

## 3D 打印模型在颈椎肿瘤手术切除与重建中的应用

<https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-4344.3759>张同同<sup>1</sup>, 王中华<sup>1</sup>, 文杰<sup>1</sup>, 宋玉鑫<sup>2</sup>, 刘林<sup>1,2</sup>

2095-4344.3759

投稿日期: 2020-02-10

送审日期: 2020-02-14

采用日期: 2020-05-22

在线日期: 2020-09-25

中图分类号:

R459.9; R318; R738.1

文章编号:

2095-4344(2021)09-01335-05

文献标识码: A

## 文章快速阅读:

## 文章特点一

△相关文献报道, 3D 打印模型用于复杂的脊柱肿瘤手术可提高肿瘤切除的安全性, 重建脊柱稳定性;

△探讨 3D 打印模型在颈椎肿瘤手术切除与重建中的应用。

术前对 11 例患者行 CT 三维扫描



运用 3D 打印技术打印 1 : 1 模型



3D 打印模上拟手术, 记录相关数据



运用模型制定切除与重建计划



依据术前设计的方案进行手术

## 文题释义:

**3D打印模型:** 对目标区域进行螺旋CT扫描, 将CT得到的图像信息保存为DICOM格式, 接着将数据导入Mimics三维建模软件, 重建出三维模型。最后将重建的结果以STL格式导入3D打印机, 按照三维模型逐层叠加打印出1:1解剖模型。在3D打印模型辅助下, 临床医师能够获得直观的、立体的三维解剖学信息, 并且能够依据术前设计的手术入路、置钉的角度及深度, 选择合适螺钉, 能够提高置钉成功率, 降低手术风险。

## 摘要

**背景:** 颈椎解剖结构复杂, 肿瘤周围毗邻重要的血管、神经、食管及气管等重要结构, 手术难度大。

**目的:** 探讨3D打印模型在颈椎肿瘤手术切除与重建中的应用。

**方法:** 选择2016年9月至2018年12月甘肃省人民医院收治的颈椎肿瘤患者11例, 其中男7例, 女4例, 年龄35-68岁, 术前均行颈椎CT扫描, 将CT得到的图像信息保存为DICOM格式, 接着将数据导入Mimics三维建模软件, 重建出三维模型。最后将重建的结果以STL格式导入3D打印机, 按照三维模型逐层叠加打印出1:1解剖模型。参照3D打印模型, 制定颈椎肿瘤手术切除与钢板内固定融合重建计划。术后随访6-12个月, 对比手术前后的目测类比评分与Oswestry功能障碍指数。试验获得甘肃省人民医院伦理委员会批准。

**结果与结论:** ①11例均手术成功, 无脊髓、神经根、椎动脉损伤等严重并发症的发生; 术后复查X射线片, 显示病变部位完整切除, 植入物位置良好, 无松动; ②11例患者术后1周、1个月及3个月的目测类比评分与Oswestry功能障碍指数均较术前明显改善( $P < 0.05$ ); ③结果表明, 应用3D打印模型能术前制定完整的切除重建计划, 包括具体的切除范围、固定节段、螺钉、钢板的大小, 熟悉病灶与周围组织的解剖关系, 术中避免重要神经、血管的损伤, 可降低手术风险低, 提高临床疗效。

**关键词:** 骨; 内固定; 3D打印; 颈椎肿瘤; 重建; 颈椎; 肿瘤; 组织工程

## Application of three-dimensional printing model in surgical resection and reconstruction of cervical tumor

Zhang Tongtong<sup>1</sup>, Wang Zhonghua<sup>1</sup>, Wen Jie<sup>1</sup>, Song Yuxin<sup>2</sup>, Liu Lin<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Clinical Medical College of Gansu University of Chinese Medicine, Lanzhou 730000, Gansu Province, China; <sup>2</sup>Second Department of Orthopedics, Gansu Provincial Hospital, Lanzhou 730000, Gansu Province, China

Zhang Tongtong, Master candidate, Clinical Medical College of Gansu University of Chinese Medicine, Lanzhou 730000, Gansu Province, China

**Corresponding author:** Liu Lin, Chief physician, Master's supervisor, Clinical Medical College of Gansu University of Chinese Medicine, Lanzhou 730000, Gansu Province, China; Second Department of Orthopedics, Gansu Provincial Hospital, Lanzhou 730000, Gansu Province, China

## Abstract

**BACKGROUND:** The anatomical structure of cervical spine is complex, and the important structures of blood vessels, nerves, esophagus and trachea are adjacent to the tumor. The operation is difficult.

<sup>1</sup>甘肃中医药大学临床医学院, 甘肃省兰州市 730000; <sup>2</sup>甘肃省人民医院骨二科, 甘肃省兰州市 730000

第一作者: 张同同, 男, 1994年生, 甘肃省陇南市人, 甘肃中医药大学在读硕士, 主要从事脊柱外科方面的研究。

通讯作者: 刘林, 主任医师, 硕士生导师, 甘肃中医药大学临床医学院, 甘肃省兰州市 730000; 甘肃省人民医院骨二科, 甘肃省兰州市 730000

<https://orcid.org/0000-0002-3827-0634> (张同同)

基金资助: 甘肃省人民医院内多学科联合科研项目(18GSSY3-9), 项目参与者: 王中华、文杰、刘林

引用本文: 张同同, 王中华, 文杰, 宋玉鑫, 刘林. 3D打印模型在颈椎肿瘤手术切除与重建中的应用[J]. 中国组织工程研究, 2021, 25(9):1335-1339.



**OBJECTIVE:** To explore the application of three-dimensional (3D) printing model in surgical resection and reconstruction of cervical tumor.

**METHODS:** Eleven patients with cervical tumors, who were treated in the Gansu Provincial Hospital from September 2016 to December 2018, were selected, including 7 males and 4 females, at the age of 35–68 years. Eleven patients were scanned by cervical CT before operation. The image information obtained by CT was saved in DICOM format, and then the data were imported into Mimics 3D modeling software to reconstruct the 3D model. Finally, the reconstruction results were imported into the 3D printer in STL format, and the 1 : 1 anatomical model was printed layer by layer according to the 3D model. According to the 3D printed model, the surgical resection and reconstruction plan of cervical tumor was made. After 6–12 months of follow-up, the visual analogue scale score and Oswestry dysfunction index were compared before and after surgery. This study was approved by the Ethics Committee of Gansu Provincial Hospital.

**RESULTS AND CONCLUSION:** (1) Eleven cases were operated successfully, and no serious complications such as spinal cord, nerve root and vertebral artery injury occurred; postoperative X-ray reexamination showed that the lesion site was completely removed, and the implant was in a good position without loosening. (2) The visual analogue scale score and Oswestry dysfunction index of eleven patients were significantly improved in 1 week, 1 and 3 months after operation ( $P < 0.05$ ). (3) The results showed that 3D printing model could make a complete resection and reconstruction plan before operation, including the specific resection scope, fixed segment, screw and steel plate size, familiar with the anatomical relationship between the focus and the surrounding tissue, avoid the injury of important nerves and blood vessels during operation, reduce the risk of operation and improve the clinical effect.

**Key words:** bone; internal fixation; 3D printing technique; cervical tumor; reconstruction; cervical spine; tumor; tissue engineering

**Funding:** the Joint Multi-Disciplinary Scientific Research Project of Gansu Provincial Hospital, No. 18GSSY3-9 (to WZH, WJ, LL)

**How to cite this article:** ZHANG TT, WANG ZH, WEN J, SONG YX, LIU L. Application of three-dimensional printing model in surgical resection and reconstruction of cervical tumor. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2021;25(9):1335-1339.

## 0 引言 Introduction

骨骼已经成为仅次于除肝、肺外的第3大常见的肿瘤转移部位，肿瘤骨转移中脊柱转移最常见，其中约有10%发生在颈椎<sup>[1]</sup>。颈椎原发肿瘤少见，常见的有骨巨细胞瘤、神经鞘瘤及血管瘤等<sup>[2]</sup>。颈椎解剖结构复杂，肿瘤周围毗邻重要的血管、神经、食管及气管等重要结构，手术难度大，被认为是脊柱外科治疗的难点所在。近年来3D打印技术被广泛用于脊柱外科，打印出1 : 1解剖模型，能够清楚地显示病变部位与周围正常组织的解剖关系，进而协助制定最佳的切除与重建手术方案<sup>[3]</sup>。已有文献报道，将3D打印模型应用于复杂的脊柱肿瘤手术，提高了肿瘤切除的安全性，重建了脊柱的稳定性<sup>[4]</sup>。作者回顾性分析了2016年9月至2018年12月甘肃省人民医院11例应用3D打印模型的颈椎肿瘤患者的临床资料，术后获得了较为满意的效果。

## 1 对象和方法 Subjects and methods

1.1 设计 回顾性病例分析。

1.2 时间及地点 试验于2016年9月至2018年12月在甘肃省人民医院脊柱外科完成。

1.3 对象 纳入11例颈椎肿瘤患者，其中男7例，女4例；年龄35–68岁，平均(51±3.84)岁；骨转移瘤7例(甲状腺癌3例、膀胱癌2例、乳腺癌1例、直肠癌1例)，原发肿瘤4例(神经鞘瘤1例、骨巨细胞瘤2例、脊膜瘤1例)；C<sub>2-3</sub> 2例，C<sub>4</sub> 3例，C<sub>4-5</sub> 4例，C<sub>5-6</sub> 2例；4例原发肿瘤按Enneking分期S<sub>3</sub>期4例；7例转移性颈椎肿瘤按Tomita评分，2.0–3.0分2例，4.0–5.0分4例，5.0–6.0分1例；2例全脊椎切除，9例单纯肿瘤切除；转移癌患者中1例膀胱癌患者Tomita评分6分，行术后化疗。该试验获得甘肃省人民医院伦理委员会批准。

**纳入标准:** 局限性颈椎转移肿瘤或单发颈椎肿瘤；伴有不同程度的局部疼痛，肢体神经功能障碍等表现；临床资料完整；患者对治疗知情同意。

**排除标准:** 原发病灶广泛转移；既往有颈椎外伤史或者颈椎手术史；严重的心肺功能不全者等。

## 1.4 材料 颈椎后路钉板系统介绍见表1。

表1 | 颈椎后路钉板系统介绍

Table 1 | Introduction of posterior cervical screw plate system

项目	颈椎后路钉板系统
生产厂家	北京市富乐科技开发有限公司
生产许可证编号	京食药器械生产许可证 20000047号
材质	钛合金
适应证	颈椎后路内固定
不良反应	植入物松动、移位

## 1.5 方法

1.5.1 3D打印1 : 1解剖模型 对目标区域进行螺旋CT扫描，将CT得到的图像信息保存为DICOM格式，接着将数据导入Mimics三维建模软件，重建出三维模型。最后将重建的结果以STL格式导入3D打印机[麦递途医疗科技(上海)有限公司提供]，按照三维模型逐层叠加打印出1 : 1解剖模型<sup>[5]</sup>。

1.5.2 制定颈椎肿瘤手术切除重建方案及模拟手术 仔细观察3D打印1 : 1解剖实体模型，熟悉肿瘤的大小、位置及其与周围组织的关系。依据患者情况制定颈椎肿瘤手术切除与重建方案：①评估患者一般状况，依据Tomita评分、Enneking分期及肿瘤侵袭范围的大小确定要全脊椎切除或者单纯肿瘤切除；②观察肿瘤血运情况和病椎周围结构的解剖关系，确定手术方式，前路、后路还是前后联合手术入路，病变椎体部分切除+后路椎弓根钉内固定或者椎体完全切除+钛网支撑内固定手术。模拟手术过程：①熟悉病变部位的局部解剖，避免损伤重要的血管神经；②选择合适的螺钉直径、种类，提前处理钛板、钛棒的弯曲度及长度，确定需要固定的椎体；③病变部位周围的的关节突、椎板等骨性结构有助于维持颈椎的稳定，因此在完整切除肿瘤的前提下要尽可能的保留，以达到肿瘤完整切除且重建颈椎稳定性的目的；④总结在模拟手术中出现的问题，做到心中有数。实际手术中需要根据术中的实际情况加以调整，保护重要神经血管不受损伤，准确完整地切除肿瘤，合理植入内固定物，达到最佳生物力学效应，重建颈椎的稳定性。

1.5.3 手术方法 依据病灶侵袭范围选择合适的手术方式及手术入路，术中尽可能完整的切除肿瘤，减少肿瘤复发，重

建颈椎的稳定性。

**全脊椎切除：**暴露病变椎体、椎板、棘突等组织，游离椎体周围组织，小心周围的神经、血管，依据3D模型设计的置钉点及角度在椎体相应部位选取适宜的螺钉植入，锯开双侧椎弓根及病椎上下椎间盘，将颈椎的切除分为前方椎体的整块切除和后方附件的整块切除<sup>[6]</sup>。

**单纯肿瘤切除：**依据病变部位选择适宜的手术路径，术前依据模型明确解剖结构和血管、神经走向，暴露病椎，按照术前规划及手术计划，术中完整地切除肿瘤。

**上颈椎手术入路：**①经口腔入路：用于寰椎前弓、侧块、齿突及枢椎椎体肿瘤；②经口腔下颌入路：术野大，病变部位显示清楚，便于肿瘤的切除；③前后联合入路：该入路对多数上颈椎肿瘤患者而言，可达到肿瘤切除和颈椎重建。

**中下颈椎(C<sub>3-6</sub>)肿瘤切除：**①前路手术采用常规颈侧前入路，取纵切口或横斜切口；②下颈椎后路适用于下颈椎附件切除、侧块钢板固定融合<sup>[7]</sup>。

**1.6 主要观察指标** 随访至术后6-12个月。记录手术时间、术中出血量、输血量、住院天数及术后并发症。术前及术后1周、3个月、6个月的目测类比评分及Oswestry功能障碍指数评分。

目测类比评分范围0-10分，它采用一条10 cm的直线，两端标有0和10的字样，然后让患者在直线上标出自己疼痛的相应的位置，0端为无痛，10端为最剧烈疼痛。

Oswestry功能障碍指数评分范围0-50，该评分共有10项，每项共有6个备选答案，分值0-5分，0分表示无任何功能障碍，5分表示功能障碍最明显，累计得分越高则说明功能障碍越严重。

**1.7 统计学分析** 应用SPSS 25.0软件对所有数据进行统计学分析，计量资料采用 $\bar{x}\pm s$ ，手术前后目测类比评分及Oswestry功能障碍指数评分采用配对t检验，检验水准 $\alpha$ 取值0.05，以 $P < 0.05$ 为差异有显著性意义。所有输出检验值为0.000……时，文中用0.001表示。

## 2 结果 Results

**2.1 参与者数量分析** 11例患者均进入结果分析。

**2.2 患者一般资料** 见表2。

**2.3 试验流程图** 见图1。

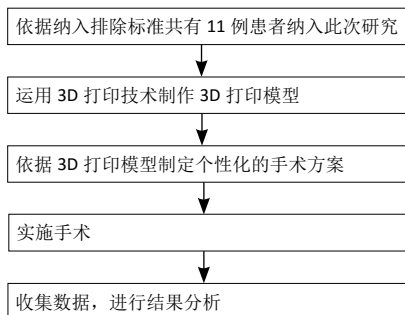


图1 | 试验流程图

Figure 1 | Trial flow chart

表2 | 颈椎肿瘤患者11例一般资料

Table 2 | General data of 11 patients with cervical tumor

编号	性别	年龄(岁)	肿瘤来源部位	肿瘤部位	术前 Tomita 或 Enneking 分期	术前目测类比评分	术前 Oswestry 功能障碍指数评分
1	女	48	甲状腺癌	C <sub>4</sub>	Tomita 3分	7	27
2	女	61	甲状腺癌	C <sub>4,5</sub>	Tomita 2分	7	26
3	女	52	甲状腺癌	C <sub>4,5</sub>	Tomita 4分	7	28
4	男	57	膀胱癌	C <sub>4</sub>	Tomita 5分	6	25
5	男	68	膀胱癌	C <sub>4,5</sub>	Tomita 6分	7	25
6	女	60	乳腺癌	C <sub>5,6</sub>	Tomita 5分	7	27
7	男	47	直肠癌	C <sub>4,5</sub>	Tomita 4分	7	25
8	男	38	神经鞘瘤(原发)	C <sub>2,3</sub>	Enneking S3	6	27
9	男	35	骨巨细胞瘤(原发)	C <sub>4</sub>	Enneking S3	7	26
10	男	49	骨巨细胞瘤(原发)	C <sub>5,6</sub>	Enneking S3	7	27
11	男	42	脊膜瘤(原发)	C <sub>2,3</sub>	Enneking S3	7	26

表3 | 颈椎肿瘤患者11例手术前后目测类比评分及Oswestry功能障碍指数评分的变化

Table 3 | Changes in visual analogue scale score and Oswestry dysfunction index of 11 patients with cervical tumor before and after operation

评分	术前	术后1周	术后3个月	术后6个月
目测类比评分	6.89±0.45	4.19±0.63 <sup>a</sup>	3.24±0.48 <sup>a</sup>	2.32±0.46 <sup>a</sup>
Oswestry 功能障碍指数评分	26.27±0.31	18.86±0.56 <sup>a</sup>	14.96±0.78 <sup>a</sup>	11.89±0.63 <sup>a</sup>

表注：与术前相比较，<sup>a</sup> $P < 0.01$

**2.4 手术情况** 11例患者手术均顺利完成。2例全脊椎切除，9例单纯肿瘤切除。手术时间180-475 min，平均(294.50±27.39) min；出血量105-1300 mL，平均(659.25±171.72) mL；住院时间17-25 d，平均(19.87±2.25) d。术后1例发生切口渗出，术后延迟愈合；1例术后出现吞咽困难，经过积极对症、支持治疗后好转；1例行术后化疗。术后复查X射线片，示病变部位完整切除，植入物位置良好，未见松动。

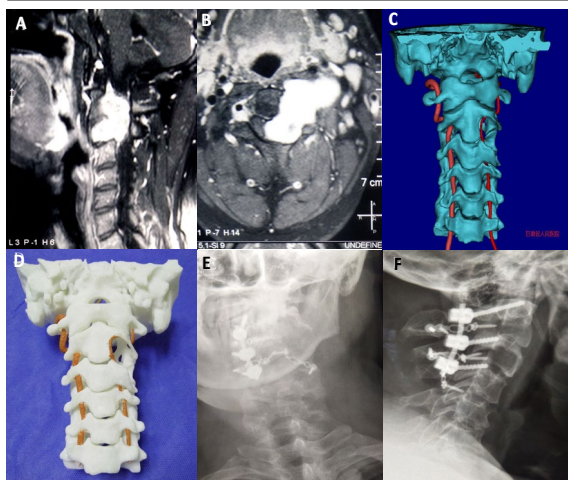
**2.5 疼痛与功能改善情况** 11例患者术后1周、3个月、6个月的目测类比评分及Oswestry功能障碍指数评分较术前改善(目测类比评分： $t=9.864$ ， $P < 0.01$ ； $t=17.147$ ， $P < 0.01$ ； $t=20.087$ ， $P < 0.01$ 。Oswestry功能障碍指数评分： $t=32.567$ ， $P < 0.01$ ； $t=37.978$ ， $P < 0.01$ ； $t=57.766$ ， $P < 0.01$ )，见表3。

**2.6 植入物生物相容性** 术后随访过程中，11例患者未发生与植入物相关的不良反应。

**2.7 典型病例** 38岁男性患者，主因“颈部不适2周，左下颌肿物4 d入院”，术前诊断为颈椎肿瘤，手术方案：颈椎肿瘤切除+钢板螺钉内固定，术后病理回报为神经鞘瘤，术后1个月复查X射线片示植入物位置良好，未见松动、移位，其治疗前后的资料图片见图2。

## 3 讨论 Discussion

**3.1 颈椎肿瘤手术治疗现状** 颈椎肿瘤包括原发性颈椎肿瘤和继发性颈椎肿瘤，前者以脊膜瘤、神经纤维瘤、骨巨细胞瘤等多见，后者以肺癌、乳腺癌、前列腺癌转移多见<sup>[7]</sup>。研



图注：A、B 为术前 MRI 检查，C<sub>2,3</sub> 椎间孔及 C<sub>2</sub> 处肿瘤性病变，C<sub>1,2</sub> 水平脊髓受压、变形；C、D 为 3D 打印模型，左侧椎动脉受肿瘤压迫明显变细，确定手术方案为颈椎肿瘤切除+钢板螺钉内固定；E、F 为术后 1 个月 X 射线片，植入物位置良好，未见松动、移位

图 2 | 男性 38 岁颈椎肿瘤患者颈椎肿瘤切除联合钢板螺钉内固定治疗前后的资料图片

Figure 2 | Images of a 38-year-old male patient with cervical tumor before and after surgical resection combined with internal fixation with plate and screw

究表明，在骨骼中最常见的转移部位是脊柱<sup>[1]</sup>，其中颈椎、胸椎、腰椎的转移比例约为 1 : 4 : 6。对于颈椎肿瘤而言，早期发现及时手术，对于保护神经功能、维持颈椎稳定、提高患者生存质量等具有重要意义<sup>[8]</sup>。颈椎肿瘤的手术治疗仅占有颈椎肿瘤治疗中的 2%~28%，以往因颈椎解剖结构复杂，邻近重要的神经、血管及脊髓，颈椎被称为手术的禁区<sup>[9-10]</sup>。常规的二维影像学资料如 X 射线片、CT 及 MRI 无法以三维视角去观察瘤体，术者较难把握瘤体及其周围各组织的血运情况，常规的手术存在出血量大、手术时间长、瘤体可能切除不完整等缺点。所以，骨科医生一直以来的关注点就是如何在术中尽最大可能地切除肿瘤，避免损伤邻近的神经、血管，减少肿瘤复发率，减轻患者的癌性疼痛及提高生活质量等。近几年科学技术飞速发展，3D 打印技术应用而生，在临床医学中得到了广泛应用，例如将 3D 打印解剖模型用以术前规划、个性化导向模板、提高椎弓根螺钉置钉的安全性及成功率、打印制定个体化内置物及 3D 生物打印等<sup>[11-14]</sup>。

**3.2 3D 打印技术在颈椎肿瘤诊治中的应用** 3D 打印技术的蓬勃发展，为医生对于疾病的诊治提供了新思路、新方法。在颈椎肿瘤诊治中应用 3D 打印技术具有以下优点：①颈椎解剖复杂，颈椎肿瘤与周围众多的血管、神经毗邻，因此颈椎肿瘤的诊断也有一定难度。以往颈椎肿瘤的诊断依赖 X 射线片、CT、MRI 等，要求术者具备丰富三维空间想象力及临床经验。由图片“D”观察可知，3D 打印技术可依据病灶的大小、形状及患者颈椎解剖打印出 3D 模型，医生可参考该模型更加直观、清晰地认识颈椎肿瘤并作出诊断，了解肿瘤的分期，以指导下一步的治疗<sup>[15-16]</sup>。②3D 打印模型可全面、直观地显示颈椎病变部位的解剖毗邻关系，手术医生能够提前了解、熟悉病灶，进而制定颈椎肿瘤的切除与重建手

术方案，还可以模拟手术操作过程，选择最佳的手术入路。ZHOU 等<sup>[17]</sup>术前应用 3D 打印技术制作 3D 模型，在术中经口腔内镜联合入路切除患者颈椎良性肿瘤，术后随访 1 年，寰枢椎椎体骨基本修复，肿瘤未见复发。马立敏等<sup>[18]</sup>等探讨了 3D 打印技术辅助颈椎高位多节段脊膜瘤手术切除的临床价值，结果表明 3D 打印模型能够全面、精确地显示颈椎肿瘤各部位的解剖结构空间关系，使得手术更精确、可靠。XIAO 等<sup>[19]</sup>探讨了运用 3D 打印技术辅助颈椎肿瘤全脊椎切除的可行性与安全性，结果表明 3D 打印模型可更好地从解剖上了解肿瘤与颈椎之间的关系，有助于颈椎肿瘤完整的切除及颈椎稳定性的重建。③对于颈椎肿瘤而言，手术部位邻近重要血管、神经，置钉过程中存在极大的风险，徒手置钉存在钉道偏离、穿透椎弓根、损伤脊髓及多次透视等不足之处。3D 打印技术可以制造出个性化的手术导板，3D 打印手术导板可辅助椎弓根螺钉的植入，能够将钢板长短、螺钉的大小、置钉角度及深度在手术之前得到预算，从而在术中有效避免对重要血管神经的损伤<sup>[20-21]</sup>。LI 等<sup>[22]</sup>在 3D 打印技术辅助下对 1 例甲状腺乳头状癌并颈椎 (C<sub>2-4</sub>) 转移性病变患者行颈椎肿瘤的切除与重建，术后随访 1 年未发现内植物移位、松动。章玉冰等<sup>[23]</sup>运用 3D 打印技术辅助治疗脊柱肿瘤，研究发现使用 3D 打印技术能够清晰直观地显示脊柱解剖，术中完整地切除病椎，能够避免重要血管、神经的损伤，缩短手术时间，减少术中出血。④3D 打印材料聚甲基丙烯酸酯骨水泥可作为抗肿瘤药物的良好载体，将化疗药物盐酸表柔比星或者甲氨蝶呤与 3D 打印材料聚甲基丙烯酸酯骨水泥混合产生的长时间高温环境对药物活性没有明显影响，可以较长期地抑制肿瘤细胞增殖<sup>[24]</sup>。KOTO 等<sup>[25]</sup>研究发现，将唑来膦酸盐装入羟基磷灰石和聚甲基丙烯酸酯骨水泥中能够减少肿瘤细胞的生存时间。因此，将 3D 打印技术与抗肿瘤药物结合应用，可将这些 3D 打印材料当作药物载体持续释放药物，利于颈椎肿瘤的治疗和预后<sup>[26-27]</sup>。⑤颈椎手术复杂，风险高，在医患沟通过程中应用 3D 打印模型解决医患双方专业信息不对称的难题，有助于避免医患矛盾，此外还可增强医学生、年轻医生的学习效率<sup>[28-29]</sup>。

**3.3 3D 打印模型在颈椎肿瘤手术切除重建中的优势** 术前应用 3D 打印模型可直观地了解病变部位与周围血管、神经的关系，熟悉血管神经的走行及受压情况，国内外已有相关报道<sup>[30]</sup>。此次研究的 11 例颈椎肿瘤患者术前应用 3D 打印模型制定颈椎肿瘤手术切除重建规划及手术模拟预演，术中术者能更加从容地切除肿瘤，重建颈椎的稳定性。虽然术中实际测量的数据与 3D 模型数据之间依旧存在较小的误差，且模型会增加患者的住院费用，但是在手术过程中肿瘤精确完整的切除，连接棒、螺钉均一次性置入，并且固定良好，重建了颈椎的稳定性，术后也未见植入物松动、移位，这是传统手术所无法比拟的。

综上所述，应用 3D 打印模型详细地在术前观察毗邻结构，术中能够精准、完整地切除病变部位，避免重要血管、

神经的损伤及并发症的发生,因此3D打印模型在颈椎肿瘤手术切除重建中安全有效。

**作者贡献:** 张同同进行试验设计,试验实施为刘林、张同同、宋玉鑫、文杰、王中华,试验评估为刘林,资料收集为张同同,张同同成文,刘林审核。

**经费支持:** 该文章接受了“甘肃省人民医院院内多学科联合科研项目(18GSSY3-9)”的资助。所有作者声明,经费支持没有影响文章观点和对研究数据客观结果的统计分析及其报道。

**利益冲突:** 文章的全部作者声明,在课题研究和文章撰写过程中不存在利益冲突。

**机构伦理问题:** 试验获得甘肃省人民医院伦理委员会批准。

**知情同意问题:** 所有患者对治疗知情同意。

**写作指南:** 该研究遵守《观察性临床研究报告指南》(STROBE指南)。

**文章查重:** 文章出版前已经过专业反剽窃文献检测系统进行3次查重。

**文章外审:** 文章经小同行外审专家双盲外审,同行评议认为文章符合期刊发稿宗旨。

**生物统计学声明:** 该文统计学方法已经甘肃中医药大学生物统计学专家审核。

**文章版权:** 文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。

**开放获取声明:** 这是一篇开放获取文章,根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享4.0”条款,在合理引用的情况下,允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展,同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献,并为之建立索引,用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

#### 4 参考文献 References

- [1] 蒋伟刚,刘耀升,刘蜀彬. 脊柱转移瘤的外科治疗进展 [J]. 中国矫形外科杂志,2015,23(1):55-59.
- [2] 李建民. 脊柱肿瘤的外科治疗现状与进展 [J]. 中国矫形外科杂志,2012,20(23):2203-2204.
- [3] 王金玉,周政纲,王思哲,等. 3D打印技术在经椎弓根椎体截骨术治疗脊柱后凸畸形中的应用 [J]. 中国骨与关节损伤杂志,2019,34(5):496-498.
- [4] 吴信,尚显文,张皓,等. 3D打印技术在多学科协作脊柱肿瘤精准化、个性化手术治疗的应用 [J]. 实用医学杂志,2019,35(16):2592-2597.
- [5] JARDINI AL, LAROSA MA, RUBENS MACIEL FILHO RM, et al. Cranial reconstruction: 3D biomodel and custom-built implant created using additive manufacturing. *J Craniomaxillofac Surg*.2014;42(8):1877-1884.
- [6] BORIANI S, GASBARRINI A, BANDIERA S, et al. Predictors for surgical complications of en bloc resections in the spine: review of 220 cases treated by the same team. *Eur Spine J*.2016;25:3932-3941.
- [7] 杨文华,姜亮,刘忠军. 颈椎肿瘤手术的常见并发症 [J]. 中国脊柱脊髓杂志,2017,27(5):456-460.
- [8] MISSENERD G, BOUTHORS C, FADEL E, et al. Surgical strategies for primary malignant tumors of the thoracic and lumbar spine. *Orthop Traumatol Surg Res*.2020;106:S53-S62.
- [9] 姚孟宇,张余. 上颈椎肿瘤外科治疗进展 [J]. 中国骨科临床与基础研究杂志,2014,6(5):307-313.
- [10] 陈雍君,钟华,华强,等. 3D打印技术辅助上颈椎肿瘤模型的术前规划及手术模拟 [J]. 中国组织工程研究,2018,22(35):5614-5619.
- [11] YANG M, LI C, LI Y, et al. Application of 3D rapid prototyping technology in posterior corrective surgery for lenke 1 adolescent idiopathic scoliosis patients. *Medicine (Baltimore)*. 2015;94(8):e582.
- [12] UPENDRA BN, MEENA D, CHOWDHURY B, et al. Outcome-based classification for assessment of thoracic pedicular screw placement. *Spine(Phila Pa 1976)*.2008;33(4):384-390.
- [13] 夏晓龙,陈扬,邱奕雁,等. 3D打印技术应用于脊柱个性化椎体定制的实验研究 [J]. 中国骨与关节损伤杂志,2016,31(3):247-250.
- [14] 钱文彬,杨欣建,蓝涛,等. 3D技术打印椎体在全脊椎整块切除术中应用的初步探膜 [J]. 生物骨科材料与临床研究,2015,12(2):9-11.
- [15] MATAI I,KAUR G,SEYEDSALEHI A,et al.Progress in 3D bioprinting technology for tissue/organ regenerative engineering. *Biomaterials*. 2020;226:119536.
- [16] 苏鹏,孟纯阳. 3D打印技术在脊柱肿瘤诊疗中的应用 [J]. 济宁医学院学报,2019,42(6):436-440.
- [17] ZHOU J, LU YT, LU FY. Combined transoral and endoscopic approach for cervical spine tumor resection. *Medicine(Baltimore)*. 2019;98(22):e15822.
- [18] 马立敏,张余,周焯,等. 3D打印技术辅助颈椎高位多节段脊髓瘤手术临床应用 [J]. 中国数字医学,2014,9(6):67-70.
- [19] XIAO JR, HUANG WD, YANG XH, et al. En Bloc Resection of Primary Malignant Bone Tumor in the Cervical Spine Based on 3-Dimensional Printing Technology. *Orthop Surg*. 2016;8(2):171-178.
- [20] KANEYAMA S, SUGAWARA T, SUMI M. Safe and accurate midcervical pedicle screw insertion procedure with the patient-specific screw guide template system. *Spine(Phila Pa 1976)*. 2015;40(6):E341-348.
- [21] 白博,白雪岭,赵小文,等. 3D打印在脊柱外科的应用现状与未来 [J]. 中国骨与关节杂志,2017,6(5):321-325.
- [22] LI X, WANG Y, ZHAO Y, et al. Multilevel 3D Printing Implant for Reconstructing Cervical Spine With Metastatic Papillary Thyroid Carcinoma. *Spine(Phila Pa 1976)*.2017;42(22):E1326-E1330.
- [23] 章玉冰,余润泽,陶学顺,等. 3D打印技术辅助脊柱肿瘤手术治疗的临床应用 [J]. 实用癌症杂志,2019,34(6):1038-1040.
- [24] 侯明明. 聚甲基丙烯酸甲酯骨水泥作为化疗药物复合载体的研究 [D]. 武汉:武汉大学,2016.
- [25] KOTO K, MURATA H, SAWAI Y, et al. Cytotoxic effects of zoledronic acid-loaded hydroxyapatite and bone cement in malignant tumors. *Oncol Lett*.2017;14(2):1648-1656.
- [26] AHANGAR P, AZIZ M, ROSENZWEIG DH, et al. Advances in personalized treatment of metastatic spine disease. *Ann Transl Med*.2019;7(10):223.
- [27] TALEBIAN S, FOROUGH I, WADE SJ, et al. Biopolymers for Antitumor Implantable Drug Delivery Systems: Recent Advances and Future Outlook. *Adv Mater Weinheim*.2018;30(31):e170-6665.
- [28] 叶添文,马君,赵剑伦,等. 3D打印模型辅助CBL教学法在骨科临床教学中的应用 [J]. 医学研究与教育,2019,36(6):76-80.
- [29] 叶哲伟,刘融. 述评—3D打印技术在骨科的临床应用及展望 [J]. 生物骨科材料与临床研究,2020,17(1):7-10,84.
- [30] 王琪,刘军,王亚楠,等. 3D打印技术在脊柱肿瘤手术中的应用 [J]. 解放军医药杂志,2016,28(11):16-19.