

## · 综述 ·

## 儿童不稳定性股骨干骨折治疗现状



全文二维码

文玉伟 王强

国家儿童医学中心 首都医科大学附属北京儿童医院骨科, 北京 100045

通信作者: 王强, Email: wangqiangmd@aliyun.com

**【摘要】** 儿童股骨干骨折是一种常见损伤,随着近年来体育活动、户外运动的增多以及城市交通的发展,其发生率也在增高。儿童股骨干骨折可以分为稳定性骨折和不稳定性骨折。稳定性骨折包括横行、短斜形和短螺旋形骨折,不稳定性骨折包括长斜形、长螺旋和粉碎性骨折。对于儿童稳定性股骨干骨折,弹性髓内钉内固定是治疗的金标准。对于骨骼接近成熟或体重较重、肥胖的患儿,可采用锁定髓内钉、接骨板或外固定架治疗。对于不稳定性儿童股骨干骨折,目前尚无统一治疗方案,可采用方法包括弹性髓内钉、锁定髓内钉、肌下接骨板和外固定架等。本文针对儿童不稳定性股骨干骨折的治疗现状、内固定方式及优缺点进行综述。

**【关键词】** 股骨骨折; 外科手术; 骨折固定术; 儿童

**基金项目:** 十三五国家重点研发计划(2020YFC1107604)

DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202209043-019

## Recent therapeutic advances for unstable femoral shaft fracture in children

Wen Yuwei, Wang Qiang

Department of Orthopedics, Affiliated Beijing Children's Hospital, Capital Medical University, Beijing 100045, China

Corresponding author: Wang Qiang, Email: wangqiangmd@aliyun.com

**【Abstract】** Femoral shaft fracture is a common injury in children. With the rapid paces of sport activities and urbanization in recent years, its incidence is also rising. According to stability status, it may be divided into stable and unstable fractures. Stable fractures include transverse, short oblique and short spiral while unstable fractures are composed largely of long oblique, long spiral and comminuted fractures. A gold standard for treating stable femoral shaft fractures in children is elastic intramedullary nail fixation. Locking intramedullary nail, submuscular plate or external fixator is applied for skeletally mature or obese children. However, internal fixation method of unstable femoral shaft fractures in children has remained controversial. The available fixations include elastic intramedullary nail, locking intramedullary nail, submuscular plate and external fixator. This review summarized various therapeutic choices of unstable femoral fractures and elaborated upon their merits and demerits.

**【Key words】** Femoral Fractures; Surgical Procedures, Operative; Fracture Fixation; Child

**Fund program:** National Key R&D Project of China (2020YFC1107604)

DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202209043-019

股骨干骨折是儿童和青少年常见长管状骨损伤,约占所有骨折的1.5%<sup>[1]</sup>。股骨干骨折的发病年龄在儿童呈双峰分布,好发年龄为2岁和17岁,男童发病率是女童的两倍<sup>[2-3]</sup>。骨折的发生机制因年龄而异,因机动车碰撞致股骨干骨折约占35%,多发生于大龄儿童,尤其是青少年;跌倒致股骨干骨折约占33%,常发生于6岁以下儿童<sup>[4]</sup>。儿童股骨干骨折可以根据国际内固定研究学会(Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen, AO)分型、骨折形态和稳定性进行分型。关于不稳定性股骨干骨折的定义目前尚未统一,美国矫形外科学会定义不稳定性股骨干骨折为粉碎性骨折或骨折断端

重叠大于2 cm的螺旋形骨折<sup>[5]</sup>。Flynn等<sup>[6]</sup>认为粉碎性骨折或骨折线长度大于骨干直径的骨折属于不稳定性骨折。而Sink等<sup>[7]</sup>认为粉碎性骨折或骨折线长度大于骨干直径2倍为不稳定性骨折。对于儿童股骨干骨折的治疗需要结合患儿年龄、体重、骨折类型、有无合并伤以及手术条件综合考虑,其中年龄和骨折类型是影响治疗方式选择的主要因素。本文就儿童不稳定性股骨干骨折的治疗方式进行综述。

## 一、保守治疗

儿童骨折愈合时间短,并且具有较强的塑形潜能。年龄越小,骨折愈合和塑形的潜能越大。因此,对于婴幼儿股骨

干骨折,不论骨折是否稳定均可采取保守治疗。对于 0~6 月龄婴儿的股骨干骨折,Pavlik 支具或髌人字石膏是有效的治疗方法;Pavlik 支具是该年龄段患儿的首选治疗方式,尤其适用于新生儿产伤所致股骨干骨折。髌人字石膏固定常用于 6 月龄至 2 岁的患儿,固定前可先予患肢牵引。伤后即刻牵引可以稳定骨折、减轻疼痛,便于转运。Thomas 牵引容易导致皮肤压力性损伤,不宜长期使用;平衡牵引和皮肤牵引是可供选择的治療方式。牵引力量通常为体重的十分之一。有学者认为,该年龄段患儿应常规于骨折后行皮牵引 1 周<sup>[8]</sup>。牵引后髌人字石膏固定可以降低并发症和畸形愈合的发生率<sup>[9]</sup>。股骨干骨折保守治疗后短缩畸形较常见,但骨折后也可导致患肢过度生长,因此双下肢不等长较少见<sup>[10]</sup>。

## 二、手术治疗

### (一)髓内钉固定

对于 2~5 岁儿童不稳定性股骨干骨折的治疗方式目前仍然存在争议,既往对于该年龄段患儿多采用牵引和髌人字石膏固定治疗。但牵引和髌人字石膏固定后护理困难、易于导致皮肤并发症,且增加家庭负担。现有部分学者对该年龄段患儿采用弹性髓内钉固定治疗,并取得较好疗效。Hefferman 等<sup>[11]</sup>的一项多中心回顾性研究共纳入 215 例 2~6 岁股骨干骨折病例,其中弹性髓内钉固定治疗 74 例、髌人字石膏固定治疗 141 例,结果显示手术治疗可以早期恢复行走和完全的日常生活,认为对于该年龄段股骨干骨折,弹性髓内钉是更合理的治疗选择。Gordon 等<sup>[12]</sup>对 75 例 2~6 岁患儿的治疗结果进行分析,认为弹性髓内钉和髌人字石膏都是该年龄段股骨干骨折的有效治疗方式,对于活动要求较高的患儿采用弹性髓内钉固定是有利的。Assaghir 等<sup>[13]</sup>回顾性分析了 104 例学龄前期儿童股骨干骨折,平均年龄 4.5 岁(2~6 岁),髌人字石膏固定和弹性髓内钉固定各 52 例,结果显示,弹性髓内钉具有愈合时间短、成角和旋转畸形发生率低、可以早期负重和早期返回托儿所等优点。但弹性髓内钉的进钉处需要手术切口,可导致皮肤瘢痕,且有感染风险,需二次手术取出内固定。也有学者采用外固定架治疗该年龄段的股骨干骨折,周治国等<sup>[14]</sup>对比分析了单臂多功能外固定器和石膏固定治疗学龄前儿童股骨干骨折的结果,认为单臂多功能外固定器是治疗学龄前儿童股骨干骨折可以减少医院感染和并发症。

5 岁以上儿童股骨干骨折多需复位内固定治疗,弹性髓内钉是治疗学龄前儿童股骨干骨折的金标准。尽管弹性髓内钉已成为儿童股骨干骨折的一线治疗方式,但究竟什么类型骨折最合适仍然存在争论。有研究显示,在不稳定性股骨干骨折中使用弹性髓内钉固定会增加髓内钉退钉、双下肢不等长、骨折畸形愈合的发生率<sup>[15]</sup>。Ouillette 等<sup>[16]</sup>对 85 例 87 处股骨干骨折采用弹性髓内钉治疗,其中稳定性骨折占 57.5%,不稳定性骨折占 42.5%,不稳定性骨折患儿下肢不等长的发生率高于稳定性骨折组,但均无需再次手术治疗,因此,他认为弹性髓内钉是治疗学龄期儿童稳定性和不稳定性股骨干骨折安全有效的方法。Atassi 等<sup>[17]</sup>对 101 例

股骨干骨折(其中不稳定性骨折 51 例)采用弹性髓内钉治疗效果良好,认为弹性髓内钉是不稳定性股骨干骨折的良好治疗方式,并发症少。另外,也有其他国内外学者采用弹性髓内钉固定治疗不稳定性股骨干骨折取得了较好疗效<sup>[18-19]</sup>。

对于弹性髓内钉固定后是否需要辅助其他固定方式,目前也存在争议。有学者认为弹性髓内钉固定后辅助单腿髌人字石膏固定,术后并发症较少,且术后辅助髌人字石膏固定的并发症发生率低于长腿石膏和膝关节制动<sup>[16]</sup>。Flynn 等<sup>[20]</sup>建议对于股骨干骨折弹性髓内钉固定术后患儿采用髌人字石膏固定,以限制术后骨折处的旋转力量。但 Sink 等<sup>[7]</sup>认为,髌人字石膏固定并不能完全避免术后并发症的发生。Narayanan 等<sup>[21]</sup>认为,只要术后旋转力量不超过弹性髓内钉的弹性限度,当旋转力量去除后骨折能恢复到其稳定的位置,则术后无需额外的辅助固定。髌人字石膏固定不方便护理,有增加皮肤并发症的风险,且不利于日常生活,因此,股骨干骨折弹性髓内钉固定术后是否需要辅助石膏固定还需要进一步的前瞻性随机对照研究来证实。

关于弹性髓内钉治疗儿童不稳定性股骨干骨折会否增加并发症的问题,Narayanan 等<sup>[21]</sup>报道弹性髓内钉内固定治疗 79 例不稳定性股骨干骨折中,8 例出现骨折端畸形愈合(内翻或外翻成角),2 例出现再次骨折。也有学者认为,采用弹性髓内钉固定治疗不稳定性股骨干骨折时,即使术中未发生操作失误,术后仍有可能出现断端不稳,骨折部位在术后即刻或术后 3~5 d 出现退钉现象,导致术后股骨长度丢失<sup>[22]</sup>。Flynn 等<sup>[20]</sup>采用弹性髓内钉内固定治疗 58 例不稳定性儿童股骨干骨折,其中 6 例因复位丢失或弹性髓内钉钉尾退出而导致下肢短缩。王侃等<sup>[23]</sup>认为不能单独应用弹性髓内钉治疗儿童不稳定性股骨干骨折,其采用弹性髓内钉治疗不稳定性股骨干骨折 8 例中,有 6 例因复位丢失或弹性钉钉尾退出而需要再次手术治疗。

针对单独使用弹性髓内钉内固定治疗儿童不稳定性股骨干骨折术后骨折不稳定、退钉及长度丢失等问题,Linhart 等<sup>[24]</sup>采用尾端锁定的方式维持下肢长度和力线,同时不影响术后早期活动。Cramer 等<sup>[25]</sup>采用类似的尾端锁定技术治疗儿童不稳定性股骨干骨折取得较好疗效,无一例出现骨折畸形愈合、活动丧失和双下肢不等长。Ellis 等<sup>[26]</sup>比较了尾端锁定和非锁定髓内钉固定治疗儿童不稳定性股骨干骨折,认为对于不稳定性股骨干骨折采用尾端锁定是较好的治疗方法,在防止短缩的同时可以达到不增加额外并发症,不增加手术时间和出血量。国际内固定研究学会设计了一种空心螺纹帽,将弹性钉尾插入尾帽内,尾帽与骨皮质相对固定,从而防止弹性钉自进钉点滑出,保持股骨长度,增强其在骨折端的稳定性<sup>[27]</sup>。Windolf 等<sup>[28]</sup>研究显示,髓内钉尾端加帽可以提高骨折端的轴向稳定性,钉尾退钉的风险明显减少。国内外多名学者采用弹性髓内钉尾端加帽内固定治疗儿童不稳定性股骨干骨折均取得较好的疗效<sup>[29-31]</sup>。

体重和年龄是内固定选择的重要参考因素。Hunter<sup>[32]</sup>认为体重 50~60 kg 是一个节点,对于体重超过该节点的患

儿建议采用锁定髓内钉治疗,以减少并发症。Moroz 等<sup>[33]</sup>研究显示,采用弹性髓内钉治疗儿童股骨骨折,年龄与预后显著相关,年龄 > 11 岁患儿发生不良预后的风险是年龄 11 岁以下患儿的 3.86 倍,体重 > 49 kg 的患儿发生预后不良的风险是体重低于 49 kg 的 5 倍,因此,建议对于年龄 > 11 岁及体重 > 49 kg 的患儿采用其他治疗方式,可选择的固定方式包括锁定髓内钉和钢板。锁定髓内钉是超重或骨骼接近成熟患儿较为常用的治疗方式。近年来也有学者把锁定髓内钉的适应证扩展到儿童不稳定性股骨干骨折。Miller 等<sup>[34]</sup>采用锁定髓内钉治疗年龄小于 12 岁的不稳定性、超重或肥胖的股骨骨折患儿 17 例,平均愈合时间 13.1 周,无一例发生术后并发症。Garner 等<sup>[35]</sup>对比了弹性髓内钉和锁定髓内钉治疗肥胖儿童不稳定性股骨干骨折的结果,其中弹性髓内钉组出现 1 例骨折畸形愈合和 1 例双下肢不等长(差异大于 2 cm),锁定钉组无一例发生相关并发症,认为骨折畸形愈合和双下肢不等长仍然是弹性髓内钉治疗值得关注的点。使用锁定髓内钉治疗的主要并发症是股骨头坏死,在骨骼未发育成熟的患儿采用梨状肌入路进钉,股骨头坏死的发生率为 1%~5%,因此部分学者设计了外侧入路,以避免损伤股骨头血供,进而减少股骨头坏死的发生率<sup>[2]</sup>。Macneil 等<sup>[36]</sup>、Crosby 等<sup>[37]</sup>分别采用外侧入路锁定髓内钉治疗儿童股骨骨折 246 例和 78 例,均无一例发生股骨头坏死。

## (二) 钢板固定

随着微创钢板技术的发展,肌下接骨板也被广泛应用于儿童股骨骨折。部分学者采用肌下接骨钢板替代弹性髓内钉治疗儿童不稳定性股骨干骨折或股骨远近端 1/3 骨折,均取得较好疗效。Sutphen 等<sup>[38]</sup>回顾性分析了 344 例股骨骨折患儿,按照治疗方式分为弹性髓内钉组、锁定髓内钉组和肌下接骨板组,结果显示采用肌下接骨板治疗的患儿恢复完全负重时间和骨折愈合时间更短,螺旋状骨折建议更多采用钢板固定。Sink 等<sup>[39]</sup>研究显示,使用肌下接骨板可以降低不稳定性骨折的并发症发生率,他将病人分为两组,弹性髓内钉组和肌下接骨板组,结果显示弹性髓内钉组的并发症发生率约为 52%,而采用肌下接骨板治疗的患儿并发症发生率约为 23%。Samora 等<sup>[40]</sup>采用肌下接骨板治疗儿童不稳定性股骨干骨折 33 例,下肢完全负重时间平均为 8.1 周,术后 12 周骨折均愈合,无一例发生术中并发症,无大于 10°的成角畸形发生。Sutphen 等<sup>[41]</sup>采用肌下接骨板治疗 35 例儿童不稳定性股骨干骨折,认为肌下接骨板固定术后骨折愈合良好,患儿可早期完全负重,且并发症发生率低。也有学者<sup>[2]</sup>认为肌下接骨板适用于高能量损伤所致骨折和多块粉碎性骨折,因为这些类型骨折采用弹性髓内钉固定后骨折断端不稳定,术后并发症发生率高。

部分学者对肌下接骨板也有不同看法,Li 等<sup>[42]</sup>对儿童不稳定性股骨干骨折分别采用弹性髓内钉和肌下接骨板治疗,结果显示 Flynn 评分优良率分别为 98.7% 和 97.8%,认为两种方式都可以获得良好的结果,髓内钉组手术时间、术中出血量和住院时间要低于钢板组,但髓内钉组术后需要石膏或夹

板协助以获得更稳定的固定。Luo 等<sup>[43]</sup>对于低度粉碎性股骨干骨折儿童采用钢板和弹性髓内钉固定治疗,结果显示弹性髓内钉组患儿手术时间、术中出血量和住院花费明显少于钢板组,建议对儿童低度粉碎性股骨干骨折采用弹性髓内钉治疗。Allen 等<sup>[44]</sup>对 5~11 岁儿童股骨骨折的研究显示,对于儿童中段股骨骨折不论长度是否稳定,均应采用弹性髓内钉固定治疗,患儿术中出血量、手术时间和花费都低于钢板。

## (三) 外固定架固定

历史上,外固定架系统被广泛应用于儿童股骨干骨折的治疗。但近几十年来,随着弹性髓内钉被成功应用于儿童股骨干骨折的治疗,外固定架的应用逐步减少,现外固定架多应用于开放性骨折和多块粉碎性骨折,也可作为骨折的临时固定。Lu 等<sup>[45]</sup>采用弹性髓内钉联合临时外固定架固定治疗儿童不稳定性股骨骨折 28 例,术后 4~8 周拆除外固定架,6 至 12 个月拆除髓内钉,骨折均愈合,无延迟愈合、畸形愈合和再骨折发生;发生针道感染 2 例,于拆除外固定后痊愈。也有学者认为外固定架在儿童不稳定性股骨干骨折治疗中有自身优势。Kolecka 等<sup>[46]</sup>建议对于闭合性、横行骨折采用弹性髓内钉治疗,开放性、多块性和不稳定性骨折采用外固定架治疗。von Laer<sup>[47]</sup>也建议对于儿童不稳定性下肢骨折采用外固定架治疗。但很多学者认为,外固定架治疗儿童股骨干骨折并发症较多。陈星光等<sup>[48]</sup>对弹性髓内钉和外固定架治疗儿童股骨干骨折进行 Meta 分析,结果显示,外固定架固定术后再骨折、感染、成角或旋转畸形的发生率高于弹性髓内钉固定,且弹性髓内钉固定患儿住院时间、骨性愈合时间和临床愈合时间明显低于外固定架固定。Ramseier 等<sup>[49]</sup>对弹性髓内钉、普通髓内钉、外固定架和接骨板四种固定方式治疗儿童股骨干骨折进行研究发现,外固定架在治疗青少年股骨骨折时并发症发生率最高。然而,Hong 等<sup>[50]</sup>对比钢板和外固定架固定治疗儿童不稳定性股骨干骨折,结果显示外固定架组患儿手术时间、术中透视次数均明显少于钢板组,两组主要并发症发生率也无差别。

总之,股骨干骨折是儿童常见下肢损伤,对于骨骼未成熟的稳定性股骨干骨折,多采用弹性髓内钉内固定;对于骨骼接近成熟或体重较重的患儿可采用坚强髓内固定、肌下接骨板和外固定架;对于不稳定性股骨干骨折目前尚无统一治疗方式。传统弹性髓内钉具有手术时间短、并发症少等优点,但是在治疗不稳定性股骨干骨折时,可能出现术后退钉现象致骨折断端稳定性不足,增加术后成角畸形、双下肢不等长的发生率。为了减少术后相关并发症,弹性髓内钉末端加帽或锁定髓内钉可能是一种较好的固定方式。另外,随着微创技术的发展,肌下接骨板也逐步被应用于儿童不稳定性股骨干骨折,钢板可以提供更好的稳定性,减少术后并发症,但具体疗效仍然存在争议。目前外固定架的应用逐渐减少,在特殊情况下仍具有使用价值,例如多块粉碎骨折、高能量损伤和多发伤。因此,对于儿童不稳定性股骨干骨折要根据患儿年龄、体重、骨折类型以及有无合并伤等综合判断,选择最优的固定方式。

**利益冲突** 所有作者声明不存在利益冲突



## 参 考 文 献

- [1] Frei B, Mayr J, de Bernardis G, et al. Elastic stabile intramedullary nailing (ESIN) of diaphyseal femur fractures in children and adolescents: a strobe-compliant study [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2019, 98 (14): e15085. DOI: 10.1097/MD.00000000000015085.
- [2] Duffy S, Gelfer Y, Trompeter A, et al. The clinical features, management options and complications of paediatric femoral fractures [J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2021, 31 (5): 883-892. DOI: 10.1007/s00590-021-02933-1.
- [3] Talbot C, Davis N, Majid I, et al. Fractures of the femoral shaft in children: national epidemiology and treatment trends in England following activation of major trauma networks [J]. *Bone Joint J*, 2018, 100-B(1): 109-118. DOI: 10.1302/0301-620X.100B1.BJJ-2016-1315.R3.
- [4] Loder RT, O'Donnell PW, Feinberg JR. Epidemiology and mechanisms of femur fractures in children [J]. *J Pediatr Orthop*, 2006, 26 (5): 561-566. DOI: 10.1097/01.bpo.0000230335.19029.ab.
- [5] Kocher MS, Sink EL, Blasler RD, et al. Treatment of pediatric diaphyseal femur fractures [J]. *J Am Acad Orthop Surg*, 2009, 17 (11): 718-725. DOI: 10.5435/00124635-200911000-00006.
- [6] Flynn JM, Luedtke L, Ganley TJ, et al. Titanium elastic nails for pediatric femur fractures: lessons from the learning curve [J]. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*, 2002, 31 (2): 71-74.
- [7] Sink EL, Gralla J, Repine M. Complications of pediatric femur fractures treated with titanium elastic nails: a comparison of fracture types [J]. *J Pediatr Orthop*, 2005, 25 (5): 577-580. DOI: 10.1097/01.bpo.0000164872.44195.4f.
- [8] Brousil J, Hunter JB. Femoral fractures in children [J]. *Curr Opin Pediatr*, 2013, 25 (1): 52-57. DOI: 10.1097/MOP.0b013e32835c20e0.
- [9] Khoriaty AA, Jones C, Gelfer Y, et al. The management of paediatric diaphyseal femoral fractures: a modern approach [J]. *Strategies Trauma Limb Reconstr*, 2016, 11 (2): 87-97. DOI: 10.1007/s11751-016-0258-2.
- [10] Cassinelli EH, Young B, Vogt M, et al. Spica cast application in the emergency room for select pediatric femur fractures [J]. *J Orthop Trauma*, 2005, 19 (10): 709-716. DOI: 10.1097/01.bot.0000184146.82824.35.
- [11] Heffernan MJ, Gordon JE, Sabatini CS, et al. Treatment of femur fractures in young children: a multicenter comparison of flexible intramedullary nails to spica casting in young children aged 2 to 6 years [J]. *J Pediatr Orthop*, 2015, 35 (2): 126-129. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000268.
- [12] Gordon JE, Anderson JT, Schoenacker PL, et al. Treatment of femoral fractures in children aged two to six [J]. *Bone Joint J*, 2020, 102-B(8): 1056-1061. DOI: 10.1302/0301-620X.102B8.BJJ-2019-1060.R3.
- [13] Assaghir Y. The safety of titanium elastic nailing in preschool femur fractures: a retrospective comparative study with spica cast [J]. *J Pediatr Orthop B*, 2013, 22 (4): 289-295. DOI: 10.1097/BPB.0b013e328360266e.
- [14] 周治国, 陈小亮, 李俊, 等. 单侧多功能外固定器治疗 76 例学龄前儿童股骨干骨折疗效分析 [J]. *临床小儿外科杂志*, 2017, 16 (4): 376-380. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2017.04.015.
- [15] Zhou ZG, Chen XL, Li J, et al. Treatment of femoral shaft fractures with unilateral multifunctional external fixator in preschool children: a report of 76 cases [J]. *J Clin Ped Sur*, 2017, 16 (4): 376-380. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2017.04.015.
- [16] Li Y, Heyworth BE, Glotzbecker M, et al. Comparison of titanium elastic nail and plate fixation of pediatric subtrochanteric femur fractures [J]. *J Pediatr Orthop*, 2013, 33 (3): 232-238. DOI: 10.1097/BPO.0b013e318288b496.
- [17] Ouillette RJ, Bastrom TP, Newton PO, et al. Elastic intramedullary nails in the treatment of pediatric length unstable femur fractures [J]. *J Pediatr Orthop*, 2022, 42 (4): 201-208. DOI: 10.1097/BPO.0000000000002055.
- [18] Atassi O, Fontenot PB, Busel G, et al. "Unstable" pediatric femoral shaft fractures treated with flexible elastic nails have few complications [J]. *J Orthop Trauma*, 2021, 35 (2): e56-e60. DOI: 10.1097/BOT.0000000000001886.
- [19] 罗义, 王林, 陈梦婕, 等. 弹性髓内钉在儿童长度不稳定型股骨骨折中的应用 [J]. *国际骨科学杂志*, 2019, 40 (4): 243-246. DOI: 10.3969/j.issn.1673-7083.2019.04.012.
- [20] Luo Y, Wang L, Chen MJ, et al. Application of elastic intramedullary nailing for length-unstable femoral shaft fractures in children [J]. *Int J Orthop*, 2019, 40 (4): 243-246. DOI: 10.3969/j.issn.1673-7083.2019.04.012.
- [21] Siddiqui AA, Abousamra O, Compton E, et al. Titanium elastic nails are a safe and effective treatment for length unstable pediatric femur fractures [J]. *J Pediatr Orthop*, 2020, 40 (7): e560-e565. DOI: 10.1097/BPO.0000000000001474.
- [22] Flynn JM, Hresko T, Reynolds RA, et al. Titanium elastic nails for pediatric femur fractures: a multicenter study of early results with analysis of complications [J]. *J Pediatr Orthop*, 2001, 21 (1): 4-8. DOI: 10.1097/00004694-200101000-00003.
- [23] Narayanan UG, Hyman JE, Wainwright AM, et al. Complications of elastic stable intramedullary nail fixation of pediatric femoral fractures, and how to avoid them [J]. *J Pediatr Orthop*, 2004, 24 (4): 363-369. DOI: 10.1097/00004694-200407000-00004.
- [24] Metaizeau JP. Stable elastic intramedullary nailing for fractures of the femur in children [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2004, 86 (7): 954-957. DOI: 10.1302/0301-620x.86b7.15620.
- [25] 王侃, 杨建平, 张中礼, 等. 弹性钉加尾帽治疗儿童长度不稳定型股骨干骨折 [J]. *中华骨科杂志*, 2016, 36 (24): 1606-1612. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-2352.2016.24.012.
- [26] Wang K, Yang JP, Zhang ZL, et al. Treating length-unstable femoral shaft fracture with titanium elastic intramedullary nail plus end caps in children [J]. *Chin J Orthop*, 2016, 36 (24): 1606-1612. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-2352.2016.24.012.
- [27] Linhart WE, Roposch A. Elastic stable intramedullary nailing for unstable femoral fractures in children: preliminary results of a new method [J]. *J Trauma*, 1999, 47 (2): 372-378. DOI: 10.1097/00005373-199908000-00028.
- [28] Cramer KE, Tornetta P 3rd, Spero CR, et al. Ender rod fixation of femoral shaft fractures in children [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2000, 376: 119-123. DOI: 10.1097/00003086-200007000-00017.
- [29] Ellis HB, Ho CA, Podeszwa DA, et al. A comparison of locked versus nonlocked Enders rods for length unstable pediatric femoral shaft fractures [J]. *J Pediatr Orthop*, 2011, 31 (8): 825-833. DOI: 10.1097/BPO.0b013e31822ed34d.
- [30] Rapp M, Gros N, Zachert G, et al. Improving stability of elastic stable intramedullary nailing in a transverse midshaft femur fracture model: biomechanical analysis of using end caps or a third

- nail[J]. J Orthop Surg Res, 2015, 10:96. DOI:10. 1186/s13018-015-0239-z.
- [28] Windolf M, Fischer MF, Popp AW, et al. End caps prevent nail migration in elastic stable intramedullary nailing in paediatric femoral fractures: a biomechanical study using synthetic and cadaveric bones[J]. Bone Joint J, 2015, 97-B(4): 558-563. DOI: 10. 1302/0301-620X. 97B4. 34169.
- [29] 姜铁斌, 谭家昌, 王辉, 等. 弹性髓内钉联合尾帽技术内固定治疗儿童不稳定股骨干骨折[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2018, 33(12): 1285-1286. DOI: 10. 7531/j. issn. 1672-9935. 2018. 12. 019.
- Jiang TB, Tan JC, Wang H, et al. Treating length-unstable femoral shaft fracture with titanium elastic intramedullary nail plus end caps in children[J]. Chin J Bone Joint Inj, 2018, 33(12): 1285-1286. DOI: 10. 7531/j. issn. 1672-9935. 2018. 12. 019.
- [30] Nectoux E, Giacomelli MC, Karger C, et al. Use of end caps in elastic stable intramedullary nailing of femoral and tibial unstable fractures in children: preliminary results in 11 fractures[J]. J Child Orthop, 2008, 2(4): 309-314. DOI: 10. 1007/s11832-008-0112-2.
- [31] Slongo T, Audigé L, Hunter JB, et al. Clinical evaluation of end caps in elastic stable intramedullary nailing of femoral and tibial shaft fractures in children[J]. Eur J Trauma Emerg Surg, 2011, 37(3): 305-312. DOI: 10. 1007/s00068-011-0091-8.
- [32] Hunter JB. Femoral shaft fractures in children[J]. Injury, 2005, 36(Suppl 1): A86-A93. DOI: 10. 1016/j. injury. 2004. 12. 018.
- [33] Moroz LA, Launay F, Kocher MS, et al. Titanium elastic nailing of fractures of the femur in children. Predictors of complications and poor outcome[J]. J Bone Joint Surg Br, 2006, 88(10): 1361-1366. DOI: 10. 1302/0301-620X. 88B10. 17517.
- [34] Miller DJ, Kelly DM, Spence DD, et al. Locked intramedullary nailing in the treatment of femoral shaft fractures in children younger than 12 years of age: indications and preliminary report of outcomes[J]. J Pediatr Orthop, 2012, 32(8): 777-780. DOI: 10. 1097/BPO. 0b013e31826bb0ba.
- [35] Garner MR, Bhat SB, Khujanazarov I, et al. Fixation of length-stable femoral shaft fractures in heavier children: flexible nails vs rigid locked nails[J]. J Pediatr Orthop, 2011, 31(1): 11-16. DOI: 10. 1097/BPO. 0b013e31820321ab.
- [36] MacNeil JAM, Francis A, El-Hawary R. A systematic review of rigid, locked, intramedullary nail insertion sites and avascular necrosis of the femoral head in the skeletally immature[J]. J Pediatr Orthop, 2011, 31(4): 377-380. DOI: 10. 1097/BPO. 0b013e3182172613.
- [37] Crosby SN Jr, Kim EJ, Koehler DM, et al. Twenty-year experience with rigid intramedullary nailing of femoral shaft fractures in skeletally immature patients[J]. J Bone Joint Surg Am, 2014, 96(13): 1080-1089. DOI: 10. 2106/JBJS. M. 01128.
- [38] Sutphen SA, Mendoza JD, Mundy AC, et al. Pediatric diaphyseal femur fractures: submuscular plating compared with intramedullary nailing[J]. Orthopedics, 2016, 39(6): 353-358. DOI: 10. 3928/01477447-20160719-03.
- [39] Sink EL, Faro F, Polousky J, et al. Decreased complications of pediatric femur fractures with a change in management[J]. J Pediatr Orthop, 2010, 30(7): 633-637. DOI: 10. 1097/BPO. 0b013e3181efb89d.
- [40] Samora WP, Guerriero M, Willis L, et al. Submuscular bridge plating for length-unstable, pediatric femur fractures[J]. J Pediatr Orthop, 2013, 33(8): 797-802. DOI: 10. 1097/BPO. 00000000000000092.
- [41] Sutphen SA, Beebe AC, Klingele KE. Bridge plating length-unstable pediatric femoral shaft fractures[J]. J Pediatr Orthop, 2016, 36(Suppl 1): S29-S34. DOI: 10. 1097/BPO. 00000000000000761.
- [42] Li J, Rai S, Ze RH, et al. The optimal choice for length unstable femoral shaft fracture in school-aged children: a comparative study of elastic stable intramedullary nail and submuscular plate[J]. Medicine (Baltimore), 2020, 99(25): e20796. DOI: 10. 1097/MD. 00000000000020796.
- [43] Luo Y, Wang L, Zhao LH, et al. Elastic stable titanium flexible intramedullary nails versus plates in treating low grade comminuted femur shaft fractures in children[J]. Orthop Surg, 2019, 11(4): 664-670. DOI: 10. 1111/os. 12514.
- [44] Allen JD, Murr K, Albitar F, et al. Titanium elastic nailing has superior value to plate fixation of midshaft femur fractures in children 5 to 11 years[J]. J Pediatr Orthop, 2018, 38(3): e111-e117. DOI: 10. 1097/BPO. 0000000000001129.
- [45] Lu YN, Canavese F, Lin R, et al. Elastic stable intramedullary nailing and temporary external fixation for the treatment of unstable femoral shaft fractures in children aged 5-11 years old: a retrospective study of 28 cases[J]. Front Pediatr, 2022, 10: 914834. DOI: 10. 3389/fped. 2022. 914834.
- [46] Kolečka E, Niedzielski KR, Lipczyk Z, et al. Treatment of the femoral, tibial and humeral shaft fractures in children with the use of intramedullary nailing or external fixation, a long term study[J]. Chir Narzadow Ruchu Ortop Pol, 2009, 74(3): 139-144.
- [47] von Laer L. A new therapy concept for unstable shaft fractures of upper and lower extremities in the growing period-indication and technique[J]. Z Unfallchir Versicherungsmed, 1991, 84(4): 225-227.
- [48] 陈星光, 邹承达, 薛鸣丰, 等. 弹性髓内钉与外固定支架治疗儿童股骨干骨折的 Meta 分析[J]. 中华小儿外科杂志, 2020, 41(10): 938-947. DOI: 10. 3760/cma. j. cn421158-20190609-00396.
- Chen XG, Zou CD, Xue MF, et al. Efficacy of elastic stable intramedullary nails versus external fixation for femoral shaft fracture in children: a Meta-analysis[J]. Chin J Pediatr Surg, 2020, 41(10): 938-947. DOI: 10. 3760/cma. j. cn421158-20190609-00396.
- [49] Ramseier LE, Janicki JA, Weir S, et al. Femoral fractures in adolescents: a comparison of four methods of fixation[J]. J Bone Joint Surg Am, 2010, 92(5): 1122-1129. DOI: 10. 2106/JBJS. H. 01735.
- [50] Hong P, Rai S, Tang X, et al. Operative choice for length-unstable femoral shaft fracture in school-aged children: locking plate vs. monolateral external fixator[J]. Front Pediatr, 2022, 9: 799487. DOI: 10. 3389/fped. 2021. 799487.

(收稿日期: 2022-09-26)

**本文引用格式:** 文玉伟, 王强. 儿童不稳定性股骨干骨折治疗现状[J]. 临床小儿外科杂志, 2024, 23(8): 796-800. DOI: 10. 3760/cma. j. cn101785-202209043-019.

**Citing this article as:** Wen YW, Wang Q. Recent therapeutic advances for unstable femoral shaft fracture in children[J]. J Clin Ped Sur, 2024, 23(8): 796-800. DOI: 10. 3760/cma. j. cn101785-202209043-019.