

## •综述•

## 间断垂直钢丝技术治疗髌骨下极骨折

高彦淳 程媛 喻鑫罡

**摘要** 间断垂直钢丝技术是治疗髌骨下极骨折有效的治疗方法。该技术除了较短的学习曲线和较少的临床并发症外,还可提供牢靠稳定的内固定,为患者早期活动和膝关节功能恢复提供了坚实的基础。间断垂直钢丝技术包括单纯间断垂直钢丝技术、结合环扎钢丝的间断垂直钢丝技术、改良的结合环扎钢丝的间断垂直钢丝技术、弧形钢板联合间断垂直钢丝技术。该文就间断垂直钢丝技术治疗髌骨下极骨折研究进展进行综述。

**关键词** 髌骨下极骨折;髌骨;间断垂直钢丝

**DOI:** 10.3969/j.issn.1673-7083.2022.06.004

髌骨下极骨折占有所有髌骨骨折的9.3%~22.4%,由于骨折碎片小、粉碎严重且松质骨薄弱,往往难以得到有效固定和修复<sup>[1-2]</sup>。目前髌骨下极骨折内固定方法包括间断垂直钢丝技术、张力带技术、篮网技术、髌骨部分切除术、空心螺钉内固定等<sup>[3-7]</sup>。这些方法又演化出很多内固定技术,各有优缺点。尽管治疗方法多种多样,但对于髌骨下极骨折,实现稳定的内固定是手术的目标<sup>[8]</sup>。

Yang等<sup>[9]</sup>于2003年首次提出了针对髌骨下极骨折的间断垂直钢丝技术。此后,在其基础上,学者们不断地对该技术进行了优化和改良<sup>[10-13]</sup>。由于间断垂直钢丝技术稳定可靠,目前认为它是治疗髌骨下极骨折十分有效的方法。

## 1 骨折机制及分型

髌骨下极骨质为松质骨,不参与髌股关节的构成,由髌韧带和髌下脂肪垫包绕。股四头肌收缩时产生的力量通过髌韧带传导至胫骨结节,完成伸膝动作<sup>[14-15]</sup>。髌骨下极骨折的受伤机制主要有2种:①在膝关节屈曲位跌倒时遭受地面的直接暴力所致;②股四头肌在自我保护的条件反射下猛烈收缩,髌骨下极髌韧带止点受到强大的间接暴力,导致骨折。这两种暴力有时不是独立存在的,临床上往往会见到由2种暴力联合作用所导致的髌骨下极骨折。在屈膝过程中,由于髌骨具有外旋倾向,

内侧较外侧会受到更大的张力,因此髌骨下极骨折多为粉碎性骨折<sup>[16]</sup>。

根据AO/OTA分型<sup>[17]</sup>,不累及关节面的髌骨下极骨折为34 A1型(关节外撕脱性骨折),部分累及关节面的髌骨下极骨折为34 C1.3型(骨折块为上、下2块的横行骨折)。骨折分型方式为指导临床治疗和评估预后提供帮助,被广泛应用。间断垂直钢丝技术的适应证主要以不累及关节面的34 A1型髌骨下极骨折为主。此外,也有研究报道了该技术对累及关节面的34 C型髌骨下极骨折也有可靠的治疗效果。

## 2 间断垂直钢丝技术治疗原则

间断垂直钢丝技术是用骨隧道内的钢丝纵行将髌骨下极骨块环扎,以达到内固定的效果。它在保留了髌骨长度的同时,固定下极骨块,可以达到牢固内固定,从而避免膝关节长期外固定。该技术极少出现复位丢失、软组织激惹、内固定失败等并发症<sup>[10]</sup>。

生物力学研究和有限元分析显示,间断垂直钢丝技术可以提供250~324 N的载荷,足以对抗股四头肌强健的肌力<sup>[9-10]</sup>。研究显示,间断垂直钢丝技术治疗髌骨下极骨折可提供牢靠内固定,为早期膝关节活动提供基础,术后患者膝关节功能良好且并发症较少<sup>[10]</sup>。

## 3 间断垂直钢丝技术的演变与发展

### 3.1 单纯间断垂直钢丝技术

2003年, Yang等<sup>[9]</sup>首次提出了间断垂直钢丝技术在治疗髌骨下极骨折中的应用(下页图1)。

生物力学实验显示,相较于髌骨切除术后的

基金项目:上海交通大学“交大之星”计划医工交叉研究基金(YG2021QN98)

作者单位:200233, 上海交通大学医学院附属第六人民医院骨科

通信作者:喻鑫罡 E-mail: xingangyu\_sjtu@163.com

\*高彦淳、程媛为共同第一作者

缝线固定, 间断垂直钢丝技术治疗髌骨下极骨折具有显著的生物力学优势, 间断垂直钢丝组极限载荷和刚度均远远高于缝线固定组<sup>[9]</sup>。该研究对25例髌骨下极粉碎性骨折患者应用了间断垂直钢丝技术进行治疗, 发现所有骨折均在平均7周(6~10周)内愈合, 所有患者均未发生钢丝断裂、感染等并发症, Böstman 膝关节功能评分提示所有患者均获得了很好的治疗效果。在该研究中, 使用的垂直钢丝的数量是不固定的, 垂直钢丝的多少取决于碎骨块数量, 术者在每处骨折块附近使用了缝线进行加强。Kim等<sup>[18]</sup>在此基础上进行了一项包含了18例髌骨下极粉碎性骨折患者的研究, 创建了3根垂直钢丝的标准术式, 结果显示在接受该手术的患者中有50%出现了远端骨折块轻微前移, 平均前移距离为2.32 mm (0~8.7 mm), 但这种骨块移位并不影响骨折愈合, 也不影响膝关节功能, 且骨折块粉碎程度与骨块移位不相关。Oh等<sup>[19]</sup>也应用了该技术治疗髌骨下极骨折, 认为在单纯间断垂直钢丝技术的基础上, 增加使用Krachow缝合技术, 可以在患者功能锻炼时提供更有有效的保护。

### 3.2 结合环扎钢丝的间断垂直钢丝技术

2014年, Song等<sup>[20]</sup>提出了将结合环扎钢丝的

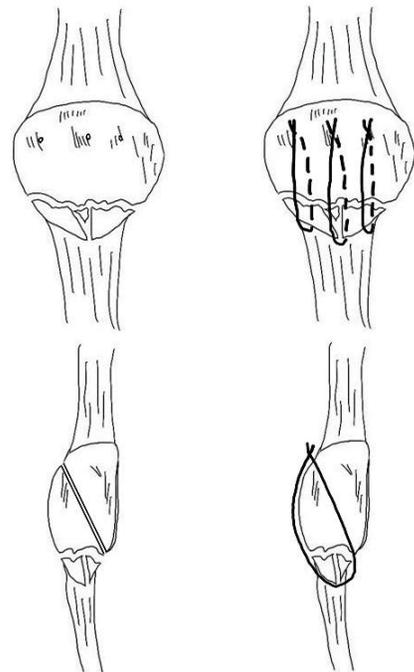


图1 单纯间断垂直钢丝技术

间断垂直钢丝技术用于治疗髌骨下极骨折。与单纯间断垂直钢丝技术不同的是, 其增加了环扎步骤。术者先将1根钢丝贴紧髌骨下极横向穿过髌韧带, 垂直将横行的钢丝与髌骨下极一同收紧, 加以环扎(图2)。

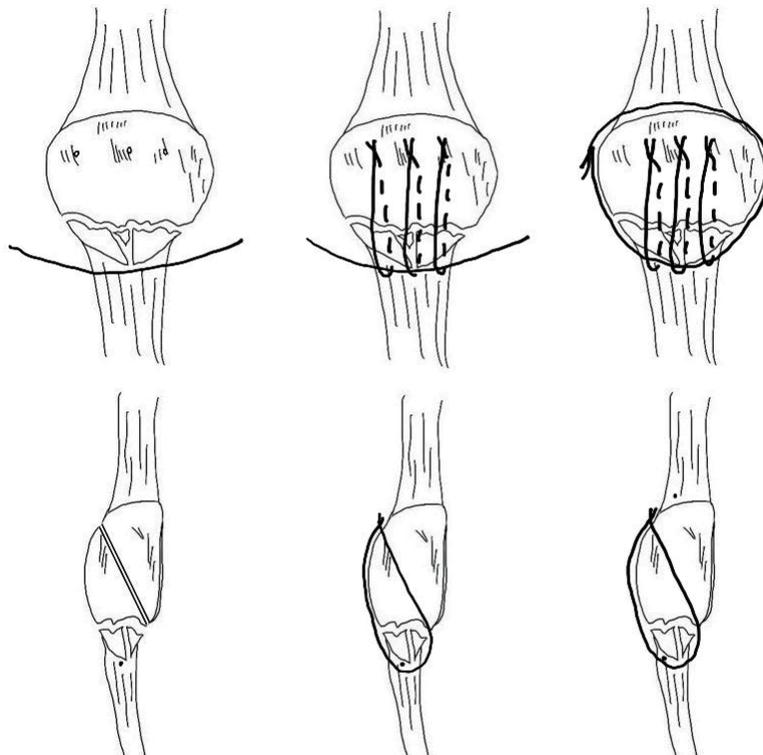


图2 结合环扎钢丝的间断垂直钢丝技术

研究显示,在间断垂直钢丝技术的基础上,增加环扎钢丝可以有效增加内固定的极限失效载荷和刚度;对于老年髌骨骨折患者,远端骨折块往往粉碎疏松,环扎的钢丝可以提供更多的保护,以抵抗股四头肌的力量;但有近20%的患者出现了环扎钢丝断裂的情况,这种钢丝断裂虽不影响骨折愈合,但需要术后对患者密切随访,以防止严重的临床并发症<sup>[20]</sup>。

间断垂直钢丝技术也被应用于AO/OTA 34 C型髌骨下极骨折治疗中,即在空心钉对髌骨体部进行有效固定后,将髌骨近端作为一整体,使用结合环扎钢丝的间断垂直钢丝技术进行髌骨下极

固定<sup>[21]</sup>。值得注意的是,在该研究中,钢丝环扎是在间断垂直钢丝固定之后进行的,这与之前研究有所不同。

### 3.3 改良的结合环扎钢丝的间断垂直钢丝技术

He等<sup>[10]</sup>对结合环扎钢丝的间断垂直钢丝技术进行了改良,将原本在髌骨表面的钢丝经由横向骨隧道穿过,再进行环扎(图3);三维有限元分析显示,此改良技术可有效减少髌骨下极骨块向前移位,而在增加内固定应力承受能力方面与原技术并没有显著差异。Yan等<sup>[11]</sup>的研究也对该改良技术进行验证,结果显示患者得到了良好的膝关节功能,且达到了完全的骨折愈合。

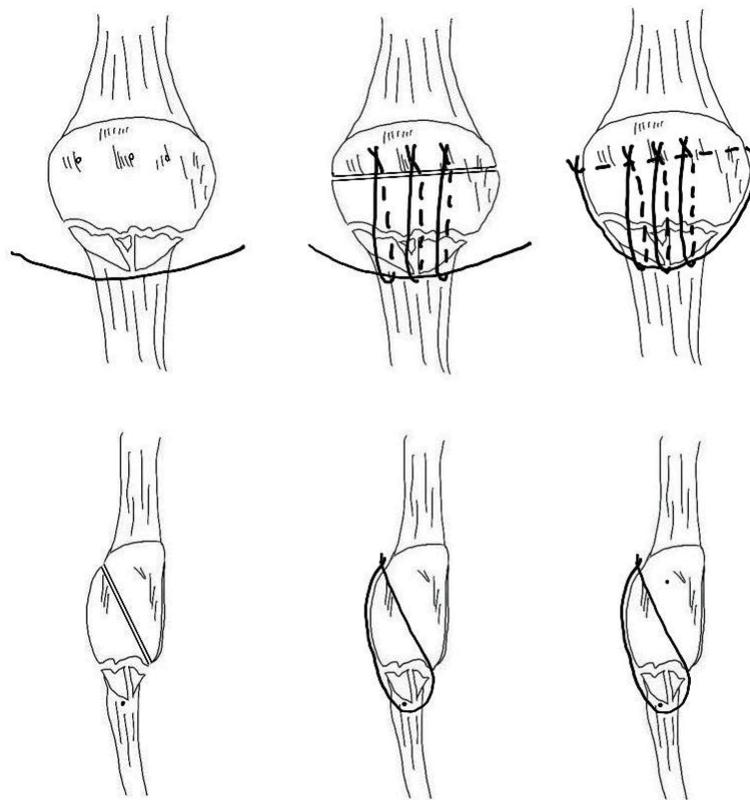


图3 改良的结合环扎钢丝的间断垂直钢丝技术

### 3.4 弧形钢板联合间断垂直钢丝技术

对于严重粉碎,尤其是矢状面粉碎的髌骨下极骨折,间断垂直钢丝可能会切割骨折块,造成复位丢失。因此,Cho等<sup>[12]</sup>提出了弧形钢板联合间断垂直钢丝技术,即垂直钢丝穿过预折弯的微型钢板,随着钢丝的收紧,弧形钢板将髌骨下极整体加压,在避免了垂直钢丝对骨块直接切割的同时,也最大化了其加压效果(下页图4)。

## 4 结语

近20年间,间断垂直钢丝技术经过学者们的不断创新与改良,已被证实为治疗髌骨下极骨折的有效治疗方法。除了较短的学习曲线和较低的临床并发症外,间断垂直钢丝技术凭借牢靠稳定的内固定,避免髌腱短缩和长时间外固定,为患者早期活动和膝关节功能恢复提供了坚实的基础。

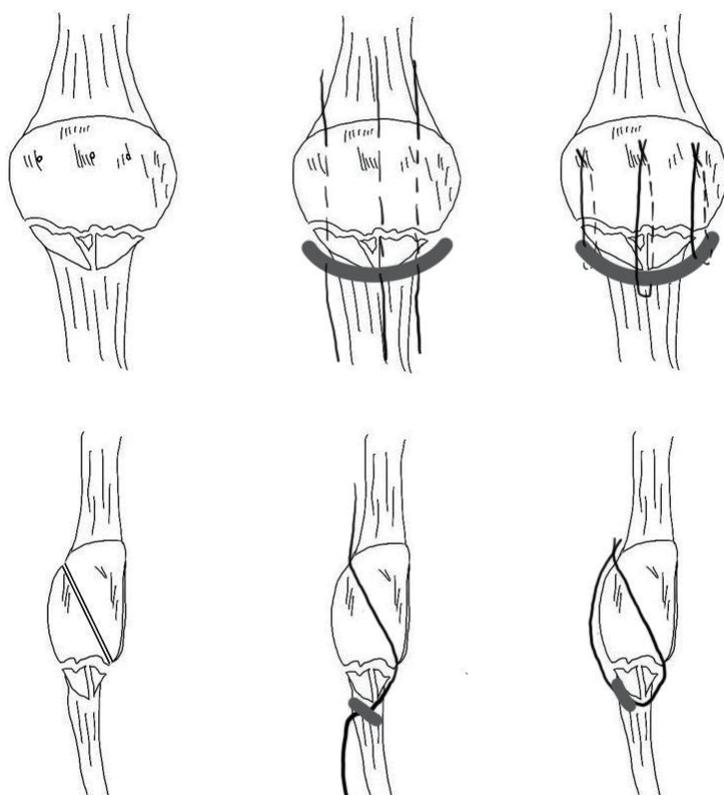


图4 弧形钢板联合间断垂直钢丝技术

参考文献

[1] Misir A, Kizkapan TB, Uzun E, et al. Fracture patterns and comminution zones in OTA/AO 34C type patellar fractures[J]. J Orthop Trauma, 2020, 34(5): e159-e164.

[2] Kim KS, Suh DW, Park SE, et al. Suture anchor fixation of comminuted inferior pole patella fracture-novel technique: suture bridge anchor fixation technique[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2021, 141(11): 1889-1897.

[3] Xie J, Fu Y, Li J, et al. Anchor and krackow- "8" suture for the fixation of distal pole fractures of the patella: comparison to kirschner wire[J]. Orthop Surg, 2022, 14(2): 374-382.

[4] Chen R, Cao H, Sun Z, et al. The clinical outcome of the reduction of the patellar inferior pole fracture with wire cerclage through a generated bone hole, in combination with patellar concentrator: a retrospective comparative study[J]. J Orthop Surg Res, 2022, 17(1): 117.

[5] Lu M, Zhan S, Zhang C, et al. "Fishing net" suture augmenting tension-band wiring fixation in the treatment of inferior pole fracture of the patella[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2021, 141(11): 1953-1961.

[6] O'Donnell R, Lemme NJ, Marcaccio S, et al. Suture anchor versus transosseous tunnel repair for inferior pole patellar fractures treated with partial patellectomy and tendon advancement: a biomechanical study[J]. Orthop J Sports Med, 2021, 9(8): 23259671211022245.

[7] Chang CH, Chuang HC, Su WR, et al. Fracture of the inferior pole of the patella: tension band wiring versus transosseous reattachment[J]. J Orthop Surg Res, 2021, 16(1): 365.

[8] Li M, Qi H, Ma T, et al. Outcomes for a custom-made anchor-like plate combined with cerclage in the treatment of inferior pole patellar fracture[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2022, 23(1): 452.

[9] Yang KH, Byun YS. Separate vertical wiring for the fixation of comminuted fractures of the inferior pole of the patella[J]. J Bone Joint Surg Br, 2003, 85(8): 1155-1160.

[10] He S, Huang X, Yan B, et al. Modified technique of separate vertical wiring for the fixation of patellar inferior pole fracture[J]. J Orthop Trauma, 2018, 32(4): e145-e150.

[11] Yan SG, Li D, Cui Y, et al. Management of comminuted inferior patellar pole fractures with cerclage-wire-augmented separate vertical wiring: a retrospective clinical study[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2021, [Epub ahead of print].

[12] Cho JW, Kim J, Cho WT, et al. Comminuted inferior pole fracture of patella can be successfully treated with rim-plate-augmented separate vertical wiring[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2018, 138(2): 195-202.

[13] Lin HM, Sun B, Zhang HJ, et al. Treatment of comminuted fracture of inferior pole of patella with locking suspension and vertical fixation with three steel wires[J]. Zhongguo Gu Shang, 2022, 35(1): 80-84.

[14] He QF, Pan GB, Yu ZF, et al. Novel rim plating technique for treatment of the inferior pole fracture of the patella[J]. Orthop Surg, 2021, 13(2): 651-658.

[15] Kfuri M, Escalante I, Schopper C, et al. Comminuted patellar

- fractures: the role of biplanar fixed angle plate constructs[J]. J Orthop Translat, 2020, 27: 17-24.
- [16] Fan M, Wang D, Sun K, et al. Study of double button plate fixation in treatment of inferior pole of patella fracture[J]. Injury, 2020, 51(3): 774-778.
- [17] Byun SE, Shon OJ, Sim JA, et al. Application of three-dimensional computed tomography improved the interrater reliability of the aofota classification decision in a patellar fracture[J]. J Clin Med, 2021, 10(15): 3256.
- [18] Kim YM, Yang JY, Kim KC, et al. Separate vertical wirings for the extra-articular fractures of the distal pole of the patella[J]. Knee Surg Relat Res, 2011, 23(4): 220-226.
- [19] Oh HK, Choo SK, Kim JW, et al. Internal fixation of displaced inferior pole of the patella fractures using vertical wiring augmented with Krachow suturing[J]. Injury, 2015, 46(12): 2512-2515.
- [20] Song HK, Yoo JH, Byun YS, et al. Separate vertical wiring for the fixation of comminuted fractures of the inferior pole of the patella[J]. Yonsei Med J, 2014, 55(3): 785-791.
- [21] Suh KT, Suh JD, Cho HJ. Open reduction and internal fixation of comminuted patellar fractures with headless compression screws and wiring technique[J]. J Orthop Sci, 2018, 23(1): 97-104.

( 收稿日期 : 2022-06-24 )

( 本文编辑 : 卢千语 )

