

## 3D打印技术在重度脊柱侧弯截骨联合钉棒内固定矫正治疗中的辅助作用

谭波,袁野,谢一方,王海涛,周炳炎,胡凯

中南大学湘雅医学院附属株洲医院/株洲市中心医院脊柱微创外科,湖南 株洲 412000

**【摘要】目的:**探讨及分析3D打印技术在重度脊柱侧弯截骨联合钉棒内固定矫正治疗中的辅助作用。**方法:**选取2017年9月至2019年9月间收治的重度脊柱侧弯患者42例,所有患者均采用截骨联合钉棒内固定矫正治疗,根据是否采用3D打印技术辅助治疗,将用3D打印技术辅助治疗的21例患者设为观察组,未采用的21例患者为对照组。对两组患者围术期指标、置钉数量、置钉准确率及治疗效果等指标进行统计,并分析治疗后并发症发生率。**结果:**①观察组手术时间( $115.32\pm15.28$ ) min、术中出血量( $197.52\pm23.87$ ) mL、术中X光暴露次数( $5.24\pm1.62$ )次、术后引流量( $189.56\pm19.97$ ) mL等围术期指标优于对照组( $P<0.05$ )。②观察组患者置钉106枚,置钉准确数101枚,置钉准确率为95.28%;对照组患者置钉113枚,置钉准确数92枚,置钉准确率为81.42%,两组患者置钉准确率有显著差异( $P<0.05$ )。③治疗后,两组患者的脊柱侧弯和后凸Cobb角数据均较治疗前有明显改善( $P<0.05$ ),且观察组患者在术后和复查中的角度数据优于对照组,两组之间差异显著( $P<0.05$ )。④观察组患者发生1例伤口出血,发生率为4.76%;对照组发生内固定松动1例、神经损伤2例、伤口出血2例、曲轴1例,发生率为28.57%;观察组发生率低于对照组( $P<0.05$ )。**结论:**对于重度脊柱侧弯患者,在采用截骨联合钉棒内固定矫正治疗基础上,利用3D打印技术进行辅助治疗,能够有效改善患者围术期相关指标,提高置钉准确率,稳固治疗效果,减少并发症发生情况。

**【关键词】**重度脊柱侧弯;3D打印技术;截骨;钉棒;矫形

**【中图分类号】**R318;R681.5

**【文献标志码】**A

**【文章编号】**1005-202X(2020)10-1267-05

## Using 3D printing technology to assist the treatment of severe scoliosis by osteotomy combined with internal fixation

TAN Bo, YUAN Ye, XIE Yifang, WANG Haitao, ZHOU Bingyan, HU Kai

Department of Minimally Invasive Spine Surgery, the Affiliated Zhuzhou Hospital of Xiangya Medical College of Central South University/Zhuzhou Central Hospital, Zhuzhou 412000, China

**Abstract: Objective** To explore and analyze the role of 3D printing technology in the treatment of severe scoliosis by osteotomy combined with internal fixation. **Methods** A total of 42 patients with severe scoliosis who were admitted between September 2017 and September 2019 were enrolled in the study. All patients were treated with osteotomy combined with internal fixation. According to whether 3D printing technology was used to assist treatment, 21 patients receiving auxiliary treatment by 3D printing technology were divided into observation group, and the other patients were taken as control group. The perioperative indicators, number of placed nails, accuracy of nail placement and treatment effect of two groups were recorded, and the incidence of complications after treatment was also analyzed. **Results** ① The perioperative indicators such as operation time, intraoperative blood loss, number of intraoperative X-ray exposure times and postoperative drainage in observation group were ( $115.32\pm15.28$ ) min, ( $197.52\pm23.87$ ) mL,  $5.24\pm1.62$  and ( $189.56\pm19.97$ ) mL, respectively, better than those in control group ( $P<0.05$ ). ② A total of 106 nails were placed in observation group, and 101 nails were accurately placed, with a nail placement accuracy of 95.28%. Only 92 out of 113 nails placed in control group were placed accurately, and the nail placement accuracy was 81.42%. There was significant difference in nail placement accuracy between two groups ( $P<0.05$ ). ③ After treatment, the scoliosis and kyphosis Cobb angle of two groups were

**【收稿日期】**2020-03-15

**【基金项目】**湖南省自然科学基金(2019JJ60086)

**【作者简介】**谭波,住院医师,研究方向:脊柱微创外科,E-mail: 506387181@qq.com

**【通信作者】**胡凯,主任医师,E-mail: 1365457778@qq.com

significantly improved ( $P<0.05$ ), and the angles in observation group after surgery and in reexamination were better than those in control group, with statistical differences ( $P<0.05$ ). ④ One case of wound bleeding occurred in observation group, and the complication rate was 4.76%. In control group, there were 1 case of internal fixation loosening, 2 cases of nerve injury, 2 cases of wound bleeding, and 1 case of crankshaft, with a complication rate of 28.57%. The observation group had a low incidence of complications than control group ( $P<0.05$ ). **Conclusion** Using 3D printing therapy to assist the treatment of severe scoliosis by osteotomy combined with internal fixation can effectively improve perioperative indicators, increase the accuracy of nail placement, stable the treatment effect, and reduce the incidence of complications.

**Keywords:** severe scoliosis; 3D printing technology; osteotomy; nail rod; orthopedic treatment

## 前言

脊柱侧弯是指脊柱位置偏离正常,使得脊柱的形态、外形发生改变的疾病,常见于青少年发育时期,可导致脊柱的前后柱结构僵硬,稳定性失调,进而使得患者心肺发育异常,呼吸产生障碍,严重影响患者生存和生活质量,对其产生极大的负面影响<sup>[1]</sup>。针对脊柱侧弯的治疗,临床证实采用手术方式效果良好,然而由于脊柱侧弯的发病原因复杂,侧弯的情况多变,几乎每例患者侧弯类别和状况均不相同,这就需要对于每一例脊柱侧弯患者的实际情况进行具体分析,形成精确的手术方案,才能达到较好的治疗效果<sup>[2]</sup>。以往制定脊柱手术的方案,主要参考依据X片和CT扫描等二维图像,这种方式存在直观性不够、反映信息不全等缺陷,因此还需要医生根据临床经验,通过手触甚至手术方式确定病情,这极大影响手术方案的精确性<sup>[3]</sup>。3D打印是一种可以将三维数字模型通过金属粉末或塑料等可黏性材料打印为实物模型的快速成型技术,目前该技术广泛应用于脊柱外科、头颈外科、整形外科等领域<sup>[4-5]</sup>。该技术提取患者脊柱的CT和MRI等二维数据资料,建立脊柱的三维模型,打印出患者脊柱实体模型,从而给医护人员提供清晰直观的结构,帮助其全面了解脊柱侧弯类型,为制订合理的手术方案做准备。同时也可通过结构模型,对手术方式进行直观探讨,使手术更加精确,缩短手术时间,提高成功率,达到预期治疗效果<sup>[6-7]</sup>。此外,临床上有截骨、植骨融合、矫形等手术方式,但存在创伤大、费用高等问题。有研究证实采用截骨联合钉棒内固定矫正治疗方式,能够有效避免上述问题,达到较好的治疗效果<sup>[8]</sup>。本研究旨在探讨3D打印技术在重度脊柱侧弯截骨联合钉棒内固定矫正治疗中的辅助作用。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

选取2017年9月至2019年9月间株洲中心医院收治的重度脊柱侧弯患者42例,其中男22例,女20

例,年龄10~17岁,平均年龄( $13.2\pm 4.6$ )岁。所有患者均采用截骨联合钉棒内固定矫正治疗,根据是否采用3D打印技术辅助治疗,将利用3D打印技术辅助治疗的21例患者设为观察组,其中男12例,女9例,平均年龄( $13.3\pm 4.5$ )岁;未采用的21例患者为对照组,其中男10例,女11例,平均年龄( $13.1\pm 4.3$ )岁。两组患者在性别、年龄等一般资料方面差异无统计学意义( $P>0.05$ )。患者纳入标准:①术前经X线和CT检查,确诊为脊柱侧弯;②患者意识清楚,一般情况良好,能耐受手术;③患者侧弯Cobb角 $>50^\circ$ ,后凸Cobb角 $>40^\circ$ ;④患者未患有肝肾等其他重要器官功能障碍。整个研究在患者及其监护人的知情同意下完成,并经医院伦理委员会批准。

### 1.2 方法

观察组:(1)3D打印模型并手术模拟。利用CT扫描患者脊柱侧弯获取数据,利用MakerBot Desktop软件建立患者三维模型,利用3D打印机将模型打印出来<sup>[9]</sup>。主治医生根据实际模型进行评估,并依据模型,对手术进行直观探讨分析及模拟,并分析修订模拟过程中存在的问题,制定具体手术方案。(2)截骨联合钉棒内固定矫治。患者取俯卧位,进行常规消毒,气管插管全麻,逐层切开。在截骨椎体上下起码2个椎板范围内行椎板减压术,截骨术前在手术侧的对侧需要做临时短节段连接棒固定;半椎体楔形截骨手术由凸侧椎体向凹侧椎体进行,对凸侧椎体行骨膜剥离术。按照手术方案计划的椎弓根螺钉和水平面、矢状面夹角,将螺钉钉棒依次置入,应用X线机确定螺钉位置。置钉后拧紧螺帽,安装横连杆,对畸形严重患者必要时可进行骨质的修复和植骨融合,最后放置引流,闭合切口<sup>[10-11]</sup>。

对照组:(1)X线及CT扫描制定方案。对患者进行X线和CT扫描,获取其X片及扫描图像,然后根据图像资料结合医护人员临床经验,制定手术方案,确定置钉方向和角度等。(2)截骨联合钉棒内固定矫治。治疗方式同观察组。

两组患者除制定方案时采用方式不同外,其他

给予条件均保持一致。患者出院后3个月,对患者进行复查,评定治疗效果。

1.3 疗效评定标准

(1)患者手术时间、术中出血量、术中X光暴露次数、术后引流量等围术期相关指标;(2)患者置钉数量和准确率情况;(3)患者治疗后效果评分;(4)患者并发症发生情况。

1.4 统计学处理

采用SPSS 20.0软件进行统计学处理,置钉数量

和准确率及并发症发生情况等资料采用 $\chi^2$ 检验,围术期相关指标和治疗后效果评分等资料采用 $t$ 检验。 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者围术期相关指标比较

观察组患者手术时间、术中出血量、术中X光暴露次数、术后引流量等围术期指标优于对照组患者,差异具有统计学意义( $P<0.05$ ,表1)。

表1 两组患者围术期相关指标比较( $\bar{x} \pm s$ )

Tab.1 Comparison of perioperative indicators between two groups (Mean±SD)

组别	n	手术时间/min	术中出血量/mL	X线暴露次数/次	术后引流量/mL
观察组	21	115.32±15.28	197.52±23.87	5.24±1.62	189.56±19.97
对照组	21	152.36±25.12	243.69±31.25	9.13±4.73	231.27±26.35
t值		5.773 0	5.380 4	3.565 4	5.781 2
P值		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

2.2 两组患者置钉数量和准确率比较

观察组患者置钉106枚,置钉准确数101枚,置钉准确率为95.28%;对照组患者置钉113枚,置钉准确数为92枚,置钉准确率为81.42%;两组患者置钉准确率有显著差异( $\chi^2=10.052$ , $P=0.015$ )。

2.3 两组患者治疗后效果评分比较

治疗后,两组患者的脊柱侧弯和后凸Cobb角数据均较治疗前有明显改善( $P<0.05$ ),且观察组患者在术后和复查中的角度数据要优于对照组( $P<0.05$ ),见表2。

表2 两组患者治疗后效果评分比较( $\bar{x} \pm s, ^\circ$ )

Tab.2 Comparison of treatment effects between two groups (Mean±SD, °)

组别	时间段	脊柱侧弯Cobb角	脊柱后凸Cobb角
观察组	术前	60.52±12.14	61.23±11.36
	术后	20.16±4.06*#	24.53±5.12*#
	复查	21.26±4.67*#	25.86±5.63*#
对照组	术前	60.54±11.98	61.52±11.43
	术后	25.64±6.32*	28.98±6.32*
	复查	26.12±6.43*	30.24±6.71*

\*表示与术前比较, $P<0.05$ ;#表示与对照组比较, $P<0.05$

2.4 两组患者术后并发症发生情况比较

观察组患者发生1例伤口出血,并发症发生率为4.76%;对照组发生内固定松动1例、神经损伤2例、伤

口出血2例、曲轴1例,并发症发生率为28.57%;对照组并发症发生率显著高于观察组( $\chi^2=4.286$ , $P=0.038$ )。

2.5 典型病例分析

患者,男性,14岁,术前X线检测,脊柱(T<sub>9</sub>-L<sub>5</sub>)后凸畸形,侧弯角度60°,后凸60°,如图1所示。利用3D打印技术,制作脊柱及导板模型,如图2所示。根据模型制定手术方案,确定进钉路径和角度,术中X线图像显示,置钉整齐排列,效果良好,如图3所示。术后X线结果显示,脊柱侧弯角度从60°减小到10°,后凸完全矫正,如图4所示。



图1 术前X线检测图像

Fig.1 X-ray image before operation

3 讨论

脊柱是人体骨骼重要组成部分,其内的脊髓更是人体神经传输的中枢,因此脊柱能否正常发育对





图2 3D打印模型实物图  
Fig.2 Picture of 3D printing model



a:侧位 b:正位

图3 术中X线显示置钉排列图像  
Fig.3 Nail arrangement showed in intraoperative X-ray image



a:正位 b:侧位

图4 患者治疗后X线显示治疗效果  
Fig.4 Treatment effect showed in X-ray image

于人体的生存健康和生活方式具有至关重要的作用。脊柱畸形常见的形式为脊柱侧弯,即脊柱侧弯和后凸 Cobb角数据异常<sup>[12]</sup>。有研究认为当Cobb角小于 $50^{\circ}$ 时,可采用形体锻炼、穿戴矫形器具、物理牵引等方式予以保守治疗;当大于 $50^{\circ}$ 时,通常采取手术方式进行矫正,然而传统手术方式具有创伤大、手术时间长、并发症发生率高、易对人体组织产

生严重损伤,不利于患者以后的生活和生存质量<sup>[13]</sup>。目前临床上通过截骨联合钉棒内固定矫正治疗方式,能够有效减少传统手术形式的缺陷,达到较好的预后效果<sup>[14]</sup>。

以往医生通过X线、CT扫描等方式获取患者脊柱畸形情况,由于是二维图像,医生难以获得立体的观感和实际触摸感,这给制定手术方案及置钉路径、角度确定带来风险。随着3D打印技术在医疗领域上的广泛应用,它能够将扫描的数据通过建模方式形成三维结构,然后打印成比例为1:1的实物模型。通过实物模型,医生能够全方位观察侧弯部位,特别是椎管和椎弓根畸形状况,然后可根据模型,确定钉道角度和方位,设计截骨区域,并进行模拟操作,取得矫正效果,为实际手术提供借鉴,缩短手术时间,提高手术效率和精确性<sup>[15-17]</sup>。

本研究中观察组患者在围术期指标、置钉准确率、治疗效果和并发症发生率等观察指标效果均优于对照组,表明采用3D打印技术进行截骨联合钉棒内固定矫正的辅助治疗能够取得良好成效。通过总结分析,笔者认为有以下因素:(1)3D打印技术制作脊柱侧弯实体模型,可以让医生对脊柱畸形做出最真实准确的评估;(2)实体模型便于医护团队进行分析讨论,减少团队分歧,制定精确的手术方案;(3)医护人员通过实体模型,能够进行模拟手术,对模型进行精确测量,选择手术中进钉点、螺钉直径和长度,发现手术设计未考虑周全之处,进而及时调整手术方案,提高手术设计的精确度;(4)医护人员可利用实体模型向患者解释、交流病情,宽慰患者紧张情绪,改善其心理状态,使其积极面对病情,配合进行治疗。

综上所述,对于重度脊柱侧弯患者,在采用截骨联合钉棒内固定矫正治疗的基础上,利用3D打印技术进行辅助治疗,能够有效改善患者围术期相关指标,提高置钉准确率,稳固治疗效果,减少并发症发生情况,值得进一步研究应用。

## 【参考文献】

- [1] 许建中. 特发性脊柱侧弯诊治的历史与未来[J]. 第三军医大学学报, 2019, 41(19): 1855-1858.  
XU J Z. The history and future of diagnosis and treatment of idiopathic scoliosis[J]. Journal of Third Military Medical University, 2019, 41(19): 1855-1858.
- [2] 李群峰. 后路楔形截骨选择性钉棒矫形内固定治疗青少年先天性脊柱侧弯的疗效观察[J]. 中国实用神经疾病杂志, 2014, 17(14): 65-66.  
LI Q F. Efficacy of posterior wedge osteotomy with selective screw rod orthopedic internal fixation in the treatment of congenital scoliosis

- in adolescents[J]. Chinese Journal of Practical Nervous Diseases, 2014, 17(14): 65-66.
- [3] SPENCER H T, GOLD M E, KARLIN L I, et al. Gain in spinal height from surgical correction of idiopathic scoliosis[J]. J Bone Joint Surg (Am), 2014, 96(1): 59.
- [4] 苏炜炜, 谢普生, 谭晋川, 等. 3D打印技术在骨科的应用研究[J]. 中国医学物理学杂志, 2019, 36(2): 245-248.
- SU W W, XIE P S, TAN J C, et al. Application of 3D printing technology in orthopedics[J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2019, 36(2): 245-248.
- [5] MICHALSKI M H, ROSS J S. The shape of things to come: 3D printing in medicine[J]. JAMA, 2014, 312(21): 2213-2214.
- [6] FAUR C, CRAINIC N, STICLARU C, et al. Rapid prototyping technique in the preoperative planning for total hip arthroplasty with custom femoral components[J]. Wien Klin Wochenschr, 2013, 125(5-6): 144-149.
- [7] 邓亚军, 解琪琪, 李文洲, 等. 3D打印技术在脊柱外科的应用进展[J]. 中国医学物理学杂志, 2019, 36(3): 360-363.
- DENG Y J, XIE Q Q, LI W Z, et al. Application progress of 3D printing technology in spinal surgery[J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2019, 36(3): 360-363.
- [8] 程昌志, 李贵谦, 何少康, 等. 后路楔形截骨选择性钉棒矫形内固定治疗青少年先天性脊柱侧弯[J]. 实用医学杂志, 2013, 29(22): 3730-3733.
- CHENG C Z, LI G Q, HE S K, et al. Posterior wedge osteotomy with selective nail-rod orthopedic internal fixation for the treatment of congenital scoliosis in adolescents[J]. The Journal of Practical Medicine, 2013, 29(22): 3730-3733.
- [9] 张爱平, 刘羲, 刘志峰, 等. 基于3D打印的定制脊柱侧弯矫形器设计制造与舒适度评价[J]. 北京工业大学学报, 2017, 43(4): 518-525.
- ZHANG A P, LIU X, LIU Z F, et al. Design, manufacture and comfort evaluation of customized scoliosis orthosis based on 3D printing[J]. Journal of Beijing University of Technology, 2017, 43(4): 518-525.
- [10] 韩耀光, 潘富文, 邓睿, 等. 截骨联合钉棒内固定矫治脊柱侧弯的疗效研究[J]. 中国矫形外科杂志, 2019, 27(13): 1159-1162.
- HAN Y G, PAN F W, DENG R, et al. Efficacy of osteotomy combined with screw rod internal fixation in the treatment of scoliosis[J]. Chinese Journal of Orthopaedics, 2019, 27(13): 1159-1162.
- [11] 周驰雨, 张莹, 初同伟. 计算机辅助术前矫正模型设计结合3D打印技术在脊柱畸形治疗中的应用[J]. 中国医学物理学杂志, 2019, 36(2): 185-189.
- ZHOU C Y, ZHANG Y, CHU T W. Application of computer-aided preoperative correction model design combined with 3D printing technology in the treatment of spinal deformities[J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2019, 36(2): 185-189.
- [12] WEINSTEIN S L, DOLAN L A, WRIGHT J G, et al. Effects of bracing in adolescents with idiopathic scoliosis[J]. New Engl J Med, 2013, 369(16): 1512-1521.
- [13] 张颖, 王迎松, 解京明, 等. 重度脊柱侧弯三维有限元模型模拟脊柱后路矫形术生物力学特点[J]. 昆明医科大学学报, 2019, 40(4): 31-36.
- ZHANG Y, WANG Y S, XIE J M, et al. Three-dimensional finite element model of severe scoliosis to simulate the biomechanical characteristics of posterior spinal orthopedics[J]. Journal of Kunming Medical University, 2019, 40(4): 31-36.
- [14] 张佳明. 前中柱垫高联合后路截骨钉棒固定术治疗脊柱结核临床观察[J]. 中国冶金工业医学杂志, 2019, 36(6): 640-641.
- ZHANG J M. Clinical observation on the treatment of spinal tuberculosis with anterior and middle column elevation combined with posterior osteotomy and nail rod fixation[J]. Chinese Medical Journal of Metallurgical Industry, 2019, 36(6): 640-641.
- [15] 唐永超, 梁德, 江晓兵, 等. 后路截骨联合钉道强化术治疗陈旧性骨质疏松性胸腰椎骨折并后凸畸形[J]. 脊柱外科杂志, 2013, 11(5): 269-273.
- TANG Y C, LIANG D, JIANG X B, et al. Treatment of old osteoporotic thoracolumbar fractures with kyphotic deformity by posterior osteotomy combined with nail channel reinforcement[J]. Journal of Spine Surgery, 2013, 11(5): 269-273.
- [16] KARLIN L I, WEINSTOCK P, HEDEQUIST D, et al. The surgical treatment of spinal deformity in children with myelomeningocele: the role of personalized three-dimensional printed models[J]. J Pediatr Orthop B, 2017, 26(4): 375-382.
- [17] 高未印, 田小荣, 王芳. 3D打印技术用于脊柱侧弯矫形术中的手术配合体会[J]. 实用骨科杂志, 2018, 24(2): 191-192.
- GAO W Y, TIAN X R, WANG F. The experience of 3D printing technology in scoliosis correction surgery[J]. Journal of Practical Orthopedics, 2018, 24(2): 191-192.

(编辑:黄开颜)