

## 桥接组合式内固定治疗股骨骨折的效果及生物力学特征

赵 烽, 熊 鹰, 张仲子, 张 武, 任云峰(昆明医科大学附属延安医院骨科, 云南省昆明市 650051)

### 文章亮点:

- 1 此问题的已知信息: 股骨干骨折是一种较常见的下肢骨折, 多选择外科方法治疗, 在内固定的选择上, 比较成熟的方式包括髓内钉、接骨板、微创内固定系统等, 每种方式都有各自的优势及缺点。
- 2 文章增加的新信息: 桥接组合式内固定系统基于微创和生物内固定的治疗理念, 在结构、操作性能方面集钢板、髓内钉和外固定支架固定装置优点于一身, 采用多方向螺钉置入实现外固定架的多维固定, 发挥强大的抗剪、抗旋及抗弯作用, 对骨折端实施牢靠的固定, 有效控制旋转和防止螺钉拔出, 保证骨折端的稳定。同时有效保护骨折端血供。随骨折愈合不同阶段实现动力化固定, 有效避免应力遮挡和应力集中, 促进断端骨质愈合。
- 3 临床应用的意义: 桥接组合式内固定系统符合骨折生物力学固定的特性, 在股骨骨折的治疗上具备操作灵活、适应证广, 临床疗效满意的特点, 是股骨干粉碎骨折治疗的一种新选择。通过熟悉器械结构及操作, 正确选择固定方式, 可减少其器械相关并发症的发生。

### 关键词:

植入物; 骨植入物; 桥接内固定; 股骨骨折; 粉碎性骨折; 生物力学; 微创固定系统; 髓内钉; 钢板; 外固定支架

### 主题词:

股骨; 骨折; 内固定; 钢板; 髓内钉; 生物力学

### 摘要

**背景:** 髓内钉、钢板和外固定支架在股骨干粉碎性骨折的治疗上各有优势和局限性。

**目的:** 探讨桥接组合式内固定系统治疗股骨干粉碎性骨折的效果以及生物力学特点。

**方法:** 应用桥接组合式内固定系统治疗 45 例股骨干粉碎性骨折患者, 在治疗后早期进行功能锻炼, 评估患者的治疗时间、出血量、骨折愈合时间及肢体功能恢复情况等。分析桥接组合式内固定系统在股骨骨折治疗过程中的生物力学特点, 并与髓内钉和接骨板进行比较。

**结果与结论:** 所有患者随访 12-24 个月, 平均随访 18 个月。桥接组合式内固定系统的手术时间 1.0-2.5 h, 平均 1.5 h; 出血量 100-400 mL, 平均出血量 200 mL; 骨折愈合时间 4.0-6.0 个月, 平均 4.5 个月。手术后无伤口感染、骨折不愈合、内固定松动、断裂等严重并发症。肢体功能评价, 优 40 例, 良 2 例, 中 3 例, 优良率为 93.3%。桥接组合式内固定系统符合骨折生物力学内固定的特性, 是集锁定钢板、交锁髓内钉和外固定支架优势为一体的桥接组合式内固定系统, 在股骨骨折的治疗上具备操作简单、适应证广、临床疗效满意的特点, 是股骨干粉碎骨折治疗的一种新选择。

赵烽, 熊鹰, 张仲子, 张武, 任云峰. 桥接组合式内固定治疗股骨骨折的效果及生物力学特征[J]. 中国组织工程研究, 2014, 18(13):2127-2132.

## Effects and biomechanical features of bridge combined fixation system for femoral fracture

Zhao Feng, Xiong Ying, Zhang Zhong-zi, Zhang Wu, Ren Yun-feng (Department of Orthopedics, Yan'an Hospital Affiliated to Kunming Medical University, Kunming 650051, Yunnan Province, China)

### Abstract

**BACKGROUND:** Intramedullary nail, plate and external fixation in treatment of comminuted fracture of shaft of femur have their advantages and limitations.

**OBJECTIVE:** To explore the effects and biomechanical features of bridge combined fixation system in treatment of comminuted fracture of shaft of femur.

**METHODS:** Bridge combined fixation system was used to treat 45 patients with comminuted fracture of shaft of femur. Functional exercise was performed in early stage of treatment. Therapeutic time, bleeding amount, fracture healing time and the recovery of limb function were evaluated. Biomechanical features of the bridge combined fixation system were analyzed during the treatment of comminuted fracture of shaft of femur, and compared with intramedullary nail and bone plate.

**RESULTS AND CONCLUSION:** All patients were followed up for 12-24 months, averagely 18 months. The therapeutic time of the bridge combined fixation system was 1.0-2.5 hours, averagely 1.5 hours. Bleeding amount was 100-400 mL, averagely 200 mL. Fracture healing time was 4.0-6.0 months, averagely 4.5 months. After treatment, no severe complications, such as wound infection, fracture disunion, internal fixator loosening or

赵烽, 男, 1963 年生, 云南省昆明市人, 汉族, 1989 年昆明医科大学毕业, 副主任医师, 主要从事创伤、关节外科方面的研究。

通讯作者: 熊鹰, 主任医师, 昆明医科大学附属延安医院骨科, 云南省昆明市 650051

doi:10.3969/j.issn.2095-4344.

2014.13.026

[http://www.crter.org]

中图分类号:R318

文献标识码:B

文章编号:2095-4344

(2014)13-02127-06

稿件接受: 2014-01-11

Zhao Feng, Associate chief physician, Department of Orthopedics, Yan'an Hospital Affiliated to Kunming Medical University, Kunming 650051, Yunnan Province, China

Corresponding author: Xiong Ying, Chief physician, Department of Orthopedics, Yan'an Hospital Affiliated to Kunming Medical University, Kunming 650051, Yunnan Province, China

Accepted: 2014-01-11

breakage, were observed. Limb function evaluation showed: excellent in 40 cases, good in 2 cases, average in 3 cases, with an excellent and good rate of 93.3%. The bridge combined fixation system was accorded with the feature of fracture biomechanical fixation, and a blend of locking plate, interlocking intramedullary nail and external fixator. For the treatment of femoral fracture, the bridge combined fixation system is operated easily, has wide indication and satisfactory clinical therapeutic effects, and is a new choice for treatment of comminuted fracture of shaft of femur.

**Subject headings:** femur; fractures; internal fixation; plate; intramedullary nail; biomechanics

Zhao F, Xiong Y, Zhang ZZ, Zhang W, Ren YF. Effects and biomechanical features of bridge combined fixation system for femoral fracture. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2014;18(13):2127-2132.

## 0 引言 Introduction

股骨是人体最长的管状骨, 上端呈圆柱形, 向下延行而呈椭圆形, 至髌上部位, 呈三角形。骨干后方有一粗线为肌肉附着处, 在切开复位时骨嵴可作为骨折复位的标志。股骨外观呈前向外的弧度, 于中1/3更为明显。其骨髓腔呈圆形, 上部和中部1/3的内径大体一致, 以中1/3交界处最窄。股骨干包括转子下2-5 cm至股骨髌上2-5 cm的骨干, 占全身骨折的4%-6%, 男性多于女性, 约2.8:1。股骨干由3组肌肉所包围, 其中伸肌群最大, 由股神经支配; 屈肌群次之, 由坐骨神经支配; 内收肌群最小由闭孔神经支配。由于大腿的肌肉发达, 骨折后多有移位及重叠。股骨干周围的外展肌群与其它肌群相比其肌力稍弱, 外展肌群位于臀部附着在大转子上, 由于内收肌的作用, 骨折远端常有向内收移位的倾向, 已对位的骨折常有向外弓的倾向, 这种移位和成角倾向在骨折治疗中应注意纠正和防止。

股骨干骨折是一种较常见的下肢骨折, 多数由强大的直接或间接暴力所致, 常会影响到膝关节的运动功能和股四头肌的肌力。股骨部位有强大的肌肉包绕, 如发生骨折, 其移位较为严重, 保守方法很难达到治疗效果, 另外, 保守治疗还需要患者肢体长期制动, 长期卧床, 复位后骨折的稳定性很难保障, 而且并发症较多, 因此, 对于股骨干骨折多选择外科手术治疗。

股骨干骨折根据骨折形状可以分为横形骨折、斜形骨折、螺旋形骨折、粉碎性骨折和青枝骨折。根据骨折的程度可以分为完全骨折和不完全骨折。根据骨折的部位可以分为上1/3骨折、中1/3骨折和下1/3骨折。根据骨折程度可以分为完全骨折和不完全骨折。按照骨折线形状和走行分为横、斜和Y形等骨折。按照骨折碎片分为撕脱性骨折、嵌入性骨折和粉碎性骨折。

目前, 生物学接骨理念已得到矫形外科医生的一致认可, 特别是针对粉碎性骨折<sup>[1]</sup>。股骨干粉碎性骨折的内固定选择上, 比较成熟的方式包括髓内钉<sup>[2-6]</sup>、桥接钢板<sup>[7-9]</sup>、微创内固定系统等。每种方式都有各自的优势及缺点<sup>[10]</sup>。基于微创和生物内固定的治疗理念, 昆明医科大学附属延安医院骨科熊鹰教授设计了在结构、操作性能方面集钢板、髓内钉和外固定支架固定装置优点于一

身的桥接组合式骨折内固定装置, 其在骨折治疗中的优势已经实验证明<sup>[11-13]</sup>。文章分析2008年3月至2012年3月, 昆明医科大学附属延安医院骨科临床应用桥接组合式内固定系统治疗股骨干粉碎性骨折患者45例, 取得了满意的效果, 报道如下。

## 1 案例分析 Case analysis

**1.1 一般资料** 选取昆明医科大学附属延安医院骨科2008年3月至2012年3月采用桥接组合式内固定系统[国食药监械(准)字2013第3461814号]治疗股骨干粉碎性骨折患者45例, 其中男29例, 女16例; 年龄15-70岁, 平均42岁。致伤原因: 车祸21例, 高处坠落伤15例, 摔伤6例, 压砸伤3例。骨折AO分型均为AO 32C型。手术过程均由同一组医师完成, 手术时间距受伤时间3-14 d, 平均5 d, 所有患者知情同意, 经伦理委员会批准。

**1.2 治疗方法** 所有患者采用开放直视下固定或有限切口微创固定, 固定材料均选择双棒桥接组合式内固定系统。开放直视手术, 手术中不需要大面积剥离骨膜, 可将桥接组合式内固定系统置于骨膜外, 骨折远近端各以至少3枚卡块及螺钉固定, 根据骨折块具体情况, 附加挂钩型卡块, 可任意滑动和旋转, 以方便治疗操作, 对大的骨折块进行固定, 提高固定的整体稳定性。小切口微创操作是将骨折部作有限小切口, 直视下骨折复位, 通过此切口插入固定棒及连接块, 选择螺钉置入位置, 作10 mm皮肤切口, 锁定螺钉导向器引导下电钻打孔后置入锁定螺钉, 依此方法固定其余螺钉。

**1.3 手术后处理** 手术后无需辅助固定, 在手术后第1天开始进行下肢肌力及关节功能锻炼, 第3天后患肢部分负重锻炼, 骨折愈合后完全负重。

**1.4 治疗结果** 患者手术时间1.0-2.5 h, 平均手术时间1.5 h, 出血量100-400 mL, 平均出血量200 mL, 骨折愈合时间4.0-6.0个月, 平均4.5个月。治疗后无伤口感染、骨不愈合、内固定松动、断裂等严重并发症。所有病例随访12-24个月, 平均18个月。肢体功能评价根据sander标准进行, 优40例, 良2例, 可3例, 总优良率为93.3%。典型病例: 男性患者, 23岁。因车祸致右股骨干粉碎性骨折, 骨折分型为AO 32C型。治疗前后X射线结果见图1。

## 2 桥接组合式内固定系统的生物力学特点

### Biochemical characteristics of bridge combined fixation system

**2.1 桥接组合式内固定系统的结构特点** 桥接组合式内固定系统主要包括连接块、连接棒、固定螺钉、锁定螺钉组成。连接块内部设有平行于固定块平面的连接钩，与连接棒滑动配合；垂直于连接块主平面设有螺钉孔，连接槽与螺钉帽局部交叉；固定螺钉或锁定螺钉与螺钉孔配合，螺钉之锥帽紧压于连接棒上。桥接组合式内固定系统结构图见图2。

**2.2 桥接组合式内固定系统与髓内钉和接骨板的治疗比较** 髓内钉系统及接骨板系统是治疗股骨干粉碎骨折的常用固定方式。在粉碎性骨折的治疗上，传统内固定伤口感染、内固定疲劳断裂、骨不连等严重并发症发生率较高<sup>[14-15]</sup>。因此，生物接骨理念越来越为广大矫形外科医师接受<sup>[1]</sup>。

**2.2.1 血供方面的比较** 骨折的愈合离不开营养成分的供给，而血液循环是营养成分的主要来源<sup>[16]</sup>，接骨板对遮盖下方皮质骨的血运有明显干扰，由于钢板与骨界面的紧密接触破坏了来源于骨外血供和骨膜动脉的板下皮质骨的血供，引起骨坏死并影响骨重建，导致板下骨质疏松<sup>[17-18]</sup>，从而对骨折愈合产生不良影响。桥接组合式内固定系统通过钉、棒、块整体锁定连接，其结构

好似内置的外固定架<sup>[19]</sup>，在内固定治疗中可以置于骨膜外<sup>[20]</sup>，不必直接压迫骨折部位，其能够有效的避免破坏内固定下方皮质骨及骨折断端的血供<sup>[21-23]</sup>，同时减少排异或电解传导对骨折端的影响，使内固定对骨生长环境的影响降到最小。熊鹰等<sup>[11]</sup>对20条家犬两侧胫骨中段横型截骨，随机选择一侧以桥接组合式内固定系统内固定，对侧以普通接骨钢板固定作为对照，分别在内固定后4, 8, 12, 16周行大体病理、X射线摄片、光镜观察。发现内固定后1, 3周对照组分别出现骨折劈裂、钢板松脱和钢板断裂各1例，实验组内固定后5周出现内固定弯曲变形1例。实验组内固定后4周未发现骨折移位，均为解剖复位，未见明显骨痂生长，但断端边缘开始模糊，轻度骨膜反应；实验组内固定8周开始出现明显骨痂生长，密度高于软组织，骨折间隙1/2以上出现骨痂，对照组骨痂出现时间稍晚，各时期评分实验组均高于对照组，12周时实验组骨痂明显增多且密度增高并将骨折端桥接，骨折线模糊；16周时大部分骨折线已模糊，甚至消失，骨折端骨痂更致密，部分样本出现骨小梁连接两断端，开始改建塑型，形成坚固的连续。实验组纤维母细胞、新生毛细血管及骨痂的生长均早于对照组，各时期评分均高于对照组，8, 16周时差异有显著性意义 ( $P < 0.05$ )。实验组和对照组在不同时期影像学评分和苏木精-伊红染色评分结果见表1。



图1 男性, 23岁右股骨干粉碎性骨折患者应用桥接组合式内固定系统治疗前后X射线图片

图注: 图中A为患者手术前X射线图片, B-F为患者手术后X射线图片。A图所示患者为股骨干粉碎性骨折; B图所示股骨干粉碎性骨折桥接固定, 股骨轴线恢复良好; C为患者手术后3个月X射线图片, 示骨折断端骨痂生长, 内固定无移位、松动; D为患者手术后4个月X射线图片, 示骨折愈合; E为患者手术后8个月示骨折愈合, 内固定位置良好, 无松动及断裂, 内固定下方骨质密度正常, 无应力遮挡现象发生; F为患者手术后12个月X射线图片, 桥接组合式内固定系统取出。



图2 桥接组合式内固定系统结构图

表 1 熊鹰等<sup>[11]</sup>研究桥接组合式内固定系统和接骨钢板对犬骨折愈合不同时期影像学评分和苏木精-伊红染色评分 ( $\bar{x}\pm s$ )

组别	影像学评分				苏木精-伊红染色			
	4周	8周	12周	16周	4周	8周	12周	16周
实验组	1.20±0.45	1.80±0.45	3.00±0.71	4.40±0.55	2.00±0.70	3.40±0.55	5.20±0.84	7.00±0.71
对照组	1.00±0.00	1.60±0.55	2.40±0.55	3.40±0.55	1.60±0.55	2.20±0.084	4.00±1.00	5.40±1.14

表 2 熊鹰等<sup>[12]</sup>研究步态和爬楼梯时桥接组合式内固定系统和金属锁定接骨板系统固定后股骨各部位应力分析及位移 ( $\bar{x}\pm s$ )

项目	桥接组合式内固定系统固定			
	步态最大应力(MPa)	步态最大位置(mm)	爬楼梯最大应力(MPa)	爬楼梯最大位置(mm)
接骨板	220.900±15.300	2.247±0.220	312.200±20.510	3.024±0.540
股骨	30.500±3.550	5.533±1.070	31.460±5.360	7.381±0.770
螺杆	271.400±20.410	2.136±0.400	392.600±24.460	2.872±0.310
连接杆	278.200±10.620	2.276±0.270	373.900±48.500	3.060±0.260
骨折区域	2.538±0.870	0.730±0.070	3.537±0.49	0.980±0.080
项目	金属锁定接骨板系统固定			
	步态最大应力(MPa)	步态最大位置(mm)	爬楼梯最大应力(MPa)	爬楼梯最大位置(mm)
接骨板	299.100±5.060	2.286±0.340	402.800±18.890	3.041±0.670
股骨	44.950±4.280	5.545±0.740	43.600±10.320	7.312±1.250
螺杆	323.600±21.330	2.114±0.220	480.300±20.150	2.777±1.040
骨折区域	2.741±0.560	0.667±0.030	3.385±0.550	0.897±0.090

由表1可见, 在内固定后16周, 实验组影像学评分和苏木精-伊红评分与对照组比较, 差异有显著性意义 ( $P < 0.05$ )。桥接组合式内固定系统能够有效减少骨折端血供破坏, 对骨折断端提供坚强动态的固定, 有利于促进骨折愈合和骨改建。

Kinast等<sup>[24]</sup>对传统解剖复位坚强固定和生物学固定治疗股骨干粉碎骨折进行了对比, 结果发现传统解剖复位坚强固定治疗后骨不连发生率高达16.6%, 生物学固定治疗后无骨不连现象的发生。Siebenrock等<sup>[25]</sup>报道传统解剖复位坚强固定和生物学固定治疗后骨不连的发生率分别为16%和7%, 原因是生物接骨技术可以最大程度的保护骨折部位血供, 有利于骨折的愈合, 同时减少了骨折部位植骨的必要性。国内外文献报道微创桥接接骨板技术及髓内钉系统治疗股骨干粉碎骨折的骨折愈合率均达90%左右, 两者伤口感染、内固定断裂等并发症发生率较低, 无明显差异<sup>[26-29]</sup>。吕维宝等<sup>[27]</sup>采用微创技术治疗28例股骨干粉碎性骨折患者, 16例行交锁髓内钉内固定, 12例行锁定钢板内固定。所有患者均得到随访, 时间6-24个月。切口均一期愈合, 骨折无不愈合和畸形愈合。骨折临床愈合时间, 交锁髓内钉组16-24周; 锁定钢板组15-22周。根据Kotmert评分, 交锁髓内钉组优10例, 良5例, 可1例; 锁定钢板组优6例, 良5例, 可1例。可见, 股骨干粉碎性骨折治疗需根据骨折情况选择内固定, 结合微创技术, 均可获得良好的治疗效果。

**2.2.2 器械结构和手术操作的比较** 与现有髓内钉系统及桥接钉板系统相比, 桥接组合式内固定系统具备诸

多优势。①治疗可采取开放性或有限切开复位固定, 均无需术中透视, 减少了骨科医师接受放射线辐射的风险, 同时避免因透视导致的治疗时间延长、术区污染等。②对于牵引复位欠佳或难以复位者, 桥接组合式内固定系统可先固定骨折一端, 然后利用连接块在棒上的滑动, 通过撑开复位骨折, 然后锁紧螺钉进行固定, 使骨折的复位与固定顺利进行。③与桥接钉板系统一样, 无需贴附骨质固定, 且连接棒可根据股骨干不同部位的解剖塑形, 有利用恢复股骨干的力线, 保证骨折的满意复位。④连接块可固定于棒的任意位置, 使骨折固定操作简便灵活。⑤单棒型连接块及挂钩型连接块的使用, 有利于粉碎骨折块的固定和位置的维持, 避免因复位不佳, 降低生物学固定的强度, 减少骨折畸形愈合及骨不连的发生。⑥可应用于股骨干所有节段的粉碎骨折, 适应证广<sup>[30]</sup>。

**2.2.3 有限元分析结果的比较** 熊鹰等<sup>[12]</sup>比较桥接组合式内固定系统与金属锁定接骨板钉系统固定股骨干骨折的生物力学特性, 对两种固定方式的有限元模型进行模拟加载, 研究发现在步态运动过程中, 金属锁定接骨板上的最大等效应力出现在接骨板中间靠近螺钉孔附近, 最大位移出现在接骨板靠近股骨头的上端; 股骨上最大等效应力出现在最近股骨头的螺钉孔附近, 种植钉上的最大等效应力出现在接骨板中间靠近股骨远端的螺钉上, 最大位移出现在最靠近股骨头的螺钉上。桥接组合式内固定系统上的最大等效应力出现在中下方接骨块靠上方的螺钉孔附近, 最大位移出现在靠近股骨头的接骨块上端; 股骨上最大等效应力

出现在最近股骨头的股骨连接块螺钉孔附近, 种植钉上的最大等效应力出现在中间接骨块靠近股骨近端的螺钉上, 最大位移值出现在最靠近股骨头的螺钉上; 中间连接杆上的最大等效应力出现在连接杆的中间区域, 最大位移出现在连接杆最近股骨近端。爬楼梯时接骨板锁定螺钉上的应力比步态时增48.6%, 达到480 MPa, 最大应力出现在中间锁定螺钉上。桥接系统中间连接棒上的最大应力比步态时大34.1%, 最大值为373.9 MPa, 出现在连接棒中间略远端附近; 骨折区域上的应力桥接组合式内固定系统小于金属锁定接骨板钉系统。桥接组合式内固定系统和金属锁定接骨板系统固定后在步态和爬楼梯时股骨各部位应力分析及位移, 见表2。

### 3 小结 Conclusion

文章选取45例股骨干粉碎骨折患者采用国产自主研发的桥接组合式内固定系统进行固定, 骨折愈合时间为4.0-6.0个月, 平均愈合时间为4.5个月, 骨折愈合率93%, 与现有文献报道的生物学固定结论一致<sup>[26-27]</sup>。

国产桥接组合式内固定系统的优势表现在采用多方向螺钉置入实现外固定架的多维固定, 发挥强大的抗剪、抗旋及抗弯作用, 对骨折端实施牢靠的固定, 有效的控制旋转和防止螺钉的拔出, 可以保证骨折端的稳定, 其生物力学以及生物学优势在于以下几点: ①桥接跨越式固定能有效保护骨折端的血供。②整体锁定、多维固定, 有效控制旋转和螺钉拔出。③随骨折愈合不同阶段实现动力化固定, 有效避免应力遮挡和应力集中, 促进断端骨质愈合。

桥接组合式内固定系统与钉板系统相比, 在治疗股骨干骨折时, 骨折区域上的应力小于金属锁定接骨板钉系统, 有利于骨折愈合, 桥接组合式内固定系统上最大应力比钉板系统小19.2%, 内固定折弯及断裂的发生率更低<sup>[12]</sup>。

随着生物接骨技术的推广, 其存在的问题也逐渐引起重视, Perren等<sup>[31]</sup>认为髓内钉系统相对生物接骨板系统能提供更好的稳定性, 但过早负重可能导致内固定断裂。Papakostidis等<sup>[32]</sup>研究表明采用桥接钢板及髓内钉系统生物学固定治疗股骨骨折畸形愈合率为0-29%, 主要与治疗中骨折复位欠佳有关, 而与内固定方式无明显关系。因此, 如何在骨折的稳定性和软组织保护上取得平衡, 既要获得良好的复位和稳定性, 促进肢体早期功能锻炼, 又要保证骨折良好的愈合和较低的并发症, 是目前股骨干粉碎骨折治疗的焦点。

动物实验、生物力学测试、临床结果均证实了桥接组合式内固定系统在复杂骨折治疗上的优势<sup>[33-34]</sup>, 但其也存在一些不足。文献表明, X射线片上连接棒滑动是桥接组合式内固定系统固定失败的独特表现, 考

虑可能与连接棒直径过小, 螺钉固定不牢靠或螺钉与单棒把持力不够有关<sup>[31-32]</sup>。文章选取的45例患者均采用双棒桥接组合式内固定系统固定, 无一例出现固定松动、移位。此外, 在有限切开复位内固定时, 应在插入连接棒后安装连接块, 或预先确定连接块位置并将连接块与连接棒锁紧再插入, 避免因插入过程中, 连接块脱落于未切开的软组织中, 导致需要扩大软组织切口, 延长手术时间。

桥接组合式内固定系统是昆明医科大学附属延安医院研发的一种新型固定系统, 符合骨折生物力学固定的特性, 在股骨骨折的治疗上具备操作灵活、适应证广, 临床疗效满意的特点, 是股骨干粉碎骨折治疗的一种新选择。通过熟悉器械结构及操作, 正确选择固定方式, 可减少其器械相关并发症的发生。

**作者贡献:** 赵烽和熊鹰进行文章构思、实施及评估, 张仲子和张武进行资料收集、成文, 熊鹰和任云峰对文章进行审校, 熊鹰对文章负责。

**利益冲突:** 文章及内容不涉及相关利益冲突。

**伦理要求:** 未涉及伦理冲突的内容。

**学术术语:** 桥接组合式内固定系统主要由连接块、连接棒、固定螺钉、锁定螺钉组成。连接块内部设有平行于固定块平面的连接勾, 与连接棒滑动配合; 垂直于连接块主平面设有螺钉孔, 连接槽与螺钉帽局部交叉; 固定螺钉或锁定螺钉与螺钉孔配合, 螺钉之锥帽紧压于连接棒上。

**作者声明:** 文章为原创作品, 无抄袭剽窃, 无泄密及署名和专利争议, 内容及数据真实, 文责自负。

### 4 参考文献 References

- [1] Papakostidis C, Grotz MR, Papadokostakis G, et al. Femoral biologic plate fixation. Clin Orthop Relat Res. 2006;450:193-202.
- [2] Pekmezci M, McDonald E, Buckley J, et al. Retrograde intramedullary nails with distal screws locked to the nail have higher fatigue strength than locking plates in the treatment of supracondylar femoral fractures: A cadaver-based laboratory investigation. Bone Joint J. 2014; 96-B(1):114-121.
- [3] Bagheri F, Sharifi SR, Mirzadeh NR, et al. Clinical outcome of ream versus unream intramedullary nailing for femoral shaft fractures. Iran Red Crescent Med J. 2013;15(5):432-543.
- [4] Lee SS, Lim SJ, Moon YW, et al. Outcomes of long retrograde intramedullary nailing for periprosthetic supracondylar femoral fractures following total knee arthroplasty. Arch Orthop Trauma Surg. 2014;134(1):47-52.
- [5] Lin SJ, Chen CL, Peng KT, et al. Effect of fragmentary displacement and morphology in the treatment of comminuted femoral shaft fractures with an intramedullary nail. Injury. 2014; 45(4):752-756.
- [6] Vaquero J, Munoz J, Prat S, et al. Proximal Femoral Nail Antirotation versus Gamma3 nail for intramedullary nailing of unstable trochanteric fractures. A randomised comparative study. Injury. 2012;43 Suppl 2:S47-54.

- [7] Pakula G, Słowiński J, Scigala K. Biomechanics of distal femoral fracture fixed with an angular stable LISS plate. *Acta Bioeng Biomech.* 2013;15(4):57-65.
- [8] Pascarella R, Bettuzzi C, Bosco G, et al. Results in treatment of distal femur fractures using polyaxial locking plate. *Strategies Trauma Limb Reconstr.* 2013 Dec 21.
- [9] Dhamangaonkar AC, Joshi D, Goregaonkar AB, et al. Proximal femoral locking plate versus dynamic hip screw for unstable intertrochanteric femoral fractures. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2013;21(3):317-322.
- [10] Gangopadhyay S, Riley ND, Sivaji CK. Expanding nail or expanding femur? An adverse event with the expandable intramedullary nail. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2010;44(2):166-168.
- [11] 熊鹰, 陆继鹏, 李群辉, 等. 桥接组合式金属内固定植入系统对犬骨折愈合的影响[J]. *中国组织工程研究与临床康复*, 2011, 15(30): 5556-5560.
- [12] 熊鹰, 李群辉, 柳百炼, 等. 桥接组合式内固定系统与锁定接骨板钉系统在股骨骨折应用中的有限元分析[J]. *中国组织工程研究*, 2012, 12(30): 5516-5519.
- [13] 熊鹰, 陆继鹏, 王大兴, 等. 桥接组合式内固定系统治疗肱骨及胫骨骨折的临床应用研究[J]. *中国矫形外科杂志*, 2010, 18(14): 1209-1211.
- [14] Wenda K, Runkel M, Degreif J, et al. Minimally invasive plate fixation in femoral shaft fractures. *Injury.* 1997; 28: A13-19.
- [15] Haidukewych GJ, Berry DJ. Nonunion of fractures of the subtrochanteric region of the femur. *Clin Orthop Relat Res.* 2004;(419):185-188.
- [16] 苏佳灿, 张春才, 许硕贵, 等. 记忆生物力学作用下骨折愈合过程血管形成的特点[J]. *中国组织工程研究与临床康复*, 2002, 6(4): 528-529.
- [17] 肖立军, 邓德礼, 徐晖, 等. 锁定加压钢板内固定对犬双侧胫骨中段骨折愈合的影响[J]. *中国组织工程研究与临床康复*, 2009, 13(22): 4363-4368.
- [18] 邱南海, 邱东海. 传统内固定与微创内固定系统置入治疗复杂性膝关节周围骨折: 92例回顾性分析[J]. *中国组织工程研究与临床康复*, 2008, 12(52): 10363-10366.
- [19] 金先跃, 李宏宇, 王玮, 等. 关节镜及C臂X射线机导航下内固定治疗膝关节周围骨折50例[J]. *中国组织工程研究与临床康复*, 2008, 12(48): 9511-9514.
- [20] 于德富, 王栋, 许东伟. 股骨粗隆间骨折手术治疗比较(附173例报告)[J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2007, 22(6): 514-515.
- [21] 余伟宏, 雷刚刚, 吴庆能, 等. 经皮锁定桥接钢板技术与带锁髓内钉技术治疗复杂性胫腓骨骨折[J]. *实用临床医学*, 2008, 9(3): 53-56.
- [22] 尹占民. 应用锁定钢板治疗股骨近端粉碎性骨折[J]. *中国矫形外科杂志*, 2009, 17(2): 143-144.
- [23] 邢叔星, 赵玉峰, 王子明, 等. 新型点接触锁定加压接骨板固定骨对骨皮质下血供的影响[J]. *创伤外科杂志*, 2009, 11(6): 533-536.
- [24] Kinast C, Bolhofner BR, Mast JW, et al. Subtrochanteric fractures of the femur. Results of treatment with the 95 degrees condylar blade-plate. *Clin Orthop Relat Res.* 1989; (238):122-130.
- [25] Siebenrock KA, Müller U, Ganz R. Indirect reduction with a condylar blade plate for osteosynthesis of subtrochanteric femoral fractures. *Injury.* 1998;29:C7-15.
- [26] Köseoğlu E, Durak K, Bilgen MS, et al. Comparison of two biological internal fixation techniques in the treatment of adult femur shaft fractures (plate-screws and locked intramedullary nail). *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg.* 2011; 17(2):159-165.
- [27] 吕维宝, 刘建新, 裘荣火. 股骨干粉碎性骨折的治疗[J]. *临床骨科杂志*, 2012, 15(5): 528-529.
- [28] 黄奎, 张记恩. 锁定解剖钢板与髓内钉治疗不稳定股骨转子间骨折的比较[J]. *骨科*, 2013, 4(4): 181-183.
- [29] 韦旭明, 孙振中, 宋晓军. 经皮加压钢板与股骨近端防旋髓内钉治疗外侧壁危险型股骨粗隆间骨折的病例对照研究[J]. *中国骨伤*, 2013, 26(12): 981-984.
- [30] 熊鹰, 陆继鹏, 王大兴, 等. 桥接组合式内固定系统治疗肱骨及胫骨骨折的临床应用研究[J]. *中国矫形外科杂志*, 2010, 18(14): 1209-1211.
- [31] Perren SM. Evolution of the internal fixation of long bone fractures. The scientific basis of biological internal fixation: choosing a new balance between stability and biology. *J Bone Joint Surg Br.* 2002;84(8):1093-1110.
- [32] Papakostidis C, Grotz MR, Papadokostakis G, et al. Femoral biologic plate fixation. *Clin Orthop Relat Res.* 2006;450: 193-202.
- [33] Haerdi C, Costa RD, Auer JA, et al. Mechanical comparison of 3 different clamp and 2 different rod types of a new veterinary internal fixation system, 4.5/5.5-mm VetFix. *Vet Surg.* 2003;32(5):431-438.
- [34] Zahn K, Frei R, Wunderle D, et al. Mechanical properties of 18 different AO bone plates and the clamp-rod internal fixation system tested on a gap model construct. *Vet Comp Orthop Traumatol.* 2008;21(3):185-194.