

3D 打印技术在儿童复杂性 Pilon 骨折手术治疗中的应用

倪 磊,唐 凯,张志群,林 刚,孙祥水,刘 飞,董 展,郑鹏飞,徐 鹏,楼 跃

(南京医科大学附属南京儿童医院骨科,江苏 南京 210008)

[摘要] 目的:探讨使用 3D 打印技术在儿童复杂性 Pilon 骨折的治疗效果。方法:选取本院 1 例儿童复杂 Pilon 骨折,进行术前 CT 扫描并三维重建,采集相应数据,导入 Mimics 软件生成三维重建的踝关节模型,使用 Geomagic 软件建模制备模型文件,在模型上评估骨折移位情况,设计手术复位入路、方向,模拟骨折复位,并在模型上设计内固定方式,然后实施实际手术治疗,并对实施方案进行评估。结果:患儿手术均按照术前设计方案实施完成,采用的内固定材料及手术方法均与术前设计相同,术后复查 X 线片显示关节面恢复平整,骨折复位,固定稳固。结论:对于复杂的 Pilon 骨折,依据三维 CT 检查及计算机模型制备,制定个体化治疗方案,具有精准定位、组织损伤小、固定稳妥、手术时间短、并发症少、射线暴露少等作用,值得广泛应用。

[关键词] 3D 打印技术;Pilon 骨折;儿童

[中图分类号] R814

[文献标志码] B

[文章编号] 1007-4368(2016)08-1005-04

doi:10.7655/NYDXBNS20160824

Pilon 骨折最早是在 1911 年由法国放射学家 Destot 提出的,是指轴向的压缩并伴有剪切或者旋转的合力导致胫骨干骺端及踝关节的损伤。目前胫骨 Pilon 骨折没有明确的定义,一般是指胫骨远端 1/3 波及胫距关节面的骨折,胫骨远端关节面严重粉碎,骨缺损及远端松质骨压缩。其发生率低,仅占下肢骨折的 1%,儿童就更为少见。目前成人 Pilon 骨折的治疗难度大^[1],方法众多,包括石膏固定、牵引、克氏针固定、单纯拉力螺钉固定、多种钢板螺丝钉切开复位固定、多种外固定支架、髓内固定等。但儿童有骨骺的生长发育和成人存在明显区别,为避免医源性骨骺损伤干扰骨关节的生长发育,成人常用的多种处理方式在儿童 Pilon 骨折治疗中受到很大的限制,内固定设计更为困难。为此,本院对近年来住院治疗的儿童复杂性 Pilon 骨折尝试在手术治疗中运用 CT 三维重建及 3D 打印技术,个体化内固定材料的选取及操作,获得了良好效果,现选取 1 例报告如下。

1 对象与方法

1.1 对象

患儿男,年龄 13 岁 11 个月,运动中摔伤。入院后,摄前后位和侧位 X 线片,CT 平扫加三维重建示胫骨远端累及骨骺、骺板及关节面的粉碎性骨折,按照 Ruedi—Allgower 分型为 III 型骨折(图 1)。

1.2 方法

1.2.1 术前准备

患儿进行手术治疗,术前常规予螺旋 CT 平扫+重建(飞利浦 16 排螺旋 CT),获取数据导入 Mimics 软件生成三维重建的踝关节模型。Geomagic 软件建模制备模型文件,在模型上评估骨折移位情况。按照骨折块大小、形态、位置及移位情况设计手术复位入路、方向,然后在三维空间精确分离骨折块,通过平移、旋转、翻转等模拟骨折复位,在模型上恢复正常踝关节结构。仔细观察骨折面,分析评价固定方式,选取内固定材料,并精确设计内固定材料安放位置,克氏针、螺丝钉最佳进钉位置、角度及深度,为术中内固定材料选备提供依据及参考。

本例患儿胫骨远端骨骺尚未闭合,仍有生长空间,内踝处骨骺部骨折分离,后踝处骨骺及干骺端骨折分离,如选择钢板固定既稳妥又牢固,但为了达到解剖复位,固定螺钉必将穿越骺板,造成骨骺损伤将影响踝关节的继续生长发育。如使用空心钉,平行骺板分别于骨骺和干骺端水平横拉固定,既不损伤骺板,也能稳定固定,但模型实测骨骺部厚度不足以安全容纳空心钉前端螺纹,故放弃。最后决定使用克氏针,尽管骨折端固定欠牢固,但操作简便,损伤小,手术时间短,加上术后外固定,可以达到解剖复位和较稳固的固定,而且对骨骺和骺板的损伤小,避免医源性的骨骺损伤,减少对踝关节生长发育的不利影响(图 2)。

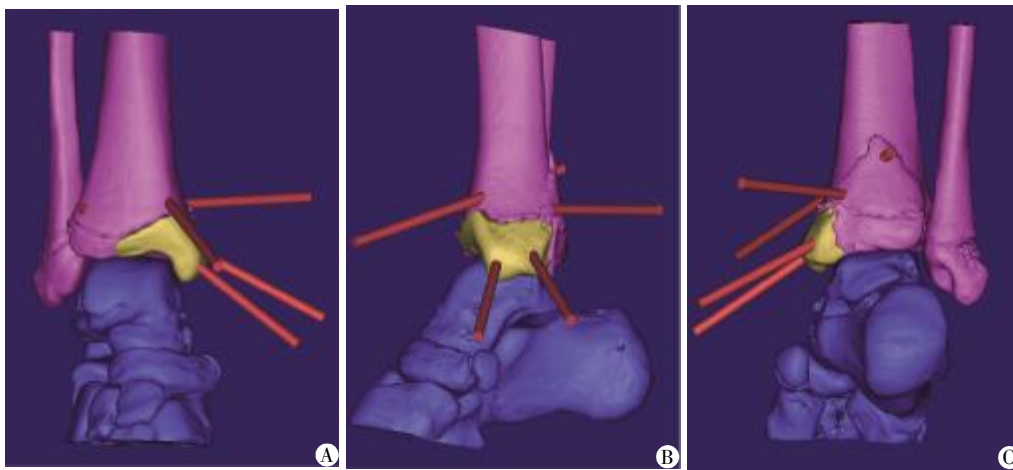
1.2.2 手术方法

患儿取平卧位或半俯卧位,根据术前检查骨折



A:前面观:骨折为骨骺部断裂向内前方分离;B:内侧面观:内踝骨折片分离向下,后踝骨折片向后方分离;C:后面观:骨骺部内踝向下分离,后踝骨骺及干骺端骨折块向后分离;D:水平面观:胫骨远端骨骺粉碎呈人字形断裂分离;E:冠状面观:骨折粉碎,断端间有小骨折块,踝穴关节面断裂分离。

图1 三维CT显示患儿为Ruedi—Allgower III型骨折



A:前面观;B:内侧面观;C:后面观。

图2 3D打印骨折模型模拟骨折复位及克氏针固定(包括进针点、进针角度、进针方向和进针深度)

情况设计手术方案,选取相应入路。术中充分暴露骨折块,清除骨折间隙内血凝块后复位骨折,按术前设计行C臂机透视辅助定位,以及克氏针按照预定方案精准选取进针位置、方向、角度及深度。术中主要需恢复胫骨关节面的平整性,骨骺部的骨折达到解剖复位(图3),以保证术后关节功能恢复及骨骺发育,避免骨桥形成及创伤性关节炎。内固定后活动踝关节验证关节面平整、活动无受限后,关闭切口处理针尾。

1.2.3 术后处理

患儿术后予患侧小腿管型石膏外固定10周,适当抬高患肢制动,必要时进行脱水消肿,预防并发症。待骨折愈合后,拆除石膏外固定并拔出克氏针,不负重功能训练,2周后部分负重,并进行逐步负重到正常行走的功能练习。

2 结果

本例进行了踝关节周围的三维CT重建和计算

机模型制备。术中所见的骨折情况和计算机模型基本一致。按照术前手术设计完成。手术过程顺利,操作时间短,损伤较小,骨折复位满意,术后未出现筋膜室综合征及血管神经损伤,术后内、外固定稳固,无骨折再移位发生。术后 2~3 个月骨折达到临床愈合标准后,拆除石膏外固定同时取出克氏针,半年后取出钢板螺钉。本例患儿术后随访 23 个月,按照 Mazur 踝关节功能评定标准,术后踝关节疗效为优。患儿行走正常,无任何不适,随访周期中,未见有骨桥形成及生长发育异常(图 4)。

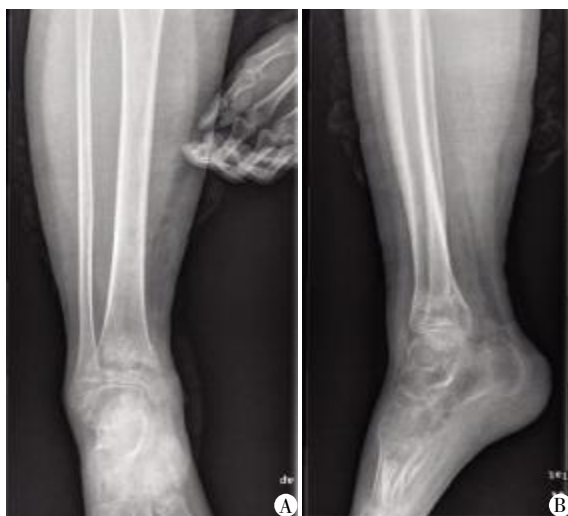
3 讨论

Pilon 骨折治疗的最终目的是获得关节的解剖



骨折解剖复位,4 枚克氏针内固定,胫骨关节面平整。A:前后位 X 线片;B:侧位 X 线片。

图 3 患儿术后 X 线片结果



踝关节面平整,关节间隙匀称,无内外翻畸形,骺板已闭合。A:前后位 X 线片;B:侧位 X 线片。

图 4 术后 23 个月随访 X 线片结果

复位、恢复力线、维持关节的稳定、达到骨折愈合和重新获得功能良好且无痛的负重和活动,同时避免感染和伤口并发症。儿童的 Pilon 骨折和成人相比,所受暴力较小,常不伴有腓骨的骨折,相对来说,治疗效果要稍好^[2]。但儿童的 Pilon 骨折涉及骨骺损伤后生长发育干扰的问题。由于关节面碎裂和骨骺的损伤,对手术造成极大的困难,尤其是手术入路及内固定方式的选取及术中复位、固定^[3]。Mimics 软件是一种基于 CT 扫描数据的三维图像处理和编辑工具,它能建立 3D 模型进行编辑,对骨切开术、分离手术以及植入手术进行模拟,从而能够帮助临床医生更直观地了解患儿骨折的具体情况,对骨科治疗提供极大的帮助。

3.1 诊断方式

普通骨折一般都可以由 X 线平片得到诊断,目前影像学检查是判断骨折分型和评估病情的重要手段之一^[4]。但对于胫腓骨远端形状复杂,靠近关节面对骨折线要求极高的 Pilon 骨折,CT 检查的优点就明确显现出来。CT 的分辨率更高,能够采集更多的数据,显示更细微的骨折,然而多排螺旋 CT 反映的只是骨折的表面情况,不能立体显示骨折的内部情况^[5]。我们使用 Mimics 软件将 CT 采集的数据再次进行重建,尤其是对于不规则骨的骨折进行多方位的三维重建,能够清晰显示碎骨片的位置和形态,为后续治疗提供直观、准确的影像,对骨折的诊断提供了清晰的依据^[6]。而且术前交代病情时,利用计算机进行手术模拟向患儿家长解释治疗方案,将极大地方便家长理解,利于医患间的沟通,从而获得家长的支持及肯定。

3.2 手术入路选择

手术入路是手术治疗的关键,采用正确的入路可以充分暴露骨折部位,方便进行复位及恰当内固定^[7]。本例的骨折线分布及走行不同,骨折部位及分离骨片位置均不同,使用的手术入路也稍有不同,但入路最终的目的均为充分暴露骨折位置,方便复位及固定,当有多个入路可达到同样目的时,笔者认为使用手术医生最熟悉的入路为最佳选择。CT 检查的优点在这方面可以充分发挥出来,三维重建技术及模型的应用^[8],可以直观地暴露出骨折位置,手术复位的操作途径,为术中良好暴露及方便复位提供了足够的依据。

3.3 内固定方式的选择

本次研究样本所选取的患儿骨折位置均有区别,使用的内固定方式不同,钢板螺丝钉、克氏针均

有使用,但究其目的还是为将骨折充分固定并避免进一步损伤。内固定方式的选取上,儿童与成人有较大区别,本组儿童均未成年,骨骺尚未闭合,还存在一定的生长发育空间,内固定方式无法完全按照骨折坚强内固定方式级要求采取,不能使用跨骺板的坚强内固定方式,如确实需要跨骺固定,也只能使用光滑的克氏针。但为达到将骨折面加压,妥善坚强固定骨折,钢板螺丝钉或空心钉确实需要,将对手术提出较高的难度要求。而且至胫骨远端部位,骨皮质较薄,骨折后干骺端骨块比较小,骨骺薄,骨骺经不起多次反复贯穿打击,所以对操作提出极大的挑战,置钉一次成功的要求很高。故操作中需反复C臂机透视导引验证,选取最佳位置及方向,操作医师及患儿难免要接受多次射线照射。而三维技术及计算机模型的应用^[9-11],极大地方便了手术医师在手术前对骨折情况的了解,设计手术内固定方案,并做到术前留心内固定材料进入点及方向、深度,术中有数,避免多次打入内固定材料增加损伤及内固定失效可能,减少术中射线照射量,提高手术放置器材的成功率和安全性。

3.4 术后外固定方式、时间及功能训练时机

儿童骨折术后较少出现关节僵硬,而且儿童生性好动,故术后均采用短腿石膏管型外固定。固定时注意骨性突起部位适当衬垫,防止石膏压疮。石膏外固定仍短于12周,拆除石膏后观察骨折愈合情况,拔出克氏针,达到临床愈合标准后,先于床上免负重活动踝关节恢复功能活动范围,2周后下床站立,逐渐行走,以不痛为标准,并在功能恢复中始终预防外伤及早期过度负重。

基于对本例的综合观察我们发现,对于复杂的Pilon骨折,依据三维CT检查及计算机模型制备,制定个体化治疗方案,术中精准定位内固定,尽量减少软组织及损伤部位内固定时再次创伤,保证稳妥固定骨折,缩短手术时间,降低手术并发症的发生

率,减少射线暴露,有着明显的作用。将来更可以和3D打印相结合,可以对复杂及难度大的手术进行模拟仿真手术并反复练习,并可以进行导板或导航模块的制作及内固定器材的制备,为手术的更加精准发展及内固定更加稳固、个性化提供更多的便利。

[参考文献]

- [1] Lomax A, Singh A, N Jane M, et al. Complications and early results after operative fixation of 68 pilon fractures of the distal tibia[J]. *Scott Med J*, 2015, 60(2): 79-84
- [2] 蒋靓君, 郑强, 潘志军, 等. 不伴腓骨骨折的Pilon骨折的特点及治疗[J]. *中华骨科杂志*, 2016, 36(2): 96-102
- [3] Song Z, Xue HZ, Zhang K, et al. Pathogenesis and treatment strategies for pilon fractures with ankle dislocation[J]. *J Foot Ankle Surg*, 2015, 54(5): 815-820
- [4] 黄建华, 高堪达, 王秋根, 等. 胫骨pilon骨折治疗中踝关节外侧结构损伤恢复的重要性[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2009, 11(4): 330-333
- [5] 刘杰. 分析CT扫描并三维重建在创伤骨科中的应用体会[J]. *中国伤残医学*, 2014, 22(20): 45-46
- [6] 蔡青蓉, 刘坚, 徐良洲, 等. 多层螺旋CT对踝关节骨折的诊断优势[J]. *中国医药科学*, 2013, 3(3): 120-121
- [7] Wei SJ, Han F, Lan SH, et al. Surgical treatment of pilon fracture based on ankle position at the time of injury/initial direction of fracture displacement: a prospective cohort study[J]. *Int J Surg*, 2014, 12(5): 418-425
- [8] 王小平, 韦展图, 黄俭, 等. 虚拟三维重建术前规划技术在Pilon骨折的应用研究[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2016(1): 44-49
- [9] 唐盛辉, 孙永建, 赵汉民, 等. 3D打印技术辅助治疗高能量Pilon骨折的临床应用[J]. *中国矫形外科杂志*, 2015, 23(22): 2042-2046
- [10] 李岩, 袁志. 3D打印成型技术在复杂pilon骨折中的应用[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2016, 18(1): 42-46
- [11] 李新春, 康麟, 庞渊. 3D打印技术在Pilon骨折手术治疗中的应用[J]. *新疆医科大学学报*, 2015(4): 471-473

[收稿日期] 2016-03-19