DOI: 10.14188/j.1671-8852.2025.0436 **文章编号** 1671-8852(2025)10-1333-05

高强缝线张力带在儿童内外踝骨折中的应用

黄安迪[1] 宋 丹[2] 沈志达[2] 邓玲珑[2]
武汉大学中南医院 [1]儿科，[2]创伤与显微骨科 湖北 武汉 430071

摘要 目的：评价高强缝线张力带技术修复儿童踝关节骨折的临床疗效。方法：回顾性分析2018年4月—2023年5月收治的16例儿童踝关节骨折患者的临床资料。男9例，女7例，其中包含胫骨骨折7例，腓骨骨折4例，合并胫腓骨骨折5例。根据踝关节骨折国际骨科协会（AO）分型，分为A型6例，B型5例，C型5例。所有患儿均在闭合复位失败后采用切开复位高强缝线张力带固定。术后踝关节行X线检查评估骨折愈合情况、患肢畸形及骨骺早闭等，并采用美国足踝外科医师协会（AOFAS）踝与后足功能评分进行踝关节功能评定。结果：所有患儿均获随访，随访时间14～24个月，平均18.5个月。仅有2例患者分别在术后3周及6周出现钉道炎，给予活力碘消毒1周后，症状消失。16例患儿于术后平均3.69个月达到骨折影像学愈合标准，X线检查未发现明显的骨骺早闭及患肢畸形等并发症。高强线未引起软组织异物反应及患者不适。末次随访根据AOFAS评分系统，总体优良率为100%，其中优13例，良3例。结论：采用高强度缝线张力带技术治疗儿童踝关节骨折的临床疗效满意，对骨骺损伤小，值得临床推广应用。

关键词 儿童；踝关节骨折；高强缝线；张力带
中图分类号 R683.42；R726.8
文献标识码 A **开放科学（资源服务）标识码（OSID）：**

Application of high strength suture tension band in children with medial and lateral malleolar fractures

HUANG Andi[1], SONG Dan[2], SHEN Zhida[2], DENG Linglong[2]
[1]Dept. of Pediatrics, [2]Dept. of Orthopedics Trauma and Microsurgery, Zhongnan Hospital of Wuhan University, Wuhan 430071, Hubei, China

Abstract

Objective: To evaluate the clinical effectiveness of high strength suture tension band technique for pediatric ankle fracture fixation. **Methods:** The clinical data of 16 pediatric ankle fracture patients treated at Zhongnan Hospital of Wuhan University between April 2018 and May 2023 were retrospectively analyzed. There were 9 males and 7 females, 7 tibia fractures, 4 fibula fractures and 5 bimalleolar fracture. According to the Arbit-Orthepaedic (AO) classification of ankle fracture, fractures were categorized as type A (n=6), type B (n=5), and type C (n=5). All patients underwent open reduction fixation with high-strength suture tension band after closed reduction failure. Fracture healing time and postoperative complications were recorded, and American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) ankle and hindfoot function scores was used to assess ankle joint function. **Results:** All pediatric patients were followed up for 14 to 24 months (mean 18.5 months). Only 2 patients devel-

课题来源：湖北省自然科学基金资助项目（编号：2023AFB131）
作者简介：黄安迪，女，1995—，主管护师，主要从事小儿及儿童护理方面的研究，E-mail: 604013233@qq.com
通信作者：邓玲珑，男，1988—，医学博士，副主任医师，主要从事骨科创伤及显微外科的研究，E-mail: linglongd1222@whu.edu.cn

oped pin site infection 3 weeks and 6 weeks after surgery, respectively, but recoverd after 1 week of iodine disinfection. The mean time of fracture healing in 16 cases was 3.69 months. X-ray examination showed no obvious complications such as premature physeal closure or limb deformities. High strength line did not cause soft tissue foreign body reaction or patient discomfort. According to the AOFAS scoring system, the overall excellent to good rate was 100% at the final follow-up, including 13 excellent cases and 3 good cases. **Conclusion:** The high strength suture tension band technique for the treatment in pediatric ankle fracture achieves favorable clinical outcomes with minimal epiphyseal injury risk, supporting its clinical utility.

Key Words Children; Ankle Fracture; High-Strength Sutures; Tension Band

儿童踝关节骨折是一类累及胫腓骨远干骺端的常见骨折,约占儿童骨骺损伤的20%[1-2]。若治疗不当,易并发患肢骨骺早闭,骨骼生长停滞,肢体短缩、成角畸形,以及创伤性关节炎[3]。儿童踝关节骨折的治疗目标是恢复踝关节的稳定性及骺的解剖结构,以确保骺板能正常生长发育[4]。目前,对于明显移位且手法复位失败的儿童踝关节骨折多被报道采用单纯克氏针固定、克氏针钢丝张力带固定、螺钉固定及钢板固定等,选取何种治疗方式对踝关节功能恢复最有利及对骨骺影响最小,尚未取得共识[4-6]。直径为1.5 mm克氏针因光滑、固定骨折时穿过骺板的面积小,对骺板损伤较小,且克氏针张力带技术固定骨折稳定性强而备受临床医生青睐。但在使用钢丝张力带打结过程中力量过大可能对骺板过度挤压,并对周围组织产生切割,并使患儿面临二次手术取出钢丝的烦恼。因此,为了解决上述问题,针对踝关节骨折的患儿,我们采用高强缝线张力带替代钢丝张力带固定骨折,并取得了较满意的临床疗效,现报道如下。

1 材料与方法

1.1 临床资料 回顾性分析2018年4月至2023年5月武汉大学中南医院创伤与显微骨科收治的16例儿童踝关节骨折患者的临床资料,其中男9例,女7例,7~14(10.81±2.14)岁;左侧踝关节骨折9例,右侧骨折7例,胫骨骨折7例,腓骨骨折4例,同时合并胫腓骨骨折5例。所有患儿均为闭合性骨折,根据踝关节骨折国际骨科协会(Arbit-Orthepaedic, AO)分型,A型6例,B型5例,C型5例。按照Lauge-Hansen分型,旋前-外展型4例,旋前-外旋型3例,旋后-内收型4例,旋后-外旋型5例。合并踝关节以外部位的骨折2例,其中合并桡骨骨折1例,胫骨中段骨折1例。所有的患儿术前均进行踝关节的X线及CT检查,骨折移位均超过2 mm,无局部软组织感染,且既往无踝关节手术史。所有患儿均优先尝试闭合复位,在闭合复位失败后选择切开复位内固定。术前对患肢抬高促进静脉回流,并给予患肢冰敷消肿治疗。手术在骨折诊断明确后的4~72 h内进行。本研究已获得武汉大学中南医院伦理委员会批准。

1.2 手术方法 根据患儿的年龄及配合程度选择全麻或腰硬麻醉。患者取仰卧位,患侧肢体常规消毒、铺巾。所有手术均由两名创伤领域的资深骨科医生完成。根据术前影像学资料,若患儿合并胫骨中端骨折,则先行胫骨骨折弹性髓内钉固定,再选择踝关节内侧或外侧切口暴露骨折端,清理断端瘀血和嵌入的软组织,骨折复位成功后临时克氏针固定骨折。针对单纯的踝关节骨折,为避免二次手术,可将2枚克氏针尾部折弯后外露在皮肤外。若踝关节骨折合并胫骨骨折,则可将克氏针留于皮内,后期可与胫骨内固定装置同时取出。对于外踝骨折,用2枚直径1.5 mm的克氏针,从外踝尖端进针穿过腓骨髓腔,跨域骨折近端约3~4 cm。横行骨折的进针角度与骨折线呈约60°,斜形骨折则尽量垂直骨折线进针。在骨折近端上方约3.0 cm处,于腓骨中轴上钻孔越过对侧皮质。用取出针芯的腰穿针贴骨膜引导高强线(2号Ethibond)穿过腓骨,并"8"字交叉绕于克氏针尾打结加压固定骨折。内踝骨折,分别于内踝的前丘及后丘垂直骨折面钻入2枚直径1.5 mm的克氏针,出针点位于骨折面上约3~4 cm,并在骨折线中点上方2.0~3.0 cm处钻孔越过对侧骨皮质,在腰穿针的引导下穿出高强线,并"8"字交叉绕于克氏针尾打结加压固定骨折。随后在术中C臂透视确认内固定装置位置良好后,反复冲洗创面,逐层关闭切口,并对留置于皮外的克氏针尾部给予消毒纱布缠绕保护。对合并胫骨骨折行弹性髓内钉固定的患者,下肢给予过膝关节

及过踝关节的石膏固定至少4周。对于内外踝均骨折且依从性较差的患儿，可行踝关节石膏固定。

1.3　术前及术后处理　在术前30 min及术后24 h内均预防性使用抗生素1次。指导患儿在术后1周内尽量卧床休息，可主动伸屈踝关节进行康复锻炼。

1.4　随访及评估　患儿出院后须定期随访至少1年。建议所有患儿于术后第4周、8周、12周、6个月及以后每6个月返回创伤中心，拍摄患肢正侧位X线片，必要性行踝关节CT检查，评估骨折愈合情况及踝关节功能，决定克氏针拔出时间，并进一步评估骨骺的生长是否正常，有无骺早闭及患肢畸形。末次随访时采用美国足踝外科医师协会（American Orthopaedic Foot and Ankle Society，AOFAS）踝与后足功能评分对踝关节的功能进行评定[7]。

2　结果

在16例踝关节骨折的患者中，15例克氏针留置于皮外，待骨折愈合后在门诊行克氏针拔出，仅1例合并胫骨中段骨折行弹性髓内钉固定的患儿踝关节克氏针置于皮内，后期在麻醉状态下行胫骨弹性髓内钉及踝关节克氏针拔出。所有的患儿均在术后2周伤口愈合及拆线，未发现明显的皮肤感觉异常、伤口感染及皮肤坏死等并发症。其中2例患者分别在术后3周及6周出现钉孔红肿，考虑钉道炎，给予活力碘消毒后1周后，症状消失。

所有患者术后均获随访，随访时间14～24个月，平均18.5个月。16例患儿均获得骨折愈合，平均为3.7个月，踝关节正侧位X线检查显示踝穴结构正常，无畸形愈合。在术后超过12个月的随访中，所有患儿胫腓骨远端均未发现明显的骨骺早闭、患肢短缩及成角畸形等。高强线未引起软组织异物反应及患者不适。末次随访，患儿均能自由活动踝关节，AOFAS评分为（91.88±3.32）分，其中优13例，良3例，总体优良率为100%。典型病例照片见图1。



图1　典型病例（左侧踝关节骨折合并胫骨中段粉碎性骨折）照片

1例14岁男性左侧踝关节骨折合并胫骨中段粉碎性骨折行胫骨弹性髓内钉及踝关节高强线张力带固定手术前后照片。A～B. 患儿术前的CT照片；C. 高强线张力带固定踝关节的术中示意图；D～E. 患儿术后踝关节X线正侧位片；F～G. 术后13个月取出固定装置后的X线片；H～J. 患儿术后随访，示踝关节功能恢复良好

3　讨论

小儿踝关节比较复杂，因胫骨和腓骨远端骨骺尚未闭合，且生长板生物力学强度较弱，极易在外力作用下发生骺损伤，导致骨骺早闭、生长停滞及患肢短缩、角度畸形等。有研究[1]报道，胫骨远端骨折在所有骨骺损伤中并发症发生率最高，64.7%的儿童踝关节骨折涉及骨骺骨折，66.7%的胫骨远端骨骺损伤的患儿将面临患肢生长停滞。而精确复位、稳定固定是治疗的基本原则，也是踝关节获得良好功能、预防患肢畸形的前提。尤其是胫腓骨远端Salter Harris Ⅲ、Ⅳ型骨骺损伤，患儿并发肢体畸形概率较高，被公认为高危骨折，应该进行解剖复位，降低畸形发生率[8-9]。

儿童踝关节生长潜力占整个下肢生长潜力的30%，因此选择内固定方法时应避免医源性骺板损

伤[2]。目前,临床上常采用单纯克氏针固定、克氏针张力带、螺钉及金属接骨板等治疗踝关节骨折,但缺乏统一标准。克氏针对骨骺损伤较小,但单纯克氏针无法加压骨折,容易出现旋转脱针,术后需要石膏辅助固定。接骨板系统多需要剥离骨折周围的骨膜及软组织,理论上可破坏骨折部位血供,且对于骨折块较小及合并骺板损伤的骨折难以提供坚强内固定。而且,对于软组织薄弱的踝关节,使用接骨板系统则增加皮肤张力,易并发伤口皮肤坏死及感染。螺钉可为骨折提供坚强的固定,无需剥离骨膜,保护骨折端血供,但其螺纹对韧带及骨骺存在切割风险,损伤骺板可导致骨桥形成,引起患肢畸形[9]。

张力带技术作为AO经典内固定方法之一,将对骨折愈合不利的张力转变为对骨折有利的压应力,使骨折端紧密连接,为骨折愈合提供坚强固定,可早期进行功能锻炼,避免了踝关节僵直。其次,根据Wolf定律,张力带技术产生的动力加压及关节活动时的纵向应力加压,使骨折部位不断接受应力刺激,利于骨痂生长,发挥简单材料的最大固定优势。此外,张力带对骨膜的接触加压面相对较小,降低骨折部位及周边软组织血运的损害程度,有利于骨折处血循环的重建,特别适用于软组织薄弱部位的骨折。因此,张力带技术更适合于内外踝这种软组织薄弱部位骨折的固定。而且,内/外踝骨折块常较小,踝尖部有韧带附着,使用螺钉及其他内固定装置很难将其牢固,而采用张力带技术则固定效果更佳。本研究对内外踝骨折选择克氏针张力带固定,所有的患儿均获得骨折愈合,且未出现皮肤张力过大引起的软组织坏死及伤口感染。另外,张力带技术产生的纵向加压作用使关节软骨受到了压应力的作用,有利于软骨骨折部位产生透明软骨愈合[10]。这种模式塑造一个更符合软骨修复的生理力学环境,对骨骺未闭的患儿更有利。

骨骺及骺板损伤并发的骺早闭及患肢畸形是儿童踝关节骨折主要的并发症。研究[11]发现,内固定装置与骺板的横断面积比小于3%被视为安全值,而比值大于7%则导致骨桥形成,引起患肢生长障碍。为了避免医源性骺板损伤,本研究使用的1.5 mm克氏针降低对骺板的骚扰,所有的患儿术后随访均未发现骺早闭、骨桥形成及患肢畸形。虽然螺钉与骺板的面积比可能在上述安全范围内,但螺纹存在对骺板的切割损伤,非光滑内植物被部分医生禁止用于跨骺板区骨折的固定[12]。因此,本研究选择直径为1.5 cm的光滑克氏针,理论上将骨骺医源性损伤的概率降低到最小。

在多数的文献报道中,克氏针与钢丝是张力带技术的经典搭配。骺板的强度远小于周围韧带,钢丝张力带在加压打结的过程中易出现加压过度导致医源性骺板损伤。而本研究选择高强线作为张力带替代钢丝,避免钢丝在加压打结过程中对骺板的过度压迫。对于关节周围的骨折,良好的固定被定义为能抵抗至少为300~450 N的拉力,而生物力学试验表明,相对于螺钉系统,高强缝线似乎更能抵抗这种载荷,为骨折提供坚强固定[13-14]。另外,除了优异的强度,高强线还具有部分韧性,其在柔性固定中起到关键作用[15],这种柔性的固定允许小范围的微动,从而提供骨折愈合所需要的力学刺激,减少了刚性固定可能引起的并发症[16],并符合骺板生长的生理需求。本研究无一例患儿出现高强线滑脱导致的内固定失效。在使用钢丝张力带时,患者通常苦于金属内植物引发的软组织激惹,需要进行二次手术取出钢丝,以缓解症状[17-18]。研究[19]报道,高强线的生物力学强度与钢丝相当,可作为钢丝的替代材料,且术中更易操作。高强线材料较好的生物相容性,可以使患者避免金属张力带的激惹,并可留置体内,避免遭受二次手术的痛苦[20]。本研究中,仅1例患者将踝关节固定的克氏针埋于皮下,考虑到该患儿合并患肢胫骨骨折行弹性髓内钉固定,需要经历二次手术取内固定装置。剩余15例踝关节使用高强线张力带固定,克氏针均留置皮外,并在骨折愈合后于门诊行克氏针取出,高强线留置体内,且未发现明显的异物反应及患者不适。鉴于高强线不可吸收,部分学者认为其留置体内对组织可能产生不良反应。然而,关于可吸收线与不可吸收高强线的对比研究[13,21]显示,使用可吸收缝线并发关节周围纤维化的病例数是使用不可吸收缝线的3倍,尽管这种并发症机理尚不清楚。此外,相比于钢丝固定,接受高强缝线修复的骨折患者术后相关并发症更少[22]。因此,高强线因其良好的生物相容性,组织反应性低,临床使用更安全。在本研究中,克氏针联合高强线张力带固定在踝关节骨折的患儿随访中显示出较高的临床满意度和较好的影像学结果。结合本研究结果及生物力学原理,优异的力学强度,骨折部位的应力加压及适当的柔性调整,也是确保骨折愈合的关键。

本研究存在一些局限性。首先,本研究病例较少,且为回顾性研究,结果可能存在一定偏差。另外,根据国内外报道,克氏针内固定辅助石膏外固定一直被作为治疗儿童内踝骨折的主流方案。尽

管本研究采用的克氏针张力带技术为骨折提供坚强内固定，理论上可避免石膏固定带来的不适感及克氏针滑针造成的并发症，以及高强线的相对弹性固定更有利于骨折愈合，但实际上该技术是否较单纯克氏针辅助石膏固定更具有优势，需要开展大样本随机对照试验进行深入探究。

综上所述，儿童踝关节骨折易损伤骨骺，解剖复位及张力带技术提供的坚强内固定有利于骨折愈合。克氏针对骺损伤较小，高强线具有优异的生物力学强度及促进骺板发育的韧性。因此，应用高强线张力带技术治疗儿童踝关节骨折，可获得满意的临床疗效。

参考文献

[1] STEIGER C, DE MARCO G, CUÉREL C, et al. A retrospective epidemiological cohort study of ankle fractures in children and teenagers[J]. J Child Orthop, 2023, 17(4): 348-353.

[2] SIDDIQUI Y S, JULFIQAR M, AZIZ M H, et al. Management of post-traumatic ankle deformities in children[J]. Int J Burns Trauma, 2024, 14(3): 48-57.

[3] JIANG Z B, YUE L, WANG D H, et al. Operative treatment of isolated epiphyseal fracture of the distal fibula: 1 case report and literature review[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2024, 25(1): 525.

[4] VERLINSKY L, HEATH D M, MOMTAZ D A, et al. A comparison of screw and suture button fixation in the management of adolescent ankle syndesmotic injuries[J]. J Child Orthop, 2024, 18(3): 295-301.

[5] CHOI B S, LEE S H, KIM M B, et al. Mini-screws-only fixation method for small fragments of medial malleolus fractures[J]. Clin Orthop Surg, 2021, 13(3): 307-314.

[6] DRISCOLL M D, LINTON J, SULLIVAN E, et al. Medial malleolar screw versus tension-band plate hemiepiphysiodesis for ankle valgus in the skeletally immature[J]. J Pediatr Orthop, 2014, 34(4): 441-446.

[7] KIM S H, LEE S H, KIM J Y, et al. Comparison of midterm outcomes between all-inside arthroscopic and open modified Broström procedures as treatment for chronic ankle instability[J]. Clin Orthop Surg, 2024, 16(4): 628-635.

[8] ZIMMERMAN R, RUPP G, BARGER K, et al. Operative treatment of distal tibial fractures in children managed with epiphyseal screws: A comparison of outcomes when screws are retained versus removed following fracture union[J]. J Pediatr Orthop, 2024, 44(7): e588-e591.

[9] YANG W W, ZHANG X T, SUN D, et al. Outcomes of olecranon fractures in adolescents: Comparison of tension band wiring and Herbert screw fixations[J]. Front Pediatr, 2024, 11: 1269628.

[10] ZHEN G H, GUO Q Y, LI Y S, et al. Mechanical stress determines the configuration of TGFβ activation in articular cartilage[J]. Nat Commun, 2021, 12(1): 1706.

[11] SINHA S, MEENA D, NAIK A K, et al. Arthroscopic fixation of tibial spine avulsion in skeletally immature: The technique[J]. J Orthop Case Rep, 2017, 7(6): 80-84.

[12] SHIRLEY E, ANDERSON M, NEAL K, et al. Screw fixation of lateral condyle fractures: Results of treatment[J]. J Pediatr Orthop, 2015, 35(8): 821-824.

[13] BRUNNER S, VAVKEN P, KILGER R, et al. Absorbable and non-absorbable suture fixation results in similar outcomes for tibial eminence fractures in children and adolescents[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2016, 24(3): 723-729.

[14] ANDERSON C N, NYMAN J S, MCCULLOUGH K A, et al. Biomechanical evaluation of physeal-sparing fixation methods in tibial eminence fractures[J]. Am J Sports Med, 2013, 41(7): 1586-1594.

[15] NIU H M, WANG Q C, SUN R Z. Therapeutic effect of two methods on avulsion fracture of tibial insertion of anterior cruciate ligament[J]. World J Clin Cases, 2022, 10(27): 9641-9649.

[16] LI X F, DENG Z H, LU W. Mechanistic study of the effect of flexible fixation and load-bearing stress environment on fracture healing and shaping[J]. Animal Model Exp Med, 2024, 7(6): 816-823.

[17] SHEA G K, HOI-TING S O K, TAM K W, et al. Comparing 3 different techniques of patella fracture fixation and their complications[J]. Geriatr Orthop Surg Rehabil, 2019, 10: 2151459319827143.

[18] HARGETT D I, SANDERSON B R, LITTLE M T M. Patella fractures: Approach to treatment[J]. J Am Acad Orthop Surg, 2021, 29(6): 244-253.

[19] PATEL V R, PARKS B G, WANG Y, et al. Fixation of patella fractures with braided polyester suture: A biomechanical study[J]. Injury, 2000, 31(1): 1-6.

[20] PEDRAZZINI A, MASERATI I, CESARO G, et al. Tibial tubercle avulsion fracture during sport activities in adolescent: A case report[J]. Acta Biomed, 2022, 92(S3): e2021571.

[21] SHIN Y W, UPPSTROM T J, HASKEL J D, et al. The tibial eminence fracture in skeletally immature patients[J]. Curr Opin Pediatr, 2015, 27(1): 50-57.

[22] BUSEL G, BARRICK B, AUSTON D, et al. Patella fractures treated with cannulated lag screws and fiberwire® have a high union rate and low rate of implant removal[J]. Injury, 2020, 51(2): 473-477.

（2025-04-29 收稿）
编辑　张　峻