

3D 打印模型辅助后路内固定治疗儿童颈椎畸形



李 浩 李承鑫 张学军 郭 东 范敬一 刘 虎 孙记航 潘少川

【摘要】 目的 研究个体化 3D 打印模型辅助后路内固定治疗儿童颈椎畸形的方法和效果。**方法** 对北京儿童医院骨科 CT 确诊的 22 例颈椎畸形伴上颈椎不稳患儿进行回顾性分析。采用 3D 打印技术建立颈椎个体化 3D 打印模型,在模型上进行模拟置钉及内固定手术,获得个体化置钉数据,再进一步术中辅助真实手术,采取一期后路矫形及内固定治疗。**结果** 22 例均采取个体化 3D 打印模型辅助术中置钉进行内固定手术,全部置钉成功,无椎动脉及神经根损伤,无内固定松动及断裂,术后随访时间 3~23 个月,平均 13.5 个月。术后寰椎齿突间隙(ADI)明显缩小,延髓颈髓角(CMA)明显增大,延髓腹侧受压明显减轻或消失,无手术死亡,1 例二次植骨融合,1 例同期行胸锁乳突肌切断松解术,1 例行枕骨大孔减压术,1 例行寰椎后弓切除减压。**结论** 个体化 3D 打印模型辅助后路螺钉内固定可提高置钉成功率,有效保护椎动脉及神经根,提高安全性,特别是对儿童颈椎畸形的治疗有很大帮助。

【关键词】 颈椎/畸形; 内固定器; 治疗; 儿童

Individualized 3D printing model—assisted posterior screw fixation for the treatment of the cervical deformity of children. LI HAO, LI Chen-xin, ZHANG Xue-jun, et al. Department of orthopedics, Beijing Children's Hospital Affiliated to Capital Medical University, Beijing, 100045, China

【Abstract】 Objective To study the method and effect of individualized 3D printing model—assisted posterior screw fixation for the treatment of the cervical deformity of children. **Methods** 22 patients with cervical deformity associated with upper cervical instability diagnosed by CT were retrospectively analyzed in Department of Orthopedics at Beijing Children's Hospital. First, a 3D printing model of cervical was made with 3D printing technology, then simulated screw insertion and fixation operation on the model to obtain the individual screw insertion data to assist the real operation. At last implemented one-stage posterior orthomorphia combined with internal fixation. **Results** 22 patients with cervical deformity successfully underwent the posterior screw fixation operation assisted by individual 3D printing models, without injury to the vertebral artery and nerve root, without internal fixation loosening and fracture, postoperative follow-up time ranged from 3 to 23 months, average 13.5 months. Postoperative ADI was significantly reduced, CMA increased significantly, the medulla oblongata ventral compression significantly reduced or disappeared, no death in operation, 1 case with two times the fusion of bone graft, 1 case underwent sternocleidomastoid muscle amputation lysis, 1 case of foramen magnum decompression, 1 cases of posterior arch of atlas decompression. **Conclusions** Posterior screw fixation operation assisted by individualized 3D printing model can improve the success rate and safety of screw insertion, and effectively protect the vertebral artery and nerve root avoiding damage, especially is of great help to the treatment of children with cervical deformity.

【Key words】 Cervical Vertebrae/AB; Internal Fixators; Therapy; Child

儿童颈椎畸形绝大多数是由于胚胎异常生长发育所造成,常伴有上颈椎不稳定,表现为枕颈不稳或寰枢椎不稳,有多种临床表现,常见的有短颈、斜颈、疼痛、活动受限和神经系统受压症状。患儿在幼儿期通常无任何症状或症状轻微,早期很难作出诊断,

常延误治疗。但临床症状一经出现并作出诊断,应积极考虑手术治疗。后路螺钉内固定治疗是常用手术方式,由于颈椎畸形常合并多种畸形,每个患者的骨质结构差异很大,特别是儿童患者,内固定置钉更为困难。迄今尚无比较安全可靠的共性化置钉数据作为参考,包括置钉位置、深度、方向等,需个体化定制,进行个体化治疗^[1]。我们通过三维 CT 采集到的数据制备患者颈椎个体化 3D 打印模型,辅助术

中颈椎个体化置钉。2012 年 9 月至 2014 年 5 月共治疗儿童颈椎畸形 29 例,其中 22 例采用 3D 打印技术辅助完成手术,效果良好,现报道如下。

材料与方法

一、临床资料

我们于 2012 年 9 月—2014 年 5 月采取后路内固定术治疗儿童颈椎畸形 29 例,其中 22 例采用 3D 打印技术,制备患者颈椎个体化 3D 打印模型辅助完成手术。男 13 例,女 9 例,年龄 2 岁 5 个月至 15 岁 7 个月,平均 7.9 岁,病程 1 个月至 13 年。临床表现:头颈部疼痛 12 例,短颈、斜颈畸形 16 例,四肢不完全性瘫痪 5 例,步态不稳 3 例,双上肢麻木乏力 2 例,一侧上肢麻木乏力 4 例。所有病例经术前颈椎 MRI 和 CT 扫描确诊,每个病例有 2 种以上畸形存在,其中齿状突畸形 11 例(未发育 1 例,发育不良 6 例,齿突样小骨 4 例),颅底凹陷 5 例,寰枕融合 11 例,颈椎融合(Klippel-Feil 综合征)16 例,寰椎畸形 15 例(寰椎发育不良 8 例,寰椎半椎体 4 例,寰椎后弓缺如 3 例),颈椎半椎体畸形(C2~C7)6 例,Chiari 畸形 3 例,脊髓空洞症 2 例,这些病例均伴有寰枢椎或枕颈不稳。全部病例均为首次手术。对于寰枢椎脱位严重、颅底凹陷及颈部肌肉紧张的斜颈严重患儿术前行颅骨牵引 2~3 周,利于术中复位固定,必要时行胸锁乳突肌切断松解术,本组有 1 例颈部肌肉挛缩明显,同期行胸锁乳突肌切断松解术。枕骨大孔减压 1 例,寰椎后弓切除减压 1 例。

二、个体化 3D 打印模型制作及模拟置钉

采用 GE 公司的 CT 扫描仪(lightspeed VCT 64),120 kV、螺距 1.375:1,转速 0.8 s,采用自动管电流调节技术(automatic tube current modulation, ATCM)设置管电流,范围 10~350 mA,对于小年龄组患儿和不能合作的患儿,镇静后进行扫描,扫描过程中不控制呼吸,扫描范围枕骨至第五胸椎。得到的图像信息使用 GE 公司的 AW4.2 工作站进行观察,观察者可自行调整窗宽窗位至认为适合的位置,并进行三维重建,采集数据。所得三维 CT 数据输入 Mimics 软件处理,Mimics(医学工程软件)是高度集成的三维图像处理软件,它能在几分钟内将 CT 或者 MRI 数据转换成三维 CAD 或快速成型所需的模型文件。

我们采用三维打印成型技术(3DP™)进行三维模型制作,三维打印成型技术(3DP)最早由美国麻

省理工学院(MIT)于 1993 年开发,这一技术奠定了原型制造过程的基础。3DP 技术通过使用液态连结体将铺有粉末的各层固化,以创建三维实体原型。从定义上讲,3DP 是一种应用范围广且处理速度快的过程,它适用于上百种不同应用领域中各种复杂的几何学结构,并支持多种材料类型。将 Mimics 软件处理的数据输入三维打印机 ZPrint™软件后即可打印三维实体原型。

22 例通过采集到的数据运用 3D 打印技术打印颈椎个体化 1:1 的 3D 打印模型,进一步评估病情及治疗方案,可在模型上模拟置钉,获得术中个体化置钉数据,选择最佳螺钉直径及长度,选择最佳进钉点及角度。模型包装后采用环氧乙烷消毒,带入手术室,以便术中实时比对观察病变区域,作为手术中操作的参考。

三、手术方法

麻醉后患儿俯卧位,行颅骨牵引,术区消毒铺巾。做枕颈部切口,切开皮肤、皮下、深筋膜,剥离显露预先需固定的颈椎后方结构,仔细比对 3D 打印模型,游离显露置钉位置,确定置钉角度,磨钻破皮质,尖锥开路后分别置入直径 3.5 mm、长 12~20 mm 椎弓根钉。透视见椎弓根钉位置、固定满意,截取合适长度棒,预弯前凸,分别置入两侧钉槽内,需枕颈固定的暴露枕部行枕颈固定。透视见寰枢椎或枕颈部复位固定满意后锁定钉棒。固定节段椎板磨钻去皮质后取髂骨植骨融合。冲洗切口,逐层缝合。

四、术后处理

术后软颈托固定,不要过紧,注意翻身,防治枕部褥疮,本组病例中有 1 例枕部出现褥疮,经严格护理换药后愈合。术后 2~3 d 复查 X 线片了解内固定情况,5~7 d 患儿无发热、血常规正常、伤口无红肿渗出,佩戴头颈胸支具出院。术后 1 个月复查 X 线片,术后 3 个月复查颈部 CT 了解植骨融合情况,术前有脊髓受压征象者复查 MRI。

五、疗效评定标准

临床功能评价采用日本骨科协会(JOA)评分评价后路内固定的疗效;对撑开复位的寰枢椎脱位患者,根据 CT 三维重建正中矢状位测量寰椎齿突间距(atlantodens interval, ADI)、MRI 正中矢状位测量延髓颈髓角(cervicomedullary angle, CMA)大小,评价复位的效果。

结 果

22 例均进行了数字化颅底及颈椎三维 CT 重建

和 3D 打印制备颅底及颈椎三维实体模型。术中所见颈椎畸形与三维实体模型的结构变化一样,均按术前手术规划完成,手术过程顺利,未出现神经、血管损伤等,术中复位和内固定满意。术后随访时间 3~23 个月,平均 13.5 个月,无内固定松动及断裂,术后寰椎齿突间隙(ADI)明显缩小,延髓颈髓角(CMA)明显增大,延髓腹侧受压明显减轻或消失,无死亡病例,1 例二次植骨融合,1 例同期行胸锁乳

突肌切断松解术,1 例行枕骨大孔减压术,1 例行寰椎后弓切除减压。术后随访复查 X 线片、CT 显示矫形效果满意,内固定位置良好。

典型病例:男,4 岁 6 个月,出生时发现头颈左侧偏斜,颈部疼痛 1 年,加重半年。颈椎 X 线片:寰枢椎不稳,CT 发现:寰枕融合,左侧寰椎后弓缺如,寰枢椎不稳,颈 2、3 融合,颈 4、5 融合,见图 1~17。

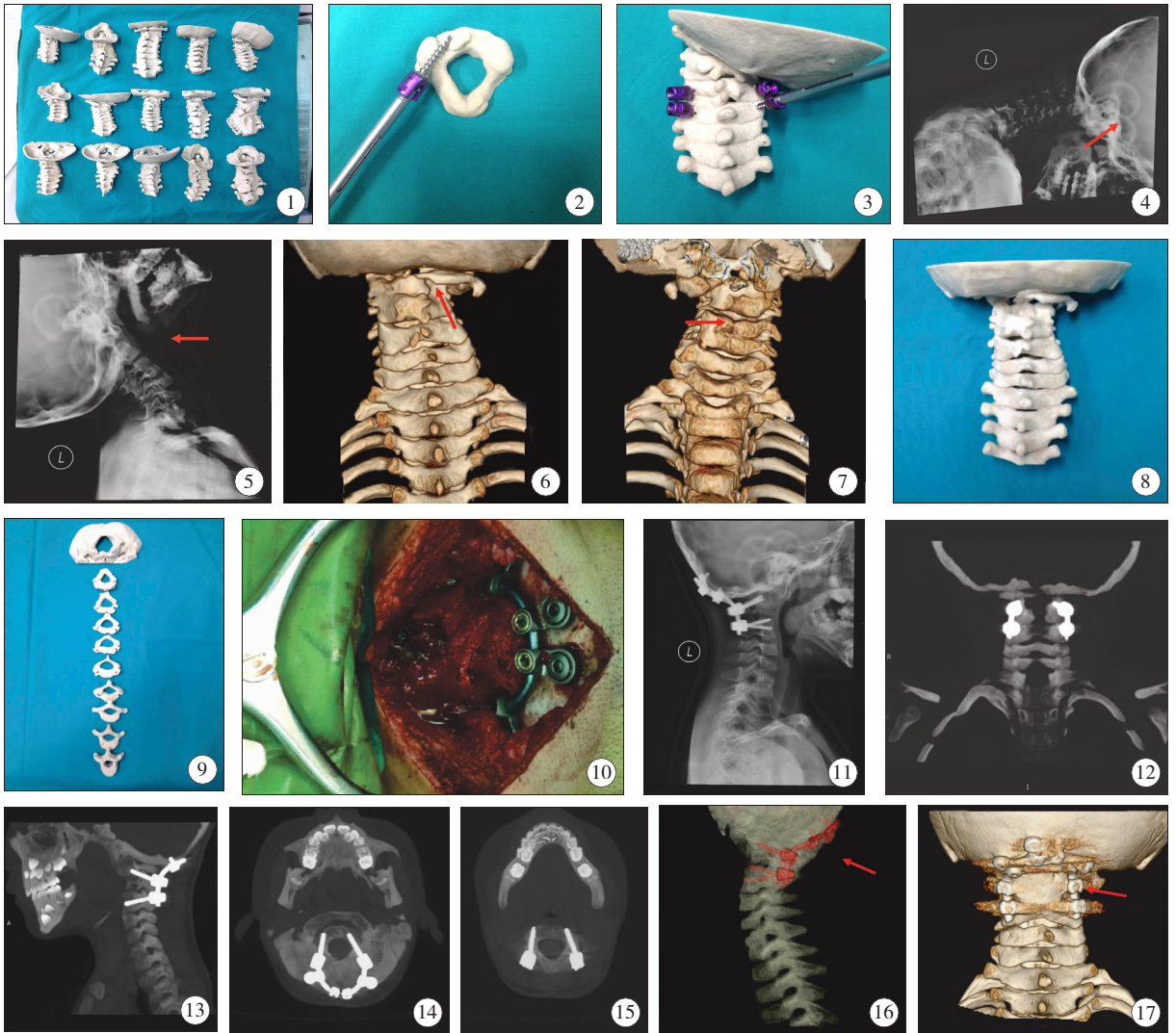


图 1 颈椎畸形 3D 打印模型; 图 2、3 术前模拟置钉; 图 4、5 术前 X 线片:寰枢椎不稳定; 图 6、7 术前三维 CT 重建:寰枕融合,左侧寰椎后弓缺如,寰枢椎不稳,颈 2、3 融合,颈 4、5 融合; 图 8、9 3D 打印模型; 图 10 术中枕颈固定植骨融合; 图 11 术后 X 线片:寰枢椎复位,枕颈固定良好; 图 12、13 术后 CT:螺钉植入位置满意; 图 14、15 CT 示:螺钉植入 C2、4 椎弓根位置满意; 图 16、17 术后 CT 三维重建,枕颈固定良好,植骨融合满意。

讨论

一、3D 打印技术辅助儿童颈椎畸形治疗优势

3D 打印技术的发展为儿童颈椎畸形治疗提供了一种更为有效的辅助方法,3D 打印模型为术者提

供一个可供触摸和不同角度观察的 1:1 三维实体模型,帮助判断病变范围,确定最佳手术方案。由于颈椎畸形的结构与正常发育的颈椎结构存在较大差异,对置钉方法及角度、内固定的尺寸及塑形也有特殊要求。特别是儿童颈椎结构精细,加之畸形复杂多变,对首次置钉成功率有更高的要求。有了三维

立体模型,术者可以在模型上寻找最佳的置钉角度和方向,选择直径及长度比较合适的内固定螺钉,在手术时借助 3D 打印模型的辅助,可以提高置钉的成功率和安全性。手术过程中,由于显露的视野有限,借助 3D 打印模型,可以通过有限的结构显露,判断整体的立体结构,从而保证精确置钉。3D 打印模型有利于医患之间的有效沟通,也可利用计算机进行手术模拟,给患者讲解手术方法及可能的术后效果,增强患者手术信心。另外,随着 3D 打印设备的升级换代,目前的设备不仅可以实现高精度打印,还可以与 CTA 技术结合,将椎动脉也打印出来,为复杂解剖变异的颅颈交界区畸形患者的手术提供更加有力的辅助手段^[2]。

二、不足与意义

3D 打印模型也存在着不足之处,如通过计算机导出的数据输入 3D 打印机打印出来的模型,由于 3D 打印精度问题,模型可能变形。为了提高模型的精度,CT 扫描的厚度尽量控制在 1 mm 左右,3D 打印机的打印精度最好控制在 0.5 mm 以下。这样获得的 3D 打印模型才具有较高的平滑性和精确度,以便和术中解剖部位获得精准比对^[3]。

儿童脊柱畸形的治疗是矫形骨科中的难点,而颈椎畸形的治疗更是难上加难。儿童颈椎畸形常伴有寰枢椎不稳定或枕颈不稳定,需要复位内固定治疗。颈椎后路螺钉固定是可靠的方法,并能承受较强的复位应力,应用日趋广泛。上颈椎的发育和解剖部位具有独特性,C1 由前后弓和两侧块及横突构成,侧块的上下关节面分别与枕骨髁和 C2 上关节面构成关节,而 C2 的齿状突又与 C1 前弓构成寰齿关节,各骨之间通过多个韧带连接形成一个复杂的三维复合结构,且枕寰枢椎毗邻多种重要血管、神经,视为内固定手术高危险区域。特别是儿童颈椎解剖结构精细,加之畸形复杂多变,后路置钉困难,难有二次置钉机会。当儿童颈椎畸形伴寰枢椎脱位或枕颈不稳时,常规 X 线平片和 CT、MRI 断层扫描等二维图像难以全面清楚地观察病变具体情况,术中借助 C 型臂 X 线透视对上颈椎空间结构的定位作用有限,无论采用前路、后路或前后联合入路手术治疗都将遇到许多困难,手术风险大。因此,术前准备需掌握颈椎畸形、寰枢椎脱位或枕颈不稳的情况,明确颈椎畸形与周围神经血管的关系,提前做好手术规划和准备。利用数字化和快速成型技术治疗上

颈椎疾患,国内外一些学者进行了相关性研究^[4-5]。Lu S 等报道了上颈椎后路手术,利用导向模板可缩短手术时间,置钉准确,减少射线对医生和患者的辐射量^[6]。Kawaguchi Y 等在上颈椎融合术方面,进行了椎弓根螺钉的设计和应用,减少了螺钉置入术后并发症的发生率^[7]。Fu M 等在 24 例尸体上进行了椎弓根导板设计和三维打印,其效果良好^[8]。

总之,对儿童颈椎畸形伴有寰枢椎脱位或枕颈不稳定的治疗应强调个性化原则。个体化 3D 打印模型辅助后路螺钉内固定可提高置钉成功率,有效保护椎动脉及神经根,提高安全性,缩短手术时间,减少出血,降低手术并发症的发生率,特别是对儿童颈椎畸形的治疗有很大帮助。

参考文献

- 1 余新光,尹一恒. 复杂颅颈交界区畸形个体化治疗值得考虑的问题[J]. 中国现代神经疾病杂志,2012,12:379-381.
- 2 王建华,尹庆水. 合并复杂颅颈交界畸形的寰枢椎脱位应个性化治疗[J]. 中国脊柱脊髓杂志,2012,22(2):97-99.
- 3 昌宏,张宗明,贺立新,等. 快速成型技术在颈椎畸形的临床应用[J]. 中国数字医学,2012,7(6):33-35.
- 4 Ryken TC, Kim J, Owen BD, et al. Engineering patient-specific drill templates and bioabsorbable posterior cervical plates: a feasibility study[J]. J Neurosurg Spine, 2009 10(2):129-132.
- 5 Owen BD, Christensen GE, Reinhardt JM, et al. Rapid prototype patient-specific drill template for cervical pedicle screw placement[J]. Comput Aided Surg, 2007, 12(5):303-308.
- 6 Lu S, Xu YQ, Chen GP, et al. Efficacy and accuracy of a novel rapid prototyping drill template for cervical pedicle screw placement[J]. Comput Aided Surg, 2011, 16(5):240-248.
- 7 Kawaguchi Y, Nakano M, Yasuda T, et al. Development of a new technique for pedicle screw and Magerl screw insertion using a 3-dimensional image guide[J]. Spine, 2012, 37(23):1983-1988.
- 8 Fu M, Lin L, Kong X, et al. Construction and accuracy assessment of patient-specific biocompatible drill template for cervical anterior transpedicular screw (ATPS) insertion: an in vitro study[J]. PLoS One, 2013, 8(1):e53580.

(收稿日期: 2015-10-29)