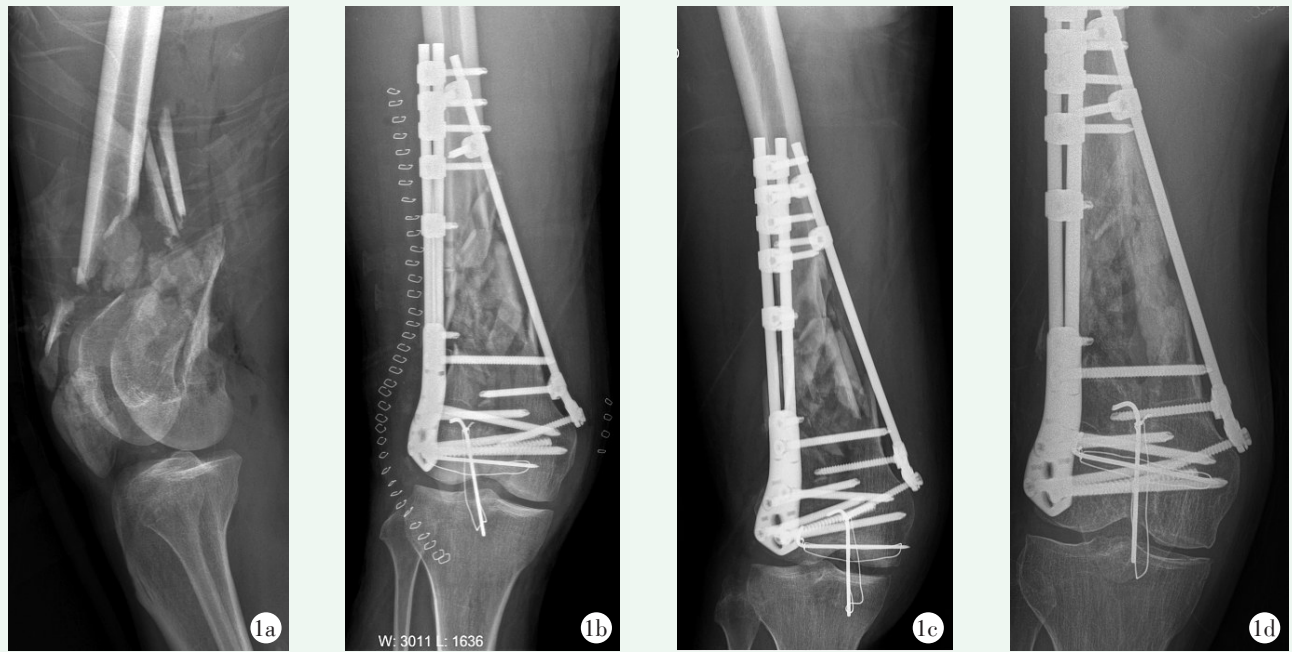


图 1 患者,男,40 岁,右股骨远端骨折, AO 分型 C2 型,行 BCFS 混棒固定手术治疗,同时合并髌骨骨折,行克氏针张力带手术治疗。1a: 术前 X 线片示右股骨远端骨折合并髌骨骨折; 1b: 术后 X 线片提示骨折线位良好,内固定稳定; 1c: 术后 1 个月 X 线片提示内固定未见松动,骨折复位未见丢失; 1d: 末次随访 X 线片提示骨皮质连续,骨折愈合。

Figure 1. A 40-year-old male had right AO type C2 distal femoral fractures fixed by BCFS hybrid fixations (HF), and patellar fracture fixed by Kirchner wire tension band. 1a: Preoperative radiography showed right femoral distal fractures combined with patellar fracture. 1b: Postoperative radiography revealed good fracture reduction with stable internal fixation. 1c: Radiographs 1 month after surgery indicated no loosening of internal fixation without loss of fracture reduction. 1d: Radiograph presented complete fracture healing with continuous cortex.



图 2 患者,女,65 岁,左股骨远端骨折, AO 分型 C1 型,行 BCFS 双棒固定手术治疗。2a: 术前 X 线示左股骨远端骨折; 2b: 术后 X 线片示内固定稳定,内侧皮质重叠; 2c: 术后 1 个月 X 线片示骨折线可见; 2d: 末次随访 X 线片提示骨折完全愈合,但存在内翻。

Figure 2. A 65-year-old female had left AO type C1 distal femoral fractures fixed by BCFS double-rod fixation (DRF). 2a: Preoperative radiograph showed left distal femoral fractures. 2b: Postoperative radiographs showed stable internal fixation with medial cortical overlap. 2c: Radiographs showed clear fracture line 1 month postoperatively. 2d: Radiographs indicated complete fracture healing but with varus in some extent at the last follow-up.

表 4 两组患者影像评估结果与比较

指标	HF 组 (n=17)	DRF 组 (n=19)	P 值
骨折复位质量 [例 (%)]			0.198
优	10 (58.8)	7 (36.8)	
良	6 (35.3)	10 (52.6)	
差	1 (5.9)	2 (10.5)	
FTA (°, $\bar{x} \pm s$)	173.1 \pm 3.7	175.8 \pm 3.3	0.025
骨折愈合时间 [例 (%)]			0.479
<12 周	4 (23.5)	5 (26.3)	
12~16 周	10 (58.8)	13 (68.4)	
≥16 周	3 (17.7)	1 (5.3)	

3 讨论

目前, 股骨远端骨折常用的治疗方案是锁定钢板内固定术^[11], 固定的稳定性依赖于钢板通过螺钉的轴向压力附在骨面上, 但易引起血供破坏, 骨坏死发生^[12], 导致 19% 的骨折不愈合和 20% 的内固定失败^[13]。在生物学固定 (biological osteosynthesis, BO) 理念中, 弹性固定可促进骨痂形成、加快骨折愈合^[14], 降低内固定物失败率; 桥接固定原理在粉碎性骨折的治疗中, 保留了骨折断端的血肿, 减少植骨的需求及局部软组织的剥离^[15]。BCFS 是 BO 理念的临床应用, 可根据骨折的类型、长度等搭配, 采用单棒、双棒及双单棒混合等多种方式, 棒状结构减少了与骨面的接触面积, 降低手术创伤和术后并发症的发生。本研究选取的病例均为采用 BCFS 治疗的股骨远端骨折患者, 末次随访时, 所有患者均获得临床愈合, 且两组间的骨折愈合时间无统计学差异。Wang 等^[16]对 59 例采用 BCFS 治疗的股骨远端骨折患者进行回顾研究, 发现术后 6~9 个月骨折线完全消失。

股骨远端骨折常伴干骺端粉碎性骨折, 负重时的偏心应力加重了内侧塌陷, 引起内翻畸形^[17]; 解剖上, 股骨干相对于膝关节面有 7° 的外翻角^[18]。因而, 股骨远端骨折治疗中冠状面的复位质量成为手术的重点、难点, 也是影响肢体功能恢复的重要因素^[19]。既往研究表明, 双钢板固定在股骨远端骨折的治疗中, 可以提供更为稳定的骨折愈合环境, 尤其适用于合并干骺端粉碎性骨折者^[20]。Park 等^[21]在 A3、C 型股骨远端骨折体外模型的力学研究中, 证实双侧固定增加了骨折固定强度, 可以防止内翻塌陷、骨折固定丢失等并发症的发生。在本研究中, DRF 组复位骨折后仅在外侧通过双棒 BCFS 固定, 而

内侧缺乏良好的支撑, 影像学检查提示股骨远端存在内翻塌陷, 随访中 S-L 评级低于 HF 组, 术后 FTA 角度明显大于 HF 组, 但两组骨折复位质量的差异无统计学意义; HF 组的下地行走时间和完全负重活动时间也明显优于 DRF 组, 也证实了混棒双侧固定骨折的稳定性。

股骨远端骨折是关节周围骨折, 在骨折愈合过程中, 股四头肌腱会黏附在股骨远端表面和髌上囊, 严重影响膝关节屈伸功能^[22]。Zhang 等^[23]报道在股骨远端骨折治疗中, 内外侧双钢板和外侧单钢板在骨折愈合时间、并发症发生及膝关节活动度上无明显差异。而另一项研究则认为内外侧双钢板治疗更有利于膝关节功能恢复^[22]。在本研究中, 术后 1 个月时, HF 组的 HSS 评分更优, 考虑与更早下地负重有关。但随着时间推移, 膝关节的活动度及 HSS 评分都得到明显改善, 末次随访时, 两组的膝 HSS 评分及活动度无明显差异。

股骨远端的血供来源于膝上内侧动脉和通往股内侧肌的第三穿支动脉^[24], 股骨远端骨折内侧的复位及双侧固定往往需要双切口, 增大了手术创伤及软组织的剥离, 引起血管损伤、出血量的增多。本研究中, HF 组的手术时间及切口长度明显高于 DRF 组, 但 BCFS 可通过软组织通道置棒, 减少周围组织及骨膜的损伤, 因而两组的出血量、术后引流量差异无统计学意义。最近的一项尸体解剖研究表明, 股骨远端骨折治疗中内侧固定物的放置并不会对股骨远端的血供产生额外的损伤, 多数发生的术中血管损伤是在放置外侧内固定物的过程中^[25], 可使远端血供减少 21.2%, 而额外的内侧固定物放置仅增加了 4.2% 的损伤^[7]。这也与本研究出血量的比较结果相符。

综上所述, 桥接系统混合及双棒结构均能固定股骨远端骨折, 但混棒式双侧固定在获得稳定固定的同时, 可对股骨远端内侧起到有效支撑, 避免内翻畸形的发生, 有利于膝关节功能的恢复, 尤其对于 A3、C 型 (AO/OTA 分型) 骨折, 是治疗的良好选择。

参考文献

- [1] 许晓沛, 刘晋元, 王小虎, 等. 两种复合内固定治疗股骨远端骨不连的比较 [J]. 中国矫形外科杂志, 2021, 29 (8) : 673-678. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.08.01.
Xu XP, Liu JY, Wang XH, et al. Comparison of two kinds of compound internal fixation for treatment of nonunion of distal femur [J]. Orthop J Chin, 2021, 29 (8) : 673-678. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.08.01.
- [2] Elsoe R, Ceccotti AA, Larsen P. Population-based epidemiology

- and incidence of distal femur fractures [J]. *Int Orthop*, 2018, 42: 191-196. DOI: 10.1007/s00264-017-3665-1.
- [3] 陈洪强, 刘炯, 陈德斌, 等. 顺行髓内钉与钢板固定股骨远端关节外骨折比较 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29 (4): 303-306. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.04.04.
- Chen HQ, Liu J, Chen DB, et al. Anterograde interlocking intramedullary nail versus locking plate for distal extraarticular femoral fractures [J]. *Orthop J Chin*, 2021, 29 (4): 303-306. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.04.04.
- [4] 马明亮, 周楠, 刘宏智, 等. 轴向牵引下股骨远端骨折闭合复位钢板内固定 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29 (16): 1508-1511. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.16.15.
- Ma ML, Zhou N, Liu HZ, et al. Closed reduction and plate fixation for distal femoral fractures under axial distraction [J]. *Orthop J Chin*, 2021, 29 (16): 1508-1511. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.16.15.
- [5] Wang DX, Xiong Y, Deng H, et al. Biomechanical analysis and clinical effects of bridge combined fixation system for femoral fractures [J]. *Proc Inst Mech Eng H*, 2014, 228 (9): 899-907. DOI: 10.1177/0954411914548866.
- [6] Kang L, Liu H, Ding Z, et al. Ipsilateral proximal and shaft femoral fractures treated with bridge-link type combined fixation system [J]. *J Orthop Surg Res*, 2020, 15 (1): 1-10. DOI: 10.1186/s13018-020-01929-7.
- [7] Stoffel K, Sommer C, Lee M, et al. Double fixation for complex distal femoral fractures [J]. *EFORT Open Rev*, 2022, 7 (4): 274-286. DOI: 10.1530/EOR-21-0113.
- [8] Siddiqui YS, Mohd J, Abbas M, et al. Technical difficulties and mechanical failure of distal femoral locking compression plate (DFLCP) in management of unstable distal femoral fractures [J]. *Int J Burns Trauma*, 2021, 11 (1): 9-19. DOI: 10.1016/j.otsr.2017.08.008.
- [9] Costa ML, Achten J, Rangan A, et al. Percutaneous fixation with Kirschner wires versus volar locking-plate fixation in adults with dorsally displaced fracture of distal radius: five-year follow-up of a randomized controlled trial [J]. *Bone Joint J*, 2019, 101 (8): 978-983. DOI: 10.1136/bmj.g4807.
- [10] Garala K, Ramoutar D, Li J, et al. Distal femoral fractures: A comparison between single lateral plate fixation and a combined femoral nail and plate fixation [J]. *Injury*, 2022, 53 (2): 634-639. DOI: 10.1016/j.injury.2021.11.011.
- [11] Shams SF, Mehdizadeh A, Movahedi MM, et al. The comparison of stress and strain between custom-designed bone plates (CDBP) and locking compression plate (LCP) for distal femur fracture [J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2023, 33 (1): 191-197. DOI: 10.1007/s00590-021-03160-4.
- [12] Apivatthakakul V, Apivatthakakul T. Reverse distal femoral locking compression plate (DF-LCP), does it fit and how to fit on Asian's proximal femurs? A cadaveric study [J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2022, 32 (5): 991-1000. DOI: 10.1007/s00590-021-03072-3.
- [13] Henderson CE, Kuhl LL, Fitzpatrick DC, Marsh JL. Locking plates for distal femur fractures: is there a problem with fracture healing [J]. *J Orthop Trauma*, 2011, 25 (1): S8-14. DOI: 10.1097/BOT.0b013e3182070127.
- [14] Wang SH, Wu CC, Li WT, et al. Outcomes of distal femoral fractures treated with minimally invasive plate osteosynthesis versus open reduction internal fixation with combined locking plate and interfragmentary screws [J]. *Int J Surg*, 2019, 65: 107-112. DOI: 10.1016/j.ijso.2019.03.019.
- [15] Nayak RM, Koichade MR, Umre AN, et al. Minimally invasive plate osteosynthesis using a locking compression plate for distal femoral fractures [J]. *J Orthop Surg (Hong Kong)*, 2011, 19 (2): 185-190. DOI: 10.1177/230949901101900211.
- [16] Wang DX, Xiong Y, Deng H, et al. Biomechanical analysis and clinical effects of bridge combined fixation system for femoral fractures [J]. *Proc Inst Mech Eng H*, 2014, 228 (9): 899-907. DOI: 10.1177/0954411914548866.
- [17] Bergin PF, Weber TG, Gerow DE, et al. Intraosseous plating for the management of cortical defects [J]. *J Orthop Trauma*, 2018, 32 (Suppl 1): S12-S17. DOI: 10.1097/BOT.0000000000001095.
- [18] Kumar K, Sharma D. A study of anatomy of distal femur pertaining to total knee replacement: an analysis, conclusions and recommendations [J]. *Musculoskelet Surg*, 2018, 102 (1): 29-34. DOI: 10.1007/s12306-017-0489-5.
- [19] 李华平, 赵世杰, 姚裴, 等. 锁定钢板与逆行髓内钉固定股骨远端骨折比较 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2022, 30 (18): 1654-1659. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.18.05.
- Li HP, Zhao SJ, Yao P, et al. Locking plates versus retrograde intramedullary nailing for distal femoral fractures [J]. *Orthop J Chin*, 2022, 30 (18): 1654-1659. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.18.05.
- [20] Tripathy SK, Mishra NP, Varghese P, et al. Dual-plating in distal femur fracture: a systematic review and limited meta-analysis [J]. *Indian J Orthop*, 2021, 56 (2): 183-207. DOI: 10.1007/s43465-021-00489-0.
- [21] Park KH, Oh CW, Park IH, et al. Additional fixation of medial plate over the unstable lateral locked plating of distal femur fractures: A biomechanical study [J]. *Injury*, 2019, 50 (10): 1593-1598. DOI: 10.1016/j.injury.2019.06.032.
- [22] Amin TK, Patel I, Patel MJ, et al. Evaluation of results of open reduction and internal fixation (ORIF) of fracture of distal end of femur with intra-articular extension [J]. *Malays Orthop J*, 2021, 15 (3): 78-83. DOI: 10.5704/MOJ.2111.012.
- [23] Zhang J, Wei Y, Yin W, et al. Biomechanical and clinical comparison of single lateral plate and double plating of comminuted supracondylar femoral fractures [J]. *Acta Orthop Belg*, 2018, 84 (2): 141-148. DOI: 10.1007/s00402-021-03988-9.
- [24] Zhang Y, Xing B, Hou X, et al. Comparison of three methods of Müller type C2 and C3 distal femoral fracture repair [J]. *J Int Med Res*, 2021, 49 (5): 1-7. DOI: 10.1177/03000605211015031.
- [25] Rollick NC, Gadinsky NE, Klinger CE, et al. The effects of dual plating on the vascularity of the distal femur [J]. *Bone Joint J*, 2020, 102-B (4): 530-538. DOI: 10.1302/0301-620x.102b4.bjj-2019-1776.

(收稿:2022-12-19 修回:2023-05-19)

(同行评议专家: 宋一平, 凌为其, 崔旭)

(本文编辑: 郭秀婷)