

· 专题 · 儿童足外科 ·

导航下骺开放治疗儿童创伤性胫骨远端骺早闭所致踝内翻的影响因素分析



全文二维码

徐雷 张宇辰 周达飞 董轶非 傅刚 鲁明

国家骨科医学中心 首都医科大学附属北京积水潭医院小儿骨科, 北京 100035

通信作者: 鲁明, Email: lumingit@sina.com

【摘要】 目的 分析导航下骺开放 (physeal bar resection, PBR) 治疗儿童创伤性胫骨远端骺早闭所致踝内翻畸形的临床特点, 探讨影响骺开放成功的相关因素。 **方法** 回顾性分析首都医科大学附属北京积水潭医院小儿骨科 2002 年 6 月至 2021 年 10 月收治的儿童创伤性胫骨远端骺早闭所致踝内翻, 并接受导航下骺开放患儿的临床资料。统计其性别、年龄、受伤机制、骨桥形态、受伤至手术时间、骺阻滞方式、截骨方式、畸形矫正时间, 并测量胫骨远端外侧角 (lateral distal tibial angle, LDTA)。根据患儿影像学资料, 将其分为骺开放成功组及骺开放失败组; 以男 12 岁、女 10 岁为界, 将患儿分为高生长潜力组、低生长潜力组; 结合其他临床资料, 通过多因素 Logistic 回归分析影响骺开放成功的因素。 **结果** 本研究共纳入 63 例患儿, 手术时年龄 (9.1 ± 2.5) 岁, 随访 32.0 (22.0, 54.0) 个月, 受伤至接受骺开放时间为 18.0 (13.0, 28.0) 个月。高生长潜力组共 47 例, 其中男 30 例、女 17 例; 低生长潜力组共 16 例, 其中男 9 例、女 7 例。所有患儿接受导航下骺开放手术, 同期行胫骨远端外侧骺阻滞 25 例, 同期行截骨 11 例。骺开放成功组术前 LDTA 为 (108.1 ± 5.5)°, 骺开放失败组术前 LDTA 为 (112.7 ± 6.2)°, 差异有统计学意义 ($t = -3.129, P = 0.003$)。多因素 Logistic 回归分析结果显示: 生长潜力 ($OR = 15.122, 95\% CI: 2.076 \sim 110.159, P = 0.007$) 和术前 LDTA ($OR = 0.855, 95\% CI: 0.755 \sim 0.969, P = 0.014$) 是骺开放是否成功的独立影响因素。 **结论** 儿童创伤性胫骨远端骺早闭所致踝内翻畸形的骺开放治疗具有挑战性, 生长潜力、术前 LDTA 是影响手术结果的重要因素。准确评估骺板功能及生长潜力、合理手术决策、导航术中精确操作以及术后严密随访是手术成功的关键。

【关键词】 骺开放; 骺早闭; 踝内翻; 生长潜力; 外科手术; 儿童**基金项目:** 北京积水潭医院院级科研基金“天玑骨科手术机器人临床应用研究”项目 (GCZX202203)

DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202409048-002

Analysis of factors influencing the navigated physeal bar resection for the treatment of ankle varus caused by traumatic premature physeal closure of the distal tibial physis in children

Xu Lei, Zhang Yuchen, Zhou Dafei, Dong Yifei, Fu Gang, Lu Ming

National Center for Orthopedics, Department of Pediatric Orthopedics, Beijing Jishuitan Hospital, Capital Medical University, Beijing 100035, China

Corresponding author: Lu Ming, Email: lumingit@sina.com

【Abstract】 Objective To analyze the clinical characteristics of navigated physeal bar resection (PBR) for ankle varus deformity caused by traumatic premature physeal closure of the distal tibial physis in children and to explore the factors influencing the success of the procedure. **Methods** A retrospective analysis was conducted on pediatric patients with traumatic premature physeal closure of the distal tibial physis resulting in ankle varus who underwent navigated PBR at the Department of Pediatric Orthopedics of Beijing Jishuitan Hospital, Capital Medical University, from June 2002 to October 2021. The clinical data analyzed included gender, age, injury mechanism, bone bridge morphology, time from injury to surgery, method of physeal blockage, osteotomy approach, deformity correction time, and measurement of the lateral distal tibial angle (LDTA). Based on imaging data, patients were divided into successful and failed PBR groups. Patients were also grouped by growth potential, with boys over 12 and girls over 10 classified as having low growth potential. A multivariate logistic re-

gression analysis was performed to identify factors influencing the success of the PBR. **Results** A total of 63 children were included in the study, with an average age of 9.1 ± 2.5 years at the time of surgery and a follow-up period of $32.0(22.0, 54.0)$ months. The time from injury to PBR was $18.0(13.0, 28.0)$ months. There were 47 patients in the high-growth-potential group (30 boys, 17 girls) and 16 in the low-growth-potential group (9 boys, 7 girls). All patients underwent navigated PBR, with 25 cases receiving concurrent lateral distal tibial physeal blockage and 11 cases undergoing concurrent osteotomy. The preoperative LDTA was $108.1 \pm 5.5^\circ$ in the successful group and $112.7 \pm 6.2^\circ$ in the failed group, showing a statistically significant difference ($t = -3.129, P = 0.003$). Multivariate logistic regression analysis indicated that growth potential ($OR = 15.122, 95\% CI: 2.076 - 110.159, P = 0.007$) and preoperative LDTA ($OR = 0.855, 95\% CI: 0.755 - 0.969, P = 0.014$) were independent factors influencing the success of PBR. **Conclusions** PBR for ankle varus deformity caused by traumatic premature physeal closure of the distal tibial physis in children is challenging. Growth potential is a critical factor affecting surgical outcomes. Careful patient selection, including accurate assessment of physeal function and growth potential, proper surgical planning, precise navigation-guided procedures, and close postoperative follow-up are key to surgical success.

[Key words] Physeal Bar Resection; Premature Physeal Closure; Ankle Varus; Growth Potential; Surgical Procedures, Operative; Child

Fund program: Hospital-Level Research Fund Project of Beijing Jishuitan Hospital: "Clinical Application Research of Tianji Orthopedic Surgery Robot" Project (GCZX202203)

DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202409048-002

儿童踝关节骨折是儿童下肢骨骺损伤最常见原因, 占有骨骺损伤的 15% ~ 20%^[1]。儿童骺板损伤或骨骺损伤会导致骺早闭^[2]。由于股骨远端及胫骨远端的骺板呈波浪形态, 更容易发生骺早闭^[3]。Peterson 根据骨桥形态将骨桥分为 3 型: 周围型、中央型及线型^[4]。区别于股骨远端容易形成中央型骨桥, 胫骨远端由于 Kump 隆突的存在, 常形成内侧骨桥, 此时 3 种形态的骨桥都可能发生, 从而导致踝内翻、肢体短缩以及腓骨撞击^[5]。研究表明, 胫骨成角畸形超过 4° 就会造成踝关节退行性关节炎^[6]。为获得良好的踝关节功能, 应早期发现并治疗胫骨远端骺早闭, 并随访至生长结束^[7]。Langenskiöld^[8] 最早介绍了骺开放术, 以恢复骺板的纵向生长。相较于大龄儿童的截骨矫形, 骺开放能更好地保留生长潜力, 避免复发, 减少后期行肢体延长的需要。术中三维 CT 导航系统的使用提高了骺开放的准确率, 完整切除骨桥的同时尽量保留了正常骨骺^[9-10]。尽管如此, 骺开放手术的有效性仍不确切^[7]。且目前关于胫骨远端骺开放治疗骺早闭的大样本研究较少, 骺开放治疗踝内翻的认识仍相对缺乏。本研究分析导航下骺开放治疗胫骨远端创伤性骺早闭所致踝内翻的临床资料, 分析相关因素对骺开放结果的影响, 旨在为今后类似病例提供治疗决策。

资料与方法

一、研究对象

本研究为回顾性研究, 通过首都医科大学附属北京积水潭医院病案管理系统及影像系统, 检索 2002 年 6 月至 2021 年 10 月由创伤所致儿童胫骨远端骺早闭, 出现踝内翻畸形接受治疗的病例资料。病例纳入标准: ①确诊为儿童创伤性胫骨远端骺早闭所致踝内翻; ②男性不超过 15 岁, 女性不超过 13 岁, 胫骨远端骨骺未闭合; ③术前经 CT 或 MR 评估骨桥面积 $< 40\%$ 。排除标准: ①临床资料不完整或失访; ②随访时间不足 1 年。本研究由首都医科大学附属北京积水潭医院伦理委员会审核通过后实行(积伦[K2023]第[196]号-00), 患儿家属均知情同意。

本研究共纳入患儿 63 例, 其中男 39 例、女 24 例。考虑胫骨远端内侧骨骺的生长潜力, 将患儿分为高生长潜力组与低生长潜力组。高生长潜力组入组标准为男 ≤ 12 岁、女 ≤ 10 岁, 共 47 例, 其中男 30 例、女 17 例; 低生长潜力组入组标准为男 > 12 岁、女 > 10 岁, 共 16 例, 其中男 9 例、女 7 例。共有 47 例在初次受伤后接受了骨折内固定手术, 剩余 16 例采用保守治疗。根据初次损伤的机制进行分组: 旋后内收型 34 例(54%), 旋前外旋型 15 例(23.8%), 垂直暴力型 9 例(14.3%), 内踝缺失型 5 例(7.9%)。通过影像学评估骨桥形态, 周围型骨桥 20 例(31.7%), 中

央型骨桥 15 例(23.8%),线型骨桥 28 例(44.4%)。受伤至手术时间为 18.0(13.0,28.0)个月。63 例中,25 例行胫骨远端外侧骺阻滞术,11 例行同期截骨,27 例行腓骨远端骺阻滞或未行任何骺阻滞。

二、手术方式

患儿仰卧于全透光床,患肢安放止血带。消毒铺巾后,设置术中三维 CT 导航系统。导航采用 Stryker 公司红外线主动导航系统,工作软件为 CT-Based Spine Navigation 1.2。术中使用电动 C 型臂(SIREMOBIL Iso-C,德国 Siemens 公司)进行三维 CT 扫描。将示踪器固定于患肢胫骨,C 臂扫描踝关节后,将数据传输至导航系统并重建。使用导航系统定位胫骨远端骨桥位置及形态,确认手术入路。

周围型骨桥采用侧方入路,线型骨桥采用前方入路,切开皮肤,保护下显露至骨面。利用指点器定位骨桥,再使用注册好的磨钻,在实时导航下磨除骨桥。中央型骨桥则需根据骨桥位置,在骺板近端 1~2 cm 处开窗,导航指引下制作骨隧道,并磨除骨桥。通过 X 线片及肉眼直视判断骨桥是否磨除完全,也可再次行三维 CT 扫描确认。冲洗骨缺损处,予自体脂肪、骨蜡或骨水泥填充。

同期手术包括胫骨远端外侧骺阻滞术,采用外侧切口,行外侧 8 字板骺阻滞;腓骨远端骺阻滞,可用螺钉经皮固定或 8 字板切开阻滞;同期行骺开放

及截骨术者,骺开放完成后,取侧方或前方切口,显露胫骨远端,截骨纠正胫骨力线,使胫骨干轴线与关节面垂直,克氏针或钢板固定。术后患肢免负重 6 周,后逐步恢复负重;截骨患儿复查 X 线片后,视情况开始逐步负重。

三、观测指标及疗效判定

术后每 6 个月进行一次门诊复查,拍摄踝关节负重正侧位 X 线片,在正位片上测量胫骨远端外侧角(lateral distal tibial angle,LDTA)。随访 1 年,影像学上观察到胫骨内侧纵向生长恢复,或 LDTA 减小,并且无骨桥残留,为骺开放成功。LDTA 大于 85°且小于 95°,为畸形矫正成功。

四、统计学处理

采用 SPSS 24.0 进行统计学分析。采用 Shapiro-Wilk 检验计量资料是否服从正态分布。服从正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用两样本独立 t 检验;非正态分布的计量资料以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示,组间比较采用 Mann-Whitney U 检验。分类变量以例数(百分比)表示,无序资料的组间比较采用 χ^2 检验或 Fisher 精确概率法,有序资料的组间比较采用 Kruskal-Wallis H 检验。采用多因素 Logistic 回归探讨影响骺开放成功的相关因素。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。



注 A:7 岁男性患儿,踝关节骨折,为旋后内收型损伤;B:伤后螺钉固定;C:复查出现踝内翻;D:核磁确认骨桥形成;E:CT 亦确认骨桥形成,为线型骨桥;F:术中导航下定位骨桥;G:骨桥切除完成,术中行胫骨远端外侧 8 字板骺阻滞及腓骨远端螺钉骺阻滞;H:术后复查,外侧 8 字板张开;I:最终踝内翻畸形得到矫正,腓骨骺板位于踝关节水平

图 1 导航下骺开放治疗胫骨远端内侧骺早闭所致踝内翻,结合胫骨远端外侧 8 字板骺阻滞

Fig.1 Navigated PBR for ankle varus caused by premature physal closure of the medial distal tibial physis, combined with lateral distal tibial physal blockage using an 8-plate

结 果

本组患儿年龄(9.1 ± 2.5)岁,其中男性年龄为(9.5 ± 2.6)岁,女性年龄为(8.5 ± 2.1)岁,差异无统计学意义($P = 0.122$)。术前 LDTA 为(110.6 ± 6.3)°,随访时长为 32.0(22.0,54.0)个月。

术后验证骺开放成功 29 例(46%),其中同期行骺开放合并截骨手术 3 例;15 例接受胫骨远端外侧骺阻滞,畸形矫正速率为(0.89 ± 0.45)°/月;其余 11 例未行胫骨骺阻滞,矫正速率为(0.39 ± 0.25)°/月。骺开放成功组 29 例,总体矫正(13.5 ± 4.5)°($5.4^\circ \sim 23.9^\circ$),矫正速率为(0.68 ± 0.45)°/月。骺开放失败组 34 例,50%(17/34)为术后 1 年骺板提前闭合,原因为大年龄及原始损伤程度较重;骨桥切除不全或复发 13 例,内侧无生长潜力 4 例,该 4 例均为原始损伤严重,骨桥切除范围广泛病例^[11]。

单因素分析结果显示,生长潜力、损伤类型、术前 LDTA 及伤后至手术的间隔时间是影响骺开放成功的因素($P < 0.05$)。多因素 Logistic 回归分析结果显示,生长潜力($OR = 15.122, 95\% CI: 2.076 \sim 110.159, P = 0.007$)和术前 LDTA($OR = 0.855, 95\% CI: 0.755 \sim 0.969, P = 0.014$)是骺开放是否成功的独立影响因素。见表 1、表 2。

本组有 1 例术后出现骨髓腔内深部感染,行清创及抗生素骨水泥珠链植入术,感染得到控制。1 例骨桥切除范围大,关节面下骨量不足且未行骨水泥植入,导致胫骨远端内侧关节面损伤,二期行人工骨植入术。2 例出现踝关节关节炎,1 例为内踝缺失,回顾 X 线片发现术前即存在踝关节不稳及早期关节炎表现;另 1 例经过多次手术,最终行外架肢体延长。

讨 论

尽管骺开放技术是治疗骨骺早闭重要且有效的方法,但临床上骺开放的成功率并不高,其影响因素复杂^[7,11]。Salter-Harris 分型是最为常用的骨骺损伤分型。Leary 等^[12]研究发现骨折原始移位程度及骨折 Salter 分型与胫骨远端骺早闭的发生密切相关。由于本研究中的内踝缺失病例属于 Peterson 分型中的骺板缺失型,故使用损伤机制来分析骺开放的相关因素。Blondin^[13]研究证明高能量踝关节损伤会导致更坏的临床结果。本研究中原始损伤为旋后内收型损伤 34 例,骺开放成功率为 61.8%;旋前外旋型 15 例,成功率为 40%;而 9 例垂直暴力型和 5 例内踝缺失型患儿中,均只有 1 例获得骺开放成功,提示原始损伤越严重,临床上越需要评估行截骨合并骺融合手术的可能。

表 1 导航下骺开放结果影响因素的单因素分析
Table 1 Univariate analysis of the results of navigated PBR

分组	年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁)	生长潜力(例)		损伤类型(例)			
		高	低	旋后内收	旋前外旋	垂直暴力	内踝缺失
骺开放成功组($n = 29$)	9.1 ± 2.0	27	2	21	6	1	1
骺开放失败组($n = 34$)	9.1 ± 2.8	20	14	13	9	8	4
$t/Z/\chi^2$ 值	$t = -0.066$	$\chi^2 = 9.707$		$\chi^2 = 10.232$			
P 值	0.948	0.002		0.017			
分组	术前 LDTA ($\bar{x} \pm s$, °)	骨桥类型(例)			受伤后手术(例)		受伤至手术时间 [$M(Q_1, Q_3)$, 月]
		周围型	中央型	线型	是	否	
骺开放成功组($n = 29$)	108.1 ± 5.5	10	3	16	16	13	15.0(13.0, 22.5)
骺开放失败组($n = 34$)	112.7 ± 6.2	10	12	12	13	21	21.5(14.8, 30.5)
$t/Z/\chi^2$ 值	$t = -3.129$	$\chi^2 = 5.610$			$\chi^2 = 1.807$		$Z = 338.000$
P 值	0.003	0.061			0.179		0.032

注 LDTA:胫骨远端外侧角

表 2 导航下骺开放结果影响因素的多因素 Logistic 回归分析

Table 2 Multivariate logistic regression analysis of the results of navigated PBR

因素	β 值	SE 值	χ^2 值	OR 值	OR 值 95% CI	P 值
生长潜力	2.716	1.013	7.187	15.122	2.076 ~ 110.159	0.007
术前 LDTA	-0.157	0.064	6.040	0.855	0.755 ~ 0.969	0.014

注 LDTA:胫骨远端外侧角

早期文献认为,剩余生长潜力不足是骺开放手术失败的重要影响因素^[4,8]。Fu 等^[10]研究发现,使用三维导航系统辅助下骺开放虽然能提高术中切除的准确性,但治疗成功率与传统 C 臂透视并无显著差异;同时该研究以 8 岁为界对年龄进行分组,最终发现大年龄和手术史对治疗结果也无影响。本研究对骺开放是否成功的影响因素进行 Logistic 回归分析,发现生长潜力和术前 LDTA 会影响骺开放手术能否成功。其中,高生长潜力组被定义为男孩 ≤ 12 岁、女孩 ≤ 10 岁,为强相关因素($OR = 15.122$)。目前临床骺开放的手术指征为受累部位骨骺剩余 2 年生长潜力,及骺早闭面积低于 30%~50%^[11]。以 Menelaus 法假定男孩 16 岁和女孩 14 岁为骨骼成熟年龄计算,即男孩 14 岁以上和女孩 12 岁以上不适合行骺开放手术^[14]。但国外研究发现,核磁检查提示男性胫骨远端骨骺开始闭合时间最早为 13 岁,而女性最早为 11 岁,均较 X 线片观察结果提前^[15]。谢晓迪等^[16]针对国人的研究发现,环境因素等可能对骨骺闭合时间造成影响,胫骨远端骨骺闭合时间较前已有所提前,男性为 15.2 岁,女性为 13.4 岁。考虑到胫骨远端骨骺本身存在一定闭合顺序,内侧最先闭合,整体闭合时间约为 18 个月^[17]。即胫骨远端内侧骨骺无生长潜力的时间为男性 13.7 岁、女性 11.9 岁。本研究中患儿影像学评估骺板内侧均未闭合,男性 3~14.1 岁,女性 4~11 岁,符合上述推断。考虑到畸形矫正需要一定周期,故男性合适的手术年龄应不大于 11.7 岁,女性应不大于 9.9 岁,这也与骺开放成功组男性年龄为 8~12.5 岁,女性年龄 4.5~9.9 岁基本相符。本研究中所有大于 10 岁的女性患儿骺开放均失败,大于 12 岁的男性患儿仅 2 例(2/9)骺开放成功,分别为 12.1 岁和 12.5 岁,而骺损伤后患侧骺板较健侧会提早闭合^[11]。故本研究中,将生长潜力以男性 12 岁、女性 10 岁作为临界值具有一定的合理性;后期可考虑行核磁检查,而非拍 X 线片,以确定目前国人骨骺闭合的准确时间^[15]。

本研究结果提示,术前 LDTA 每增加 1°,骺开放成功率降低 14.5%。但临床对于术前 LDTA 的顾虑并非其影响骺开放成功率,而是可能存在矫正过程中长期的踝内翻以及最终矫正不充分。对于前者,目前尚无踝内翻导致局部应力增加与骺早闭关联性的相关研究;本研究中有 1 例内踝缺失病例,影像学确认初次骺开放骨桥切除完整,但术后随访发现骨桥复发。踝关节不稳定或踝关节应力异常对

于骺开放的影响,仍需进一步研究。对于后者,由于骺开放本身矫正畸形的度数有限,建议内翻 20°以上者行截骨手术^[4];Williamson 等^[18]则认为内翻超过 10°即应行截骨手术,尤其是骨桥面积 >25%的患者,但该建议基于单纯骺开放最大矫正角度为 9°的研究结果。随着骺阻滞技术的使用,非截骨手术的畸形矫正能力增强。

早期手术到底应该在胫骨远端外侧阻滞还是腓骨远端阻滞,尚存在争议。本研究证实腓骨远端阻滞对于踝内翻畸形矫正本身并无实际影响,其主要目的是为了减少腓骨撞击。胫骨远端外侧行 8 字板阻滞可以明显提高矫正速率,有效缩短矫正时间,避免矫正不足。本组未行胫骨远端骺阻滞者 11 例,其中 8 例(72.7%)最终畸形矫正不足,1 例因内翻 21.1°最终接受二次截骨矫形。Xiao 等^[19]也认为踝内翻大于 10°者应在骺开放的同时,行胫骨远端外侧骺阻滞术。

本研究的不足之处包括:①未能完整获取患儿的双下肢力线片,不能评价术后下肢整体力线情况;②研究结果仅基于影像学资料,未随访患者术后功能,未来可进一步随访完善。

综上所述,对于胫骨远端创伤性骺早闭致踝内翻的患儿,生长潜力及术前 LDTA 是骺开放治疗结果的独立影响因素。对于 ≤ 12 岁的男童及 ≤ 10 岁的女童,推荐行导航下骺开放合并胫骨远端外侧骺阻滞术。骺开放成功且行胫骨阻滞者,平均矫正速率为 0.89°/月,可依此制定术前决策。而有关低生长潜力组的治疗,仍需进一步研究。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献声明 徐雷、鲁明负责研究的设计、实施和起草文章,徐雷、张宇辰、周达飞负责数据收集和文献检索,董铁非、傅刚负责文章知识性内容的审阅

参 考 文 献

- [1] Su AW, Larson AN. Pediatric ankle fractures: concepts and treatment principles [J]. Foot Ankle Clin, 2015, 20 (4): 705-719. DOI: 10.1016/j.fcl.2015.07.004.
- [2] Ecklund K, Jaramillo D. Imaging of growth disturbance in children [J]. Radiol Clin North Am, 2001, 39 (4): 823-841. DOI: 10.1016/S0033-8389(05)70313-4.
- [3] Ecklund K, Jaramillo D. Patterns of premature physal arrest: MR imaging of 111 children [J]. AJR Am J Roentgenol, 2002, 178 (4): 967-972. DOI: 10.2214/ajr.178.4.1780967.
- [4] Peterson HA. Partial growth plate arrest and its treatment [J]. J Pediatr Orthop, 1984, 4 (2): 246-258. DOI: 10.1097/01241398-198403000-00015.
- [5] Wuerz TH, Gurd DP. Pediatric physal ankle fracture [J]. J Am Acad Orthop Surg, 2013, 21 (4): 234-244. DOI: 10.5435/

- JAAOS-21-04-234.
- [6] Puno RM, Vaughan JJ, Stetten ML, et al. Long-term effects of tibial angular malunion on the knee and ankle joints[J]. J Orthop Trauma, 1991, 5(3):247-254. DOI:10.1097/00005131-199109000-00001.
- [7] Khoshhal KI, Kiefer GN. Physeal bridge resection[J]. J Am Acad Orthop Surg, 2005, 13(1):47-58. DOI:10.5435/00124635-200501000-00007.
- [8] Langenskiöld A. An operation for partial closure of an epiphyseal plate in children, and its experimental basis[J]. J Bone Joint Surg Br, 1975, 57(3):325-330.
- [9] Kang HG, Yoon SJ, Kim JR. Resection of a physeal bar under computer-assisted guidance[J]. J Bone Joint Surg Br, 2010, 92(10):1452-1455. DOI:10.1302/0301-620X.92B10.24587.
- [10] Fu G, Wang W, Dong YF, et al. Treatment of post-traumatic pediatric ankle varus deformity with physeal bar resection and hemiepiphysiodesis[J]. Curr Med Sci, 2019, 39(4):604-608. DOI:10.1007/s11596-019-2080-9.
- [11] Hasler CC, Foster BK. Secondary tethers after physeal bar resection; a common source of failure? [J]. Clin Orthop Relat Res, 2002, 405:242-249. DOI:10.1097/00003086-200212000-00031.
- [12] Leary JT, Handling M, Talerico M, et al. Physeal fractures of the distal tibia: predictive factors of premature physeal closure and growth arrest[J]. J Pediatr Orthop, 2009, 29(4):356-361. DOI:10.1097/BPO.0b013e3181a6bfe8.
- [13] Blondin E, Stourbe O, Plancq MC, et al. Outcomes of pediatric distal tibial physeal fractures[J]. Orthop Traumatol Surg Res, 2022, 108(6):103199. DOI:10.1016/j.otsr.2022.103199.
- [14] Westh RN, Menelaus MB. A simple calculation for the timing of epiphysal arrest; a further report[J]. J Bone Joint Surg Br, 1981, 63-B(1):117-119. DOI:10.1302/0301-620X.63B1.720446.
- 4.
- [15] Saint-Martin P, Rérolle C, Dedouit F, et al. Age estimation by magnetic resonance imaging of the distal tibial epiphysis and the calcaneum[J]. Int J Legal Med, 2013, 127(5):1023-1030. DOI:10.1007/s00414-013-0844-5.
- [16] 谢晓迪, 王理昂, 张鸿飞, 等. 骨骺闭合时间变化及其影响因素[J]. 临床医学进展, 2021, 11(5):2182-2188. DOI:10.12677/acm.2021.115313.
- Xie XD, Wang LA, Zhang HF, et al. Changes of epiphyseal closing time and its influencing factors[J]. Adv Clin Med, 2021, 11(5):2182-2188. DOI:10.12677/acm.2021.115313.
- [17] Beals RK, Skyhar M. Growth and development of the tibia, fibula, and ankle joint[J]. Clin Orthop Relat Res, 1984, 182:289-292.
- [18] Williamson RV, Staheli LT. Partial physeal growth arrest: treatment by bridge resection and fat interposition[J]. J Pediatr Orthop, 1990, 10(6):769-776.
- [19] Xiao H, Li M, Tan Q, et al. Physeal bar resection by modified arthroscopically assisted surgery in a closed osteocavity[J]. Front Pediatr, 2023, 11:1157192. DOI:10.3389/fped.2023.1157192.
- (收稿日期:2024-09-19)
- 本文引用格式:**徐雷, 张宇辰, 周达飞, 等. 导航下骺开放治疗儿童创伤性胫骨远端骺早闭所致踝内翻的影响因素分析[J]. 临床小儿外科杂志, 2024, 23(11):1009-1014. DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202409048-002.
- Citing this article as:** Xu L, Zhang YC, Zhou DF, et al. Analysis of factors influencing the navigated physeal bar resection for the treatment of ankle varus caused by traumatic premature physeal closure of the distal tibial physis in children[J]. J Clin Ped Sur, 2024, 23(11):1009-1014. DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202409048-002.

· 编者 · 作者 · 读者 ·

本刊报道范围

1. 对临床诊疗策略、存在问题或研究方向、技术方法以及基础理论研究现状与目标的见解、建议和发展思路, 小儿外科疾病诊疗指南、专家共识、指南解读。
2. 小儿外科临床诊疗实践、手术运用及相关基础与实验研究结果报告。
3. 微创技术、腔镜内镜技术及机器人手术的临床应用, 各类新技术、新器械、新方法、新术式的介绍与探讨。
4. 疾病流行病学调查、随访评价、预后评估以及康复经验, 复杂疑难罕见病例、MDT 诊治案例的分享与析评。
5. 针对小儿外科理论与实践意义重大或分歧较多问题开展的学术争鸣与讨论, 针对学术文献中的概念、观点、方法或者存在问题的思考与评价。
6. 小儿外科相关专业的研究进展与研究成果。