

3D打印技术在皮肤癌近距离放疗中的初步应用

薛涛¹, 何晓阳², 孙云川¹, 刘光波¹, 王斌¹, 王佩烨¹, 赵建勇³

1. 河北省沧州中西医结合医院放射物理治疗科, 河北 沧州 061001; 2. 沧州市人民医院肾内科, 河北 沧州 061001; 3. 河北省沧州中西医结合医院3D打印中心, 河北 沧州 061001

【摘要】目的:探讨3D打印技术在皮肤癌高剂量率近距离治疗个体化施源器模板制作中的应用。**方法:**根据1例基底细胞皮肤癌患者的定位CT图像进行术前计划设计,然后根据患者轮廓和术前计划中预设管道位置完成3D模板打印。将打印好的模板置于病灶处并加以固定,再次进行CT扫描,将两次的CT图像进行融合匹配,以确定管道位置重合程度。**结果:**3D打印模板与患者外轮廓高度贴合,实际治疗中,3D打印模板中施源器管道位置可与预计划中的施源器管道位置完成匹配重合,提高了靶区覆盖率。**结论:**对于位置轮廓曲面角度大的皮肤癌病变,根据术前计划进行3D打印模板辅助近距离治疗可使病灶较好地达到处方剂量。临床疗效与不良反应尚需进一步观察。

【关键词】皮肤癌;3D打印;术前计划;近距离治疗

【中图分类号】R319;R815.2

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2021)09-1068-04

Preliminary application of 3D printing technology in brachytherapy for skin cancer

XUE Tao¹, HE Xiaoyang², SUN Yunchuan¹, LIU Guangbo¹, WANG Bin¹, WANG Peiye¹, ZHAO Jianyong³

1. Department of Radiation Oncology, Cangzhou Hospital of Integrated TCM-WM, Cangzhou 061001, China; 2. Department of Nephrology, Cangzhou People's Hospital, Cangzhou 061001, China; 3. 3D Printing Center, Cangzhou Hospital of Integrated TCM-WM, Cangzhou 061001, China

Abstract: Objective To explore the application of 3D printing technology in the template manufacture of individualized source applicator for high-dose-rate brachytherapy of skin cancer. **Methods** The preoperative plan was designed based on the positioning CT image of a patient with basal cell carcinoma, and then the 3D template printing was completed according to the patient's profile and the preset catheter position in the preoperative plan. After the printed template was placed at the focus and fixed, CT scan was conducted again. The two CT images were fused and matched to determine the degree of coincidence of the catheter position. **Results** The 3D printed template highly fitted the patient's profile, and the source applicator catheter position in the 3D printed template matched and coincided with the planned catheter position, which increased the target coverage rate. **Conclusion** For the skin cancer lesions with large facial contour and curved surface angle, the brachytherapy using 3D printed template which is designed according to preoperative plan can make the lesion receive the prescription dose better. However, clinical therapeutic effect and side effects need to be further observed.

Keywords: skin cancer; 3D printing; preoperative plan; brachytherapy

前言

通常选择手术切除治疗皮肤癌,但对于特殊情况不能进行手术的患者,可根据肿瘤特征采取放疗电子线照射或近距离放疗,从而获得良好的肿瘤控制和美容效果^[1-4]。对于皮肤癌的近距离放疗可以

使用模具和自由的导管分布,以符合患者皮肤的外轮廓或侵入皮肤治疗更深肿瘤,由于治疗时间较短,高剂量率近距离放疗通常对此类患者更实用^[5]。本研究将3D打印技术引入皮肤癌的近距离放疗中,通过预计划设计,完成个体化导管模板的制作,并将模板应用到实际治疗中,从而提高治疗精度同时简化流程。

1 材料与方法

1.1 临床病例

基底细胞皮肤癌患者1例,男62岁。患者病灶

【收稿日期】2021-03-02

【作者简介】薛涛,物理师,研究方向:近距离放疗,E-mail: 506483907@qq.com

【通信作者】孙云川,主任医师,研究方向:肿瘤放射治疗,E-mail: sun-yunchuan@163.com

位于鼻部,面积较大,如手术治疗需进行大面积切除,因此选择放疗;由于病灶部位弯曲度过大,故选择3D打印模板辅助完成近距离放疗。

1.2 预计划设计

患者先行CT扫描(SOMATOM Sensation4, 西门子),扫描层厚3 mm。将扫描完成的CT图像传输至Oncentra Brachy TPS。放疗医生完成靶区勾画后,由放疗医生和物理师共同参与设定理想的导管分布(位置、方向、间距、弯曲度),并根据靶区结构确定导管内驻留位的设置(图1);然后完成剂量计算,生成一个具有理想剂量分布且临床可接受的预计划(图2)。

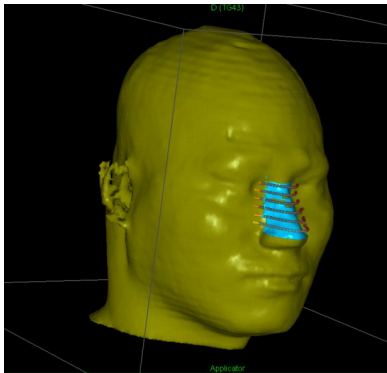


图1 根据靶区轮廓进行的施源器管道重建
Fig.1 Source applicator catheter reconstruction based on the target contour



图2 预计划的剂量分布
Fig.2 Planned dose distribution
红点为计划的驻留点;云图由内至外分别为150%、125%、100%、75%、50%处方剂量的覆盖范围

1.3 模板打印

将定位CT传输至3D打印软件(Mimics 17.0 Materialise, 比利时),对患者外轮廓进行提取,由同一放疗医生参与根据预计划中的重建管道和剂量分布在3D打印软件中的管道预留位置设计,之后使用3D打印机(B103D600, 上海黑焰医疗)和环氧树脂(密度为1.076 g/cm³)完成模板打印,模具打印以头部

体膜结构完成,在治疗时可对患者位置固定(图3)。在此之前,对模板打印使用的材料进行组织等效性的剂量验证,其结果证实该材料适合高剂量率的近距离放疗。

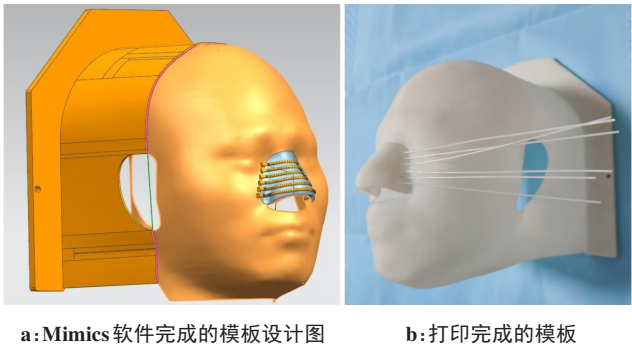


图3 根据预计划进行设计的3D打印模板
Fig.3 3D printed template designed according to the preoperative plan

1.4 软管施源器放置

将软管施源器(部件号:189315-00, 医科达, 瑞典)的盲头插入至模板的预留孔内,使用长度统一的此软管施源器,以减少计划设计过程中的记录错误。

2 结果

图4为患者佩戴3D打印模板进行定位CT扫描图像,通过CT图像可见,模板放置在患者病灶处,贴服性良好。此外,头枕支持提高了患者舒适度,并且与固定头模进行一体化打印,可以对患者进行很好的位置固定。在进行3D打印模板制作过程中,在病灶处给予5 mm的厚度加成,从而实现随距离平方反比的特性控制高剂量热点。更重要的是由于模板的加持可使处方剂量覆盖100%的靶区。

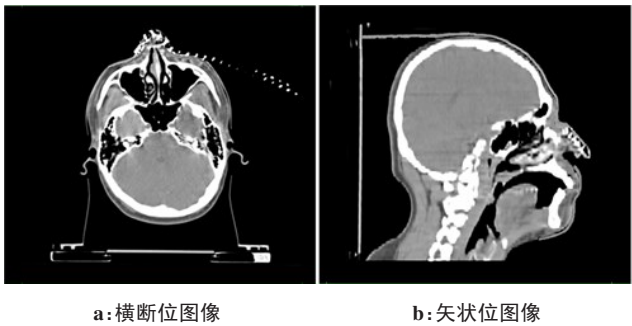


图4 患者戴模板进行CT扫描图像
Fig.4 CT images of the patient wearing template

将患者佩戴模具的CT扫描图像与此前预计划的CT图像进行匹配融合(图5),通过匹配融合后观察到,管道位置的重合误差范围小于2 mm。3D打印

技术属于由计算机控制进行的高精度化处理,因此,本研究认为该匹配误差来源于两套图像数据的配准,而不是3D模板打印过程的精度误差。

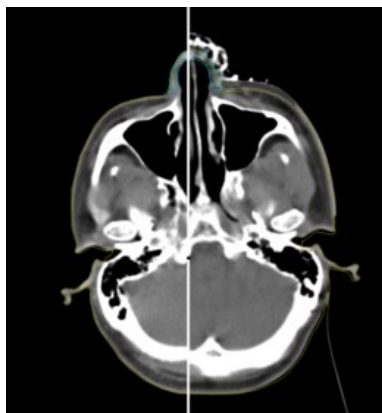


图5 两次CT图像匹配融合图

Fig.5 Matching and fusion of two CT images

完成图像融合确认重合度后,可通过预计划激活驻留位生成治疗计划,这简化了整体流程,最后使用连接管进行施源器管道与后装治疗机(microSelectron V3, 医科达,瑞典)连接完成治疗(图6)。



图6 连接管道完成治疗

Fig.6 Connecting the catheters to complete the treatment

3 讨论

对于皮肤癌近距离放疗而言,Leipzig施源器和Valencia施源器(医科达,瑞典)主要适用于直径范围0.2~0.25 cm、浸润深度在0.3~0.5 cm之内的浅表病灶,当病灶超过此范围时,该两款施源器便无法满足照射需求^[6]。同时,对于病灶发于身体上曲面较大的皮肤癌接受近距离治疗,已有文献报道通过使用FREIBURGER FLAP(部件号:592976-00,医科达,瑞典)以及定制的表面模具来进行高剂量率近距离放疗成功的经验和描述,但是仍然存在着

FREIBURGER FLAP施源器使用经验和模板制作时的人工制作误差问题^[7-10]。

近些年来3D打印技术已经投入到放疗中^[11-14],特别是在近距离放疗中使用率逐步增高^[15-17]。通过患者皮肤外轮廓设计打印的模具是一个由计算机控制精度的自动化过程,打印出的模具可与患者病灶表面具有贴服性高的优势,而3D打印模板在导管的放置位置上可以不必局限于单平面的几何结构及位置固定问题,从而为导管的放置提供了更大的灵活性,充分解决了由于患者皮肤轮廓及病灶面积所造成的照射范围不足的情况。此外本研究在模板预留管道中心至患者皮肤表面预留出5 mm的实体间距,此区间为在治疗时高剂量迅速跌落的范围,从而控制患者的皮肤表面受到过高剂量的照射^[18]。进行预计划设计的优势在于可将导管根据患者轮廓放置在模板内的理想位置,通过前后两次CT扫描图像的融合,观察到整体位置误差范围在2 mm内,实现与实体受量剂量分布统一的目的。此外,在使用此模板的过程中,因其位置固定度较高,可以在病人的治疗过程中以第一次的治疗计划作为参考进行分次复制,减少修改,完成后续治疗,简化了整体的治疗过程。

3D打印技术本身具有个性化设定的优点,本研究通过参考预计划中的管道轨迹设定3D打印模板内预留孔的位置和走向,可为皮肤浅表肿瘤在接受近距离治疗时提供高适形度的剂量分布,并可使皮肤剂量控制在可接受的水平范围内,因此,对预计划的设计是必要的,也正是有了预计划的参考才能在很大程度上提高打印模板的有效使用性。但是,在使用3D打印模板之前,应在前期进行相应的测试和评估,如打印精度、打印材料对射线的穿透影响以及经济成本等。

综上所述,使用3D打印模具配合预计划这种方法可有效保证靶区处方剂量,此外对于缺乏近距离治疗和手工制作表面模具经验的医院,依靠这种方法可以为近距离治疗提供一种有效的治疗方式。利用3D打印技术制作个性化施源器模板适用于病灶部位轮廓弯曲度较大实体肿瘤的治疗,临床疗效与不良反应尚需进一步观察。

【参考文献】

- [1] KAUVAR A N, CRONIN J T, ROENIGK R, et al. American society for dermatologic surgery. Consensus for nonmelanoma skin cancer treatment: basal cell carcinoma, including a cost analysis of treatment methods[J]. Dermatol Surg, 2015, 41(5): 550-571.
- [2] BATH-HEXTALL F J, PERKINS W, BONG J, et al. Interventions for basal cell carcinoma of the skin[J]. Cochrane Database Syst Rev, 2007, 1(1): CD003412.

- [3] American Academy of Dermatology. Position statement on superficial radiation therapy for basal cell carcinoma (BCC) and squamous cell carcinomas (SCC)[EB/OL].(2016-11-05). <https://www.aad.org/Forms/Policies/Uploads/PS/PS-Superficial%20Radiation%20Therapy.pdf>. Accessed November 5, 2016.
- [4] American Academy of Dermatology. Position statement on electronic surface brachytherapy for basal cell carcinoma (BCC) and squamous cell carcinomas (SCC). Available at: <https://www.aad.org/Forms/Policies/Uploads/PS/PS%20-%20Electronic%20Surface%20Brachytherapy.pdf>. Accessed November 5, 2016.
- [5] GAUDEN R, PRACY M, AVERY A M, et al. HDR brachytherapy for superficial non-melanoma skin cancers[J]. J Med Imaging Radiat Oncol, 2013, 57(2): 212-217.
- [6] 程光慧. 恶性肿瘤近距离放射治疗临床应用(三)一其他恶性肿瘤[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2017, 26(8): 853-856.
CHENG G H. Clinical application of brachytherapy for malignant tumor(3): other malignant tumors[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2017, 26(8): 853-856.
- [7] MARONAS M, GUINOT J L, ARRIBAS L, et al. Treatment of facial cutaneous carcinoma with high-dose-rate contact brachytherapy with customised moulds[J]. Brachytherapy, 2011, 10: 221-227.
- [8] GUIX B, FINESTRES F, TELLO J, et al. Treatment of skin carcinomas of the face by high-dose-rate brachytherapy and custom-made surface moulds[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2000, 47: 95-102.
- [9] KOWALIK L, LYCZEK J, SAWICKI M, et al. Individual applicator for brachytherapy for various sites of superficial malignant lesions[J]. J Contemp Brachytherapy, 2013, 5: 45-49.
- [10] SABBAS A M, KULIDZHANOV F G, PRESSER J, et al. HDR brachytherapy with surface applicators: technical considerations and dosimetry[J]. Technol Cancer Res Treat, 2004, 3(3): 259-267.
- [11] ZOU W, FISHER T, ZHANG M, et al. Potential of 3D printing technologies for fabrication of electron bolus and proton compensators[J]. J Appl Clin Med Phys, 2015, 16(3): 4959.
- [12] SU S, MORAN K, ROBAR J L. Design and production of 3D printed bolus for electron radiation therapy[J]. J Appl Clin Med Phys, 2014, 15(4): 194-211.
- [13] CANTERS R A, LIPS I M, WENDLING M, et al. Clinical implementation of 3D printing in the construction of patient specific bolus for electron beam radiotherapy for non-melanoma skin cancer[J]. Radiother Oncol, 2016, 121(1): 148-153.
- [14] BURLESON S, BAKER J, HSIA A T, et al. Use of 3D printers to create a patient-specific 3D bolus for external beam therapy[J]. J Appl Clin Med Phys, 2015, 16(3): 166-178.
- [15] CUNHA J A, MELLIS K, SETHI R, et al. Evaluation of PC-ISO for customized, 3D printed, gynecologic ^{192}Ir HDR applicators[J]. J Appl Clin Med Phys, 2015, 16(1): 5168.
- [16] 曲昂, 彭冉, 姜玉良, 等. 3D 打印共面坐标模板辅助 ^{125}I 放射性粒子植入治疗盆壁复发宫颈癌的剂量学研究[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2018, 38(10): 756-760.
QU A, PENG R, JIANG Y L, et al. Dosimetric study of ^{125}I seed implantation by 3D-printing coplanar template for pelvic wall recurrent cervical cancer after radiotherapy[J]. Chinese Journal of Radiology Medical Protection, 2018, 38(10): 756-760.
- [17] 于浪, 连欣, 晏俊芳, 等. 3D 打印技术在 CT 引导宫颈癌术后阴道残端肿瘤近距离治疗中应用[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2016, 25(9): 965-967.
YU L, LIAN X, YAN J F, et al. Application of 3D printing technology in brachytherapy for vaginal stump tumor after CT-guided cervical carcinoma surgery[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2016, 25(9): 965-967.
- [18] GRANERO D, PEREZ-CALATAYUD J, VIJANDE J, et al. Limitations of the TG-43 formalism for skin high-dose-rate brachytherapy dose calculations[J]. Med Phys, 2014, 41(2): 021703.

(编辑:谭斯允)