

doi:10.3969/j.issn.2095-4344.2013.43.010 [http://www.crter.org]  
黄奎, 刘克斌. 髌骨针和FiberWire 编织缝线张力带联合固定治疗髌骨骨折[J]. 中国组织工程研究, 2013, 17(43):7559-7564.

## 髌骨针和FiberWire编织缝线张力带联合固定治疗髌骨骨折\*

黄奎, 刘克斌(长江大学附属第一医院骨科, 湖北省荆州市 434000)

### 文章亮点:

1 近年随着骨科手术技术和材料学的发展, 有学者开始研究张力带的固定方式和材料。在生物力学研究中结果显示, 高聚编织缝线是最接近钢丝的缝线材料, 因此有研究开始探讨编织缝线是否可成为钢丝的替代选择。

2 采用髌骨针和 FiberWire 编织缝线张力带联合固定治疗 26 例髌骨骨折, 固定后患者均无材料移位、皮肤刺激等相关并发症, 均达到了满意的结果, 作者认为在髌骨骨折治疗中用 5 号 FiberWire 编织缝线可做为钢丝的替代选择。

### 关键词:

骨关节植入物; 髌骨骨折; 钢丝; 克氏针; 髌骨针; 编织缝线; 张力带; 并发症; 骨折固定

### 主题词:

髌骨; 骨折; 骨固定钢丝; 缝线

### 摘要

**背景:** 克氏针钢丝张力带是治疗髌骨骨折最常见的方式, 但易引起与金属植入物相关的并发症。基于上述原因, 有学者开始在张力带固定中应用高强度缝线替代钢丝固定来治疗髌骨骨折。

**目的:** 观察髌骨针和 FiberWire 编织缝线张力带联合固定治疗髌骨骨折的效果。

**方法:** 对髌骨针和 FiberWire 编织缝线张力带固定治疗 26 例髌骨骨折患者的资料进行回顾性分析, 其中男 16 例, 女 10 例; 年龄 36-54 岁, 平均 44.6 岁。

**结果与结论:** 随访 6-18 个月, 平均 12 个月。所有患者切口均一期愈合。骨折愈合时间为 8-16 周, 平均 12 周。无骨折移位, 无固定松动、断裂或突出于皮下刺激皮肤等并发症发生。按 Lysholm&Gillquist 膝关节评分标准评定, 优 18 例, 良 4 例, 可 4 例, 优良率 85%。结果可见应用髌骨针和 FiberWire 编织缝线张力带固定治疗髌骨骨折达到了满意的结果, 且并发症少。

## Patellar ring pins and FiberWire braided polyblend sutures tension band fixation for the treatment of patellar fracture

Huang Kui, Liu Ke-bin (Department of Orthopedics, the First Affiliated Hospital of Yangtze University, Jingzhou 434000, Hubei Province, China)

### Abstract

**BACKGROUND:** K-wire and steel wire tension band wiring is the most commonly method for the treatment of patellar fracture. However, there have been many reports of complications related to the metal implants. Based on the reasons above, some scholars begin to replace the steel wire with braided polyester sutures for the treatment of patellar fracture.

**OBJECTIVE:** To observe the effect of patellar ring pins and FiberWire braided polyblend sutures tension band fixation for treatment of patellar fracture.

**METHODS:** We performed a retrospective analysis involving 26 patients with patellar fracture (16 males, 10 females, at the age of 36-54 years with a mean age of 44.6 years) who were treated with patellar ring pins and FiberWire braided polyblend sutures tension band fixation.

**RESULTS AND CONCLUSION:** All the patients were followed-up for 6-18 months, average of 12 months. All patients were primary healing and achieved bone union in 8-16 weeks, averaged in 12 weeks from surgery. There was no fracture fragment displacement, internal fixation loosening and break. No pins protruding from the subcutaneous and irritate the skin. According to the Lysholm&Gillquist scales, 18 cases were excellent, four cases were good, and four cases were fair, with the excellent and good rate of 85%. Tension band fixation using patellar ring pins and FiberWire braided polyblend sutures resulted in good outcomes with few complications.

**Subject headings:** patella; fractures; bone wires; sutures

Huang K, Liu KB. Patellar ring pins and FiberWire braided polyblend sutures tension band fixation for treatment of patellar fracture. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu. 2013;17(43):7559-7564.

黄奎★, 男, 1981 年生, 湖北省荆州市人, 汉族, 2012 年华南科技大学毕业, 硕士, 主治医师, 主要从事骨与关节损伤研究。  
2232813795@qq.com

通讯作者: 刘克斌, 硕士, 主任医师, 长江大学附属第一医院骨科, 湖北省荆州市 434000

中图分类号:R318  
文献标识码:A  
文章编号:2095-4344  
(2013)43-07559-06

收稿日期: 2013-05-25  
修回日期: 2013-07-14  
(201305197/M·C)

Huang Kui★, Master, Attending physician, Department of Orthopedics, the First Affiliated Hospital of Yangtze University, Jingzhou 434000, Hubei Province, China  
2232813795@qq.com

Corresponding author: Liu Ke-bin, Master, Chief physician, Department of Orthopedics, the First Affiliated Hospital of Yangtze University, Jingzhou 434000, Hubei Province, China

Received: 2013-05-25  
Accepted: 2013-07-14

## 0 引言 Introduction

髌骨骨折是关节内骨折, 占全部骨折的1%<sup>[1]</sup>。髌骨骨折导致了伸膝装置和髌股关节面完整性的丧失<sup>[2]</sup>。髌骨骨折治疗的目的是骨折和关节面的解剖复位、修复伸膝装置、应用内固定达到坚强固定以允许患者早期活动及进行功能锻炼。主要的固定方法包括: 钢丝类固定, 张力带类固定、聚髌器固定、中空螺钉加张力带。应用克氏针钢丝张力带是最常见的固定方式, 并由Schauwecker等采用钢丝8字型固定对张力带的形式进行改良。钢丝有较强的硬度和韧性, 其可以降低骨折复位后内固定断裂和骨折端间隙形成的发生率。但克氏针钢丝等易引起与金属植入物相关的并发症, 例如钢丝断裂、克氏针移位、刺激皮肤、疼痛等<sup>[3-4]</sup>。另外, 在以往的病例中也报道了较高的感染发生率<sup>[5]</sup>。基于上述原因, 有学者开始在张力带固定中应用高强度缝线替代钢丝固定来治疗髌骨骨折, 以减少固定后与金属植入物相关的并发症的发生<sup>[6-7]</sup>。缝线拥有柔软的手感, 具有一定的抗拉力强度, 韧性和可塑性, 并具有优良的组织相容性, 比钢丝更易操作, 可明显缩短手术时间。另外, 缝线可减少内固定物对骨折端的应力遮挡, 有利于骨折的塑形和愈合<sup>[8]</sup>。

然而, 早期缝线材料的机械性能不如钢丝, 不能抵抗膝关节屈伸运动时前方出现分离的活动, 并往往需要外固定, 达不到早期活动的目的<sup>[9-10]</sup>。FiberWire是新一代的不吸收混合高聚编织缝线, 以多股、长链超高分子量聚乙烯(UHMWPE)为核心外包编织聚酯纤维, 缝线表面涂有己内酯和硬脂酸盐的共聚物涂层。在体外实验研究中, FiberWire与其他编织缝线相比拥有更好的生物力学性能和耐磨性<sup>[11-12]</sup>。长江大学附属第一人民医院于2009年1月至2011年6月采用髌骨针和FiberWire编织缝线张力带固定治疗髌骨骨折, 取得了良好的效果。

## 1 对象和方法 Subjects and methods

**设计:** 回顾性病例分析。

**时间及地点:** 2009年1月至2011年6月在长江大学附属第一人民医院骨科完成。

**对象:**

**诊断标准:** 有外伤史且伴有膝前疼痛、肿胀, 经X射线片证实髌骨新鲜骨折。

**纳入标准:** ①年龄>18岁。②因创伤所致单侧新鲜髌骨骨折。③X射线或CT检查提示髌骨骨折, 骨折移位明显, 关节面阶梯征>2 mm。④签署知情同意书, 随访资料完整。

**排除标准:** ①年龄<18岁。②开放性骨折或病理性骨折。③伴有同侧膝关节其他部位受伤。④伴髌骨脱位。

根据以上标准纳入单侧闭合性髌骨骨折患者26例, 其中男16例, 女10例; 年龄36-54岁, 平均44.6岁。骨折类型: 横断骨折10例, 粉碎性骨折16例。损伤机制: 摔伤10例, 车祸伤10例, 其他伤6例。

**材料:** 髌骨针和5号FiberWire编织缝线。

髌骨固定针(大博颖精医疗器械, 厦门)为不锈钢材质, 具有1.0, 1.5, 2.0 mm 3种不同直径, 允许固定不同大小骨块。末端圆孔设计可防止内固定针退出, 并避免对股四头肌移行腱的刺激, 可折断式设计方便术中操作。

5号FiberWire编织缝线(Arthrex美国)是经美国FDA批准上市的不吸收混合高聚编织缝线, 以多股、长链超高分子量聚乙烯(UHMWPE)为核心外包编织聚酯纤维, 缝线表面涂有己内酯和硬脂酸盐的共聚物涂层。具有良好的组织相容性, 其横断面面积为0.75 mm<sup>2</sup>, 直径为0.98 mm。

**方法:**

**术前处理:** 患者入院后完善术前检查, 患肢石膏托固定, 术前30 min予以抗生素预防感染。

**手术方法:** 采用硬膜外麻醉。患者均应用大腿上段充气止血带, 患膝屈曲10°-20°。取膝关节前正中切口, 自髌骨上缘始纵行向下经过髌骨中点止于髌尖下缘。经髌前深筋膜及髌腱膜之间向两侧游离皮瓣, 完整显露髌骨及髌周组织1 cm。内侧扩张部做约2 cm的纵行切开, 以探查髌骨关节面辅助骨折复位和判断复位情况。直视下用巾钳进行复位并作临时固定, 手指通过扩张部裂隙确认骨折复位关节面平整后, 自髌骨下缘自下向上分别纵行平行穿入2根直径2 mm髌骨针, 在髌骨的上缘股四头肌腱处穿出针后, 末端圆孔尽量贴近髌骨下极, 分别用2根双股5号带针FiberWire编织缝线穿过1根髌骨针末端圆孔后行髌骨骨膜下周环形荷包缝合和“8”字缝合, 在穿过另1根髌骨针末端圆孔后拉紧行双环滑结系紧使骨折端得到加压, 活动膝关节确定骨折固定可靠、打结无松动。再次确认骨折复位关节面平整后剪断缝线, 屈膝90°在距髌骨上极0.5 cm处剪断髌骨针外露部分。常规修复缝合扩张部韧带及关节囊, 创面置引流管1根, 冲洗后依次关闭刀口。

**术后处理及功能锻炼:** 常规应用抗生素两三天, 术后2 d拔除引流管。所有患者未行石膏固定。术后第2天可开始功能锻炼, 1周后强化患膝伸屈锻炼, 术后2周患者可屈膝90°, 并允许部分负重行走。

**主要观察指标:** 手术时间、伤口愈合情况, 拍摄X射线片观察骨折愈合情况, Lysholm&Gillquist 膝关节评分<sup>[13]</sup>, 膝关节活动范围, 并发症。

## 2 结果 Results

2.1 参与者数量分析 26例髌骨骨折患者均进入结果分析, 基本资料见表1。

表 1 髌骨骨折患者 26 例基本资料

Table 1 Baseline information of 26 cases of patellar fracture

病例	性别	年龄(岁)	骨折类型	损伤机制	受伤至手术时间(d)
1	男	36	横断	摔伤	3
2	男	54	粉碎性	车祸伤	2
3	男	52	横断	摔伤	3
4	女	37	横断	车祸伤	4
5	女	43	粉碎性	其他	5
6	男	40	横断	摔伤	2
7	男	43	粉碎性	摔伤	3
8	女	45	粉碎性	车祸伤	4
9	男	52	横断	其他	5
10	女	50	粉碎性	摔伤	2
11	男	40	粉碎性	车祸伤	3
12	男	51	横断	摔伤	4
13	女	53	粉碎性	车祸伤	5
14	男	51	粉碎性	车祸伤	7
16	女	38	横断	摔伤	3
16	男	40	粉碎性	摔伤	4
17	女	43	粉碎性	其他	2
18	男	46	横断	车祸伤	5
19	女	46	粉碎性	其他	4
20	男	50	粉碎性	摔伤	3
21	男	42	横断	车祸伤	6
22	男	40	粉碎性	其他	7
23	女	39	粉碎性	车祸伤	3
24	男	50	横断	摔伤	4
25	男	39	粉碎性	车祸伤	5
26	女	40	粉碎性	其他	3

2.2 手术时间和伤口、骨折愈合情况 手术时间为30-70 min, 平均45 min。所有患者切口均一期愈合, 无切口裂开、皮肤坏死及膝部皮肤麻木感。随访6-18个月, 平均12个月。骨折影像学愈合时间为8-16周, 平均12周。

2.3 膝关节活动范围和膝关节功能 固定后6个月随访患者膝关节屈曲活动范围为130°-135°, 无明显活动受限。固定后6个月患侧膝关节功能按Lysholm&Gillquist 膝关节评分标准进行评定。Lysholm&Gillquist 膝关节评分着重于评估膝关节功能和稳定性, 评分标准: 95-100分为优, 86-94分为良, 76-85分为可, <76分为差。本组26例病例, 优18例, 良4例, 可4例, 优良率85%。

2.4 并发症 所有患者无骨折移位, 无固定松动、断裂或突出于皮下刺激皮肤等并发症。固定后12个月行两侧小切口取出内固定, 髌骨针及编织缝线取出完整、无残留。

### 髌骨骨折患者26例骨折愈合时间:

病例	手术时间(min)	随访时间(月)	骨折影像学愈合时间(周)
1	40	12	10
2	50	11	12
3	38	15	9
4	43	12	8
5	43	9	12
6	33	10	11
7	53	10	10
8	45	16	14
9	40	14	12
10	45	8	15
11	40	14	16
12	42	12	12
13	45	12	10
14	50	10	13
16	42	18	12
16	70	15	14
17	54	6	10
18	43	9	12
19	48	12	12
20	45	12	14
21	39	13	8
22	55	10	12
23	42	12	10
24	40	12	11
25	45	14	13
26	48	10	14

### 髌骨骨折患者26例膝关节活动范围和膝关节功能:

病例	随访膝关节屈曲活动范围(°)	Lysholm & Gillquist 膝关节评分
1	131	96
2	130	89
3	135	95
4	134	97
5	133	86
6	132	95
7	130	96
8	135	90
9	133	97
10	132	83
11	131	95
12	130	98
13	135	97
14	132	82
16	131	98
16	135	96
17	134	92
18	130	96
19	131	98
20	135	80
21	134	95
22	135	95
23	132	84
24	134	96
25	135	96
26	133	95

2.5 典型病例分析 患者男, 46岁, 创伤致左侧髌骨骨折, 骨折移位、关节面阶梯征> 2 mm。患者入院完善术前检查, 受伤后4 d在硬膜外麻醉下行髌骨针和FiberWire编织缝线张力带固定。术后患者伤口如期愈合, 无内固定刺激皮肤、疼痛等。X射线片示: 骨折复位良好, 术后3个月骨折愈合, 内固定无松动、移位。术后12个月患者取出内固定, 髌骨针及编织缝线取出完整、无残留, 见图1-4。



图1 患者男, 46岁, 治疗前X射线片示左侧髌骨横行骨折  
Figure 1 Pre-operative X-ray film of a 46-year-old male patient showed the left patellar transverse fracture



图2 患者男, 46岁, 左侧髌骨骨折后行髌骨针和FiberWire编织缝线张力带固定, 治疗后7天X射线片示骨折复位良好  
Figure 2 X-ray film of a 46-year-old male patient with left patellar fracture and at 7 d after treated with patellar ring pins and FiberWire braided polyblend sutures tension band fixation showed the well reduction



图3 患者男, 46岁, 左侧髌骨骨折后行髌骨针和FiberWire编织缝线张力带固定, 治疗后3个月X射线片示骨折愈合, 内固定无断裂、移位  
Figure 3 X-ray film a 46-year-old male patient with left patellar fracture and at 3 mon after treated with patellar ring pins and FiberWire braided polyblend sutures tension band fixation showed fracture union without internal fixation break and displace



图4 患者男, 46岁, 左侧髌骨骨折后行髌骨针和FiberWire编织缝线张力带固定, 治疗后12个月X射线片示髌骨针及编织缝线张力带取出完整、无残留

Figure 4 X-ray film of a 46-year-old male patient with left patellar fracture and at 12 mon after treated with patellar ring pins and FiberWire braided polyblend sutures tension band fixation showed the patellar ring pins and braided polyblend sutures tension band removed completely without residual

### 3 讨论 Discussion

髌骨是骨科常见的骨折并易导致膝关节的功能障碍, 因髌骨骨折累及关节面导致1/3-2/3的患者需要手术治疗<sup>[14]</sup>。在髌骨骨折的手术治疗中, 通常有钢丝环扎内固定、张力带内固定、聚髌器内固定等几种常见方式。钢丝环扎内固定需要在髌骨内穿入钢丝, 手术技巧难以掌握, 甚至会影响复位。并且根据生物力学原理, 该方法仅对骨折面产生拉应力而无压应力。另外由于钢丝细, 局部应力集中, 会造成骨质破坏, 从而使钢丝松动, 失去对骨折的固定作用, 故此法现已少用。镍钛形状记忆合金应用于骨科已有30多年的历史, 对于粉碎性髌骨骨折有一定的固定优势。但环抱器的手术操作比较复杂, 并且环抱器位于髌骨前方易导致皮肤刺激存在潜在并发症, 最重要的是2次取出较困难, 使其应用受到一定限制<sup>[15]</sup>。

克氏针钢丝张力带是髌骨骨折最普遍内固定方式, 手术操作简单, 符合生物力学要求, 既有钢针对抗压力作用又有钢丝加压作用。然而与金属相关的并发症并不少见, 常见包括: 钢丝张力带断裂、克氏针移位刺激皮肤影响关节活动。另外, 钢丝的缺点在于拧得太紧则容易断裂, 拧得不紧则容易滑动, 而且钢丝较细, 接触面积小, 拧紧后产生线切割作用, 对骨皮质血运有一定的破坏, 一旦长入取出非常困难。

编织缝线已在骨科广泛应用, 例如: 肩袖修复的锚钉缝合、手部肌腱修复<sup>[16]</sup>。因编织缝线具有一定的抗拉力强度、韧性和可塑性, 现已有学者将编织缝线应用固定髌骨骨折和尺骨鹰嘴骨折并取得了较满意的结果。其主要优势包括: 编织缝线具有优良的组织相容性不易引起异物反应或刺激皮肤, 编织缝线在进行荷包缝合时弹

性作用其形成的向心性聚合力, 可使骨折处紧密嵌合, 利于骨折愈合<sup>[17-19]</sup>。对于粉碎性骨折, 编织缝线手感更好, 较钢丝更易操作, 可有效地将骨块串连在一起, 使其成为一个整体。在应用编织缝线固定髌骨骨折的基础研究显示编织线可以成为钢丝替代选择<sup>[20-21]</sup>。在Harrell等<sup>[22]</sup>在一项生物力学研究中对钢丝与4股编织缝线(Ethibond)进行比较, 结果显示虽然18-G不锈钢钢丝拥有更高的硬度, 但4股Ethibond编织缝线与单股18-G不锈钢钢丝破坏载荷相似, 屈服载荷更大。

自编织缝线作为骨折缝合固定材料以来, 其固定强度和生物力学性能一直受到关注。2001年Gosal等<sup>[23]</sup>应用5号Ethibond编织缝线固定髌骨骨折, 术后发现6%的患者发生固定失败。因此, 早期的编织缝线机械性能问题可能是其未在髌骨骨折中广泛应用的原因之一。与传统的聚酯编织缝线相比, 混合高聚编织缝线拥有更高的抗拉伸强度, 弹性更低<sup>[12]</sup>。

Najibi等<sup>[24]</sup>近期对骨科常用的编制织缝线的机械性能进行比较, 发现在4种市售编织缝线中(FiberWire, Ethibond Excel, TiCron, Vicryl)5号FiberWire缝线拥有最大的失败载荷、失败载荷张力和硬度。5号FiberWire缝线最大失败载荷为(620±29) N, 刚度为(62±18) N/mm, 而5号Ethibond编织缝线分别为(247±10) N和(25±2) N/mm。与单股18-G不锈钢钢丝的910 N, 320 N/mm相比, 5号FiberWire缝线是最为接近的缝合材料, 并且可以避免二次手术取出和刺激皮肤等并发症。

在一项髌骨横行骨折体外生物力学研究中, Wright等<sup>[25]</sup>通过3点弯曲实验对18-G不锈钢钢丝与5号FiberWire编织缝线进行比较。结果发现与18-G不锈钢钢丝不同, 5号FiberWire编织缝线可以一直保持初始硬度, 应用相同双股结构编织缝线失败载荷更高。作者认为对于横行髌骨骨折张力带固定, 5号FiberWire编织缝线可能要优于不锈钢钢丝。在膝关节活动时, 股四头肌最大承载力为3 200 N, 髌腱最大承载力为2 800 N, 而在不负重情况下, 膝关节承载的最大张力为315 N<sup>[26]</sup>。虽然, 应用编织缝线术后膝关节不能立即负重活动, 但可允许患者在术后早期进行非负重条件下的功能锻炼。

传统的张力带固定通过克氏针、钢丝髌前张力带提供骨折间的加压, 特别是在膝关节屈曲活动状态下。然而, 术中的钢丝加压固定易引起术后张力带周围软组织萎缩、坏死, 易导致在术后膝关节伸直状态下骨折加压失效、克氏针的移位、内固定失败。有报道显示在髌骨骨折中有25%~42%的患者因克氏针移位、内固定刺激皮肤引起疼痛、活动受限导致的不良结果<sup>[27]</sup>。有学者应用自制带尾端环形克氏针张力带治疗髌骨骨折, 以预防克氏针移位, 但术中操作困难、多次弯曲

易导致克氏针疲劳断裂, 另外如环形孔较大则易刺激皮肤引起疼痛不适<sup>[28]</sup>。这次研究中使用的髌骨针, 拥有末端圆孔设计, 编制织缝线穿过末端圆孔形成自动锁定机制有效的阻止内固定的移位。与传统克氏针相比, 可折断式设计方便术中操作, 减少手术时间。骨折愈合后所有患者均可通过小切口取出内固定, 避免了钢丝的断裂、残留可能。在张力带固定方式方面, 应用编织缝线环扎联合8字髌骨针张力带固定髌骨骨折, 可将髌骨碎骨片合拢成为一个整体以得到良好的复位, 固定强度好, 完全能满足生物力学性能要求, 并适用于各种类型的髌骨骨折, 尤其适用多块粉碎性骨折和髌骨下极骨折。

综上所述, 应用髌骨针和FiberWire编织缝线张力带固定治疗髌骨骨折达到了满意的结果, 并允许患者早期进行功能锻炼, 并发症少。其优点包括: 操作简单、固定可靠, 易于取出, 并减少与传统克氏针钢丝张力带导致的钢丝断裂、克氏针移位、刺激皮肤、疼痛等相关并发症。

本方法不足之处是与传统克氏针钢丝张力带相比, 手术费用较高, 需延迟完全负重锻炼时间, 因此应按照患者的骨折及一般情况进行内固定选择。但本组所有患者都避免了固定松动、移位和突出于皮下刺激皮肤等并发症。因此, 髌骨针和FiberWire编织缝线张力带可作为髌骨骨折中除传统克氏针钢丝张力带固定以外的另一种选择。

**作者贡献:** 试验设计及评估为黄奎, 资料收集及实施为黄奎、刘克斌共同完成。

**利益冲突:** 课题未涉及任何厂家及相关雇主或其他经济组织直接或间接的经济或利益的赞助。

**伦理要求:** 根据国务院《医疗机构管理条例》规定, 患者知情同意并签字。治疗方案经医院伦理委员会批准。所有手术均有同一组医生完成, 主刀医生刘克斌为拥有20年手术经验的创伤外科主任医师。

**学术术语:** FiberWire—新一代的不吸收混合高聚编织缝线, 以多股、长链超高分子量聚乙烯(UHMWPE)为核心外包编织聚酯纤维, 缝线表面涂有己内酯和硬脂酸盐的共聚物涂层。

**作者声明:** 文章为原创作品, 数据准确, 内容不涉及泄密, 无一稿两投, 无抄袭, 无内容剽窃, 无作者署名争议, 无与他人课题以及专利技术的争执, 内容真实, 文责自负。

#### 4 参考文献 References

- [1] Melvin JS, Mehta S. Patellar fractures in adults. J Am Acad Orthop Surg. 2011;19(4):198-207.
- [2] Steinkamp LA, Dillingham MF, Markel MD, et al. Biomechanical considerations in patellofemoral joint rehabilitation. Am J Sports Med. 1993;21(3):438-444.

- [3] Smith ST, Cramer KE, Karges DE, et al. Early complications in the operative treatment of patella fractures. *J Orthop Trauma*. 1997;11(3):183-187.
- [4] Torchia ME, Lewallen DG. Open fractures of the patella. *J Orthop Trauma*. 1996;10(6):403-409.
- [5] Hung LK, Chan KM, Chow YN, et al. Fractured patella: operative treatment using the tension band principle. *Injury*. 1985;16(5):343-347.
- [6] Qi L, Chang C, Xin T, et al. Double fixation of displaced patella fractures using bioabsorbable cannulated lag screws and braided polyester suture tension bands. *Injury*. 2011;42(10):1116-1120.
- [7] Chatakonda SC, Abhaykumar S, Elliott DS. The use of non-absorbable suture in the fixation of patellar fractures: a preliminary report. *Injury*. 1998;29(1):23-27.
- [8] Taljanovic MS, Jones MD, Ruth JT, et al. Fracture fixation. *Radiographics*. 2003;23(6):1569-1590.
- [9] Wüst DM, Meyer DC, Favre P, et al. Mechanical and handling properties of braided polyblend polyethylene sutures in comparison to braided polyester and monofilament polydioxanone sutures. *Arthroscopy*. 2006;22(11):1146-1153.
- [10] 李开南, 马运宏. 捆绑内固定在骨折固定中的研究进展[J]. *中国矫形外科杂志*, 2009, 17(2): 115-117.
- [11] Komatsu F, Mori R, Uchio Y. Optimum surgical suture material and methods to obtain high tensile strength at knots: problems of conventional knots and the reinforcement effect of adhesive agent. *J Orthop Sci*. 2006;11(1):70-74.
- [12] Wright PB, Budoff JE, Yeh ML, et al. Strength of damaged suture: an in vitro study. *Arthroscopy*. 2006;22(12):1270-1275.e3.
- [13] Levack B, Flannagan JP, Hobbs S. Results of surgical treatment of patellar fractures. *J Bone Joint Surg Br*. 1985;67(3):416-419.
- [14] Boström A. Fracture of the patella. A study of 422 patellar fractures. *Acta Orthop Scand Suppl*. 1972;143:1-80.
- [15] 康波. 镍钛聚髌器与张力带内固定治疗髌骨骨折疗效比较[J]. *临床骨科杂志*, 2009, 12(1): 65-67.
- [16] Miller B, Dodds SD, deMars A, et al. Flexor tendon repairs: the impact of fiberwire on grasping and locking core sutures. *J Hand Surg Am*. 2007;32(5):591-596.
- [17] Carofino BC, Santangelo SA, Kabadi M, et al. Olecranon fractures repaired with FiberWire or metal wire tension banding: a biomechanical comparison. *Arthroscopy*. 2007;23(9):964-970.
- [18] Yotsumoto T, Nishikawa U, Ryoke K, et al. Tension band fixation for treatment of patellar fracture: novel technique using a braided polyblend sutures and ring pins. *Injury*. 2009;40(7):713-717.
- [19] 刘远禄, 李帮春, 苟景跃, 等. 普迪思线张力带固定治疗髌骨骨折的临床研究[J]. *中华创伤杂志*, 2005, 21(4): 279-282.
- [20] Barber FA, Herbert MA, Coons DA, et al. Sutures and suture anchors--update 2006. *Arthroscopy*. 2006;22(10):1063.e1-9.
- [21] Hughes SC, Stott PM, Hearnden AJ, et al. A new and effective tension-band braided polyester suture technique for transverse patellar fracture fixation. *Injury*. 2007;38(2):212-222.
- [22] Harrell RM, Tong J, Weinhold PS, et al. Comparison of the mechanical properties of different tension band materials and suture techniques. *J Orthop Trauma*. 2003;17(2):119-122.
- [23] Gosal HS, Singh P, Field RE. Clinical experience of patellar fracture fixation using metal wire or non-absorbable polyester--a study of 37 cases. *Injury*. 2001;32(2):129-135.
- [24] Najibi S, Banglmeier R, Matta J, et al. Material properties of common suture materials in orthopaedic surgery. *Iowa Orthop J*. 2010;30:84-88.
- [25] Wright PB, Kosmopoulos V, Côté RE, et al. FiberWire is superior in strength to stainless steel wire for tension band fixation of transverse patellar fractures. *Injury*. 2009;40(11):1200-1203.
- [26] Huberti HH, Hayes WC, Stone JL, et al. Force ratios in the quadriceps tendon and ligamentum patellae. *J Orthop Res*. 1984;2(1):49-54.
- [27] Catalano JB, Iannaccone WM, Marczyk S, et al. Open fractures of the patella: long-term functional outcome. *J Trauma*. 1995;39(3):439-444.
- [28] 孙友良, 周鹏, 朱世华, 等. 针尾带孔克氏针张力带钢丝内固定治疗髌骨骨折[J]. *中国矫形外科杂志*, 2001, 8(3):293-294.