

3D 打印共面坐标模板辅助 CT 引导放射性¹²⁵I 粒子植入治疗恶性肿瘤剂量学分析

彭冉 姜玉良 吉喆 郭福新 孙海涛 范京红 李旭 王俊杰

100191 北京大学第三医院肿瘤放疗科

通信作者:王俊杰, Email: junjiawang_edu@ sina. cn

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1004-4221.2017.09.016

【摘要】 目的 利用 3D 打印共面坐标模板比较其辅助 CT 引导放射性粒子植入手术前、后肿瘤靶区、OAR 物理剂量学评估参数的一致性。**方法** 利用计算机软件设计出 3D 打印共面坐标模板, 建立坐标系, 以中心点为中心设立 x 、 y 轴; 定位时在患者体表确定固定针中心, 并在患者体表勾画十字线, 分别与共面坐标模板的中心点和 x 、 y 轴相对应。根据术前计划在 3D 打印共面坐标模板引导下进行放射性粒子植入手术, 术前、术中和术后计划, 评估肿瘤靶区和正常组织接收剂量。评估参数包括 D_{90} 、 V_{100} 、 V_{150} 、 V_{200} 、MPD、CI、EI、HI。对术前、术后计划剂量学参数进行配对 *Wilcoxon* 检验。**结果** 2016 年 8—10 月入组 14 例患者。中位年龄 61.5 岁, KPS 中位 80 分。14 例患者 14 个病灶。植入部位分布为颈部 4 例、胸部 3 例、腹部 5 例、盆腔 2 例。8 例患者植入部位曾接受放疗, 6 例患者植入部位未接受过放疗。所有患者均进行术中剂量优化。结果植入粒子活度中位 0.625 mCi (0.55~0.75 mCi, 1 Ci = 3.7×10^{10} Bq), 术前计划穿刺数中位 9 针 (4~34 针), 植入粒子中位 35 颗 (8~151 颗); 术后实际穿刺数中位 9.5 针 (4~34 针), 植入粒子中位 45.5 颗 (10~162 颗)。剂量学分析显示手术前、后病灶体积、 D_{90} 、MPD、 V_{100} 、 V_{150} 、 V_{200} 、CI、EI、HI 均相近 ($P = 0.135, 0.208, 0.104, 0.542, 0.754, 0.583, 0.426, 0.326, 0.952$)。**结论** 在 3D 打印共面坐标模板辅助引导下, 通过术中剂量优化, 放射性粒子植入术前、术后计划可获得良好的一致性。3D 打印共面坐标模板应用方便、成本低廉, 可考虑大规模推广应用。

【关键词】 3D 打印共面坐标模板; ¹²⁵I 粒子; CT 引导; 剂量学; 恶性肿瘤

Dosimetric analysis of 3D-printed coplanar template-assisted and CT-guided ¹²⁵I seed implantation for the treatment of malignant tumors Peng Ran, Jiang Yuliang, Ji Zhe, Guo Fuxin, Sun Haitao, Fan Jinghong, Li Xu, Wang Junjie

Department of Radiation of Oncology, Peking University Third Hospital, Beijing 100191, China

Corresponding author: Wang Junjie, Email: junjiawang_edu@ sina. cn

【Abstract】 Objective To compare the pre-and post-operative tumor target volume and to examine the consistency in physical dosimetric parameters of organs at risk (OAR) following 3D-printed coplanar template (3D-PCT)-assisted and CT-guided radioactive seed implantation. **Methods** The 3D-printed coplanar template was designed using a computer software, and the coordinate system was established where the center was used as the basis for setting the x axis and y axis. Crosses defining the center of treatment were drawn on the patient's body and matched with the corresponding central point, x axis, and y axis of the coplanar template. 3D-PCT-assisted and CT-guided radioactive seed implantation was performed based on the pre-operative plan, and the pre-operative, operative, and post-operative plans were designed to evaluate the target tumor volume and the normal dose received by the tissues. In addition, dosimetric parameters, including D_{90} (minimum dose received by 90% of the gross target volume), V_{100} , V_{150} , V_{200} (percentage of GTV that received 100%, 150%, and 200% of the prescribed dose, respectively), minimum peripheral dose (MPD), conformal index (CI), external index (EI), and homogeneity index (HI) in the pre-operative and post-operative plans were also assessed and compared using the *Wilcoxon* test. **Results** Fourteen patients treated in our institution from August to October, 2016 were included in this study. The median age of the patients was 61.5 years, and the median Karnofsky Performance Scale score was 80. A total of 14 lesions from the 14 patients were treated by seed implantation in the neck ($n=4$), chest ($n=3$), abdomen ($n=5$), and pelvis ($n=2$). Of the 14 patients that underwent implantation, 8 had previously received radiation therapy, and 6 had not received radiation therapy. Dosage optimization was performed for

all patients during the operation. The median activity of the implanted seeds was 0.625 mCi (0.55-0.75 mCi, $1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$), and the preoperatively planned median number of needling and implanted seeds were 9 (4-34) and 45.5 (10-162), respectively. However, the actual median number of needling and implanted seeds were 9.5 (4-34) and 45.5 (10-162), respectively. Dosimetric analysis showed that there were no significant changes in tumor volume ($P = 0.135$), D_{90} ($P = 0.208$), MPD ($P = 0.104$), V_{100} ($P = 0.542$), V_{150} ($P = 0.754$), V_{200} ($P = 0.583$), CI ($P = 0.426$), EI ($P = 0.326$), and HI ($P = 0.952$) after implantation. **Conclusions** 3D-PCT guidance and dosage optimization can result in good consistency between pre-and post-operative plans for radioactive seed implantation. 3D-PCT is a convenient and cheap technique suitable for large-scale clinical application.

【Key words】 Three-dimensional-printing co-planar template; ^{125}I seed; CT-guidance; Dosimetric parameters; Malignant tumor

放射性粒子植入治疗恶性肿瘤历史悠久,已被证实为疗效确定的局部微创治疗手段^[1-5]。随着图像引导技术进步,粒子植入治疗的剂量逐渐精确可控,使得个体化精确放射性粒子植入治疗成为可能。而衡量现代放射性粒子植入治疗手术质量的重要指标是术后粒子肿瘤靶区的剂量学的分布,及相应危险器官的剂量分布。CT 引导放射性粒子植入,虽可在影像引导下进行穿刺操作^[4-6],但穿刺过程对临床医师个人经验的要求高,成像与穿刺不能同时进行,器官运动和正常组织感染导致难以获得理想的剂量学分布。随着 3D 打印技术进步,我中心尝试在平面模板技术基础上进行改进,设计出 3D 打印共面坐标模板(3D-printing coplanar template, 3D-PCT)和 3D 打印非共面模版(3D-printing non coplanar template, 3D-PNCT)辅助粒子植入引导技术,使粒子植入操作对医师个人经验的依赖程度明显下降,大大提高了粒子植入治疗精度^[7-10]。共面坐标模板最早应用于前列腺癌粒子植入治疗^[11-13],柴树德等将其应用于肺肿瘤的粒子植入治疗^[14]。我中心将传统共面坐标模板引入中心点、标示系统和坐标系概念,结合 3D 打印技术成功研发出 3D-PCT。并在 3D-PCT 辅助下 CT 引导成功实施 14 例患者粒子植入治疗,现将结果报道如下。

材料与方 法

1. 入组条件及患者一般临床资料: KPS > 60, 预期生存期 > 6 个月, 年龄 < 80 岁, 细胞或组织病理学确诊, 病灶最大直径 ≤ 5 cm, 无广泛坏死和瘘, 血常规、肝肾功能等正常。预计针道有平行进针穿刺路径, 3D-PCT 可覆盖整个肿瘤靶区。所有患者均签署知情同意书。2016 年 8—10 月于我中心接受 3D-PCT 辅助 CT 引导下 ^{125}I 粒子植入的复发肿瘤患者 14 例。年龄 48~78 岁(中位数 61.5 岁), KPS 为 70~90 分(中位数 80 分)。患者一般临床资料及手术信息详见表 1。

表 1 14 例不同部位肿瘤复发患者一般资料及手术信息

项目	例数	项目	例数
性别		胸部(肺+胸壁)	3
男	8	颈部锁骨上	4
女	6	处方剂量	
既往放疗		110 Gy	1
是	8	120 Gy	2
否	6	130 Gy	4
植入深度		150 Gy	6
浅部	10	190 Gy	1
深部	4	200 Gy	1
植入部位		破骨	
腹部	5	是	1
盆腔	2	否	13

2. 3D-PCT 及设计原理: 3D-PCT 是与放射性粒子植入术前计划设计、术中剂量优化和术后剂量验证的理念相配合的: (1) 提出坐标模板中心概念, 以中心点为原点建立平面坐标系, 设立 x 、 y 轴, 并分别以数字和字母标记 x 、 y 的刻度, 并在模板周边建立 4 个标示点, 供 CT 扫描时参考; (2) 定位时在患者体表确定治疗中心, 并在患者体表勾画十字线, 分别与平面坐标模板的原点和 Xy 轴相对应; (3) 设计术前治疗计划时以治疗中心为原点, 平行布针; (4) 手术时将坐标模板的中心点对应靶区中心, 平面坐标模板 x 、 y 轴与患者体表十字线重合, 从而使 2 个坐标系对位一致, 进针位置由坐标系决定(如图 1), 1 个数字和 1 个字母标定了平面上的 1 个位置。

3. 术前计划: 术前 2 d 内行 CT (荷兰 Philips 公司, Brilliance Bigbore CT) 扫描, 层厚 1 mm (头颈部肿瘤) 或 5 mm (头颈以外肿瘤)。根据病灶部位选择体位, 一般为俯卧或仰卧位, 少数采用侧卧位; 真空垫固定, 体表标记摆位中心线和新型共面坐标模板系中心。CT 数据传输至近距离放疗计划系统 (B-TPS, 北京天航科霖科技发展有限公司, KLSIRPS-3D) 行术前计划设计(图 1A)。常规勾画靶区及 OAR (如脊髓、大血管、空腔脏器), 设定处方剂量

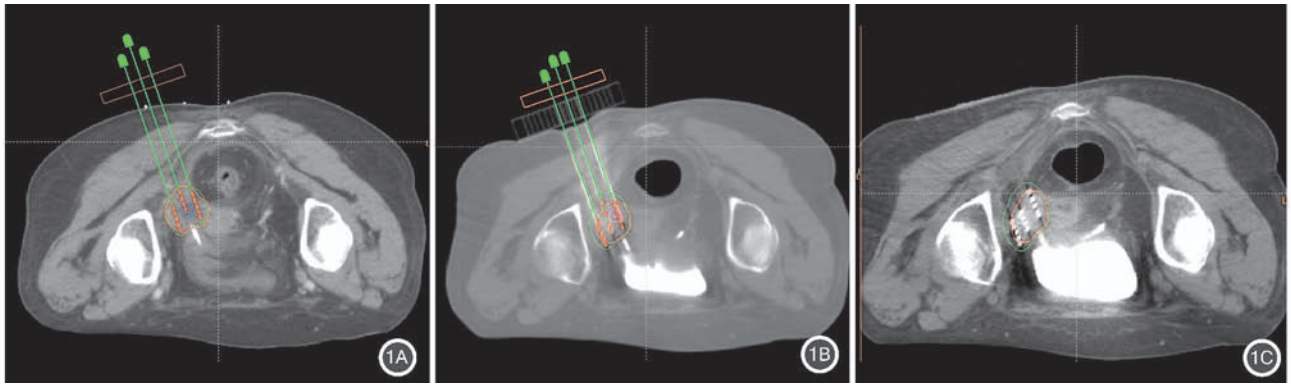


图 1 3D-PCT 引导放射性 ¹²⁵I 粒子植入计划示意图(1A 为术前计划,1B 为术中计划,1C 为术后计划)

和粒子活度,确定共面坐标模板位置和方向,确定种植针分布(以坐标形式表示)和深度,计算粒子数目和模拟粒子空间位置分布,计算 GTV 与 OAR 剂量。通过优化使 GTV 尽量达到处方剂量(90%GTV 接受的剂量),OAR 尽量位于处方剂量等剂量线 1 cm 范围外(肿瘤包绕血管等情况除外)。

4.手术流程及术中剂量优化:根据穿刺部位选择麻醉方式,盆腔病灶一般为椎管内麻醉,其余部位局部浸润麻醉。根据术前计划,借助患者体表定位线,摆位激光线及新型共面坐标模板中心线将模板固定在支架上位置,要求治疗中心位置与角度准确无误。按照术前计划种植针坐标沿共面坐标模板导向孔将种植针经皮穿刺至预定深度,CT 扫描。将扫描图像传输至 B-TPS 进行术中剂量优化计划(图 1B),针道误差 ≤ 2 mm 时不需要调整针道, ≥ 2 mm 时调整模板直至达到要求为止。术中优化,必要时新增或减少植入针。复扫 CT 确定粒子针达到术中计划要求后,根据计划以 MICK 枪后退式植入粒子。

5.术后剂量学验证和补救措施:粒子植入完成后再次 CT 扫描,将术后图像传输到 B-TPS,行术后剂量验证(图 1C)。

6.剂量学参数比较:采集术前术后剂量学参数包括肿瘤体积、D₉₀、V₁₀₀、V₁₅₀、V₂₀₀ 以及 GTV 最小边缘剂量 MPD。剂量分布的适形度和均匀度分别采用 CI、HI 评价。CI = (VT_{ref}/VT) × (VT_{ref}/V_{ref}), 其中 VT_{ref} 为 GTV 体积,VT 为 GTV 接受处方剂量的体积,V_{ref} 为处方剂量所包含的总体积。HI = (VT_{ref} - VT_{1.5ref})/VT_{ref} × 100%, 其中 VT_{1.5ref} 为 GTV 接受 150% 处方剂量的体积。EI 评估靶区外的处方剂量体积占靶区体积的百分比。EI = (V_{ref} - VT_{ref})/VT × 100%。

7.统计方法:采用 R3.3.2 软件进对术前计划与术后计划剂量学参数行配对 Wilcoxon 检验,P < 0.05

为差异有统计学意义。

结 果

1.手术过程和术中剂量优化:共手术 14 例患者 14 个病灶,其中 10 例为表浅病灶,4 例为深部病灶。具体植入部位分别为腹部 5 例,盆腔 2 例,胸部 3 例,颈部 4 例。8 例患者植入部位曾接受放疗,6 例植入部位未接受过放疗。8 例患者垂直于水平面进针,4 例与水平面成角度进针。1 例患者因骨骼阻挡,打孔插植。所有患者均进行术中剂量优化。植入粒子活度中位数 0.625 mCi (0.55~0.75 mCi, 1 Ci = 3.7 × 10¹⁰ Bq),术前计划穿刺数中位 9 针(4~34 针),植入粒子中位数 35 颗(8~151 颗);平均植入粒子 56 颗(10~162 颗)。

2.术前后剂量学参数比较:手术前后所有参数比较均相近,详见表 2。

表 2 3D-PCT 辅助 CT 引导 ¹²⁵I 粒子植入术前与术后剂量学参数比较[中位数(范围)]

项目	术前	术后	P 值
病灶体积(cm ³)	18.5(1.3~323.0)	26.6(2.6~283.7)	0.135
D ₉₀ (Gy)	150.4(110.0~251.0)	157.5(110.0~279.0)	0.208
MPD(Gy)	77.8(31.4~130.9)	78.6(58.1~144.8)	0.104
V ₁₀₀ (%)	90.4(75.3~99.8)	91.4(83.2~99.1)	0.542
V ₁₅₀ (%)	62.2(33.8~92.6)	62.7(41.9~87.6)	0.754
V ₂₀₀ (%)	36.7(16.5~75.1)	38.8(18.6~65.9)	0.583
EI(%)	34.5(4.9~207.8)	27.5(11.7~221.6)	0.326
HI(%)	28.7(7.6~61.5)	32.5(11.1~54.3)	0.952
CI	0.648(0.325~0.859)	0.682(0.311~0.779)	0.426

讨 论

本研究创新性研发出新型 3D-PCT,率先投入临床验证;初步 14 例患者粒子植入术前、术后剂量学评估数据证实,3D-PCT 引导 CT 辅助下的放射性粒子植入手术剂量学精确,术前术后计划符合率高,重要剂量学参数均相近。共面坐标模板早期仅适用于

前列腺癌放射性粒子植入治疗^[11-13],主要目的在于保证粒子针道平行,不发生偏差,加之经直肠超声引导监视,确保进针深度可控,达到术前计划要求。

柴树德将共面坐标模板引入肺癌粒子治疗领域,他们报道 13 例术中行 TPS 实时计划优化病例对比 18 例未行术中实时计划病例,发现两组术后质量验证满意率分别为 92% 和 39% ($P=0.003$)^[14]。该研究揭示了术中剂量优化的重要作用,但仍无法将术前计划与术中、术后计划关联起来,很难精确的实现术前计划。3D-PCT 引入模板中心点和坐标系概念,模板的作用不单是辅助穿刺进针方向,而且可以帮助确定肿瘤靶区范围;通过计划系统,提供每根针道的深度信息;结合 CT 通过标示系统帮助矫正模板位置和方向。术前计划、针道位置、角度、进针深度以及每个针道所包含的粒子数,完全可通过 3D-PCT 引导实现与术前计划完全一致。

实际上 3D-PNCT 技术已经实现了 3D-PCT 所要求的模板引导作用,可指导手术按照术前计划顺利实施,而且不受进针方向的限制^[9-10]。那么为何还要引入 3D-PCT 技术?这主要与 3D-PNCT 技术的局限性相关。在本中心所开展的系列研究中,发现出现误差较大的病例的主要原因是器官或组织的运动,穿刺过程中受组织致密性影响导致穿刺针受力变形^[9-10]。尤其对于部分胸部肿瘤,穿刺针经过肋骨时,既存在呼吸运动的影响,又存在穿刺针经过肋骨时的受力变形。另一方面实际应用中发现,对于位于腹腔的肿瘤,3D-PNCT 需覆盖在腹壁上,但腹壁表面无特定骨性标志,且腹壁受腹腔脏器充盈度影响,活动度极大,体位重复及模板复位难度大,误差多。故 3D-PNCT 在胸部和腹部应用时受到了较多限制,且误差较大。3D-PCT 部分回归了传统共面坐标模板的特点,包括需要支架辅助固定,进针方向单一固定,灵活性差。但是 3D-PCT 这些特点保证了穿刺针的相对固定,不易受到器官运动的影响。如局部组织器官复杂程度不高,进针方向无重要 OAR 遮挡,3D-PCT 进针方向固定的缺点对治疗影响较小时,其克服器官运动带来影响的优点就体现出来了。

早期本单位 3D-PCT 引导粒子植入病例主要选择了活动度较大的部位,试图克服 3D-PNCT 的局限性。但实际应用过程中,发现其应用价值并非限于这些部位。4 例颈部浅表部位小病灶也可很好采用共面坐标模板引导。另有部分病灶虽位于深部,但无重要 OAR 遮挡,可平行进针,也可 3D-PCT 引导

进行粒子植入。本研究中入组 4 例腹部肿瘤患者,采用共面坐标模板引导完美的实现了术前计划要求。

放疗核心是给予肿瘤合适的剂量照射,最大限度提高治疗增益^[15]。粒子植入近距离治疗目前仅前列腺癌有明确的剂量学模型,其他部位肿瘤因既往的技术限制,没有确切肿瘤最小治愈剂量以及正常组织限量标准^[16]。其他部位粒子植入治疗历经 10 余年发展,从最初无影像引导徒手穿刺时代,到 CT 和超声引导时代;从无法精确设计术前剂量时代,再到目前既能准确术前计划、术后剂量评估,又能精准控制给予剂量时代。目前已有剂量与疗效关系报道,王皓等^[3]回顾性分析 2003—2011 年间 36 例粒子植入复发直肠癌患者,结果术后验证计划 $D_{90}>140\text{ Gy}$ 、 $V_{100}>90\%$ 有利于提高肿瘤 LC 率和 OS 期。其他肿瘤粒子植入确切剂量学资料积累尚少。随着 3D-PCT 技术不断改进和推广,更多中心开展放射性粒子植入治疗、建立标准化质量控制流程,剂量学研究将更加精准;进一步探索剂量与疗效关系的时代即将成为可能。

总之,采用本中心研发的 3D-PCT,通过采用术中剂量优化计划。本中心接受治疗 14 例患者术前后剂量学指标没有显著的统计学差异,提示术前、术后计划符合良好。3D-PCT 应用方便、成本低廉,可考虑大规模推广应用。

参 考 文 献

- [1] Wang JJ, Yuan HS, Li JN, et al. CT-guided radioactive seed implantation for recurrent rectal carcinoma after multiple therapy [J]. *Med Oncol*, 2010, 27 (2): 421-429. DOI: 10.1007/s12032-009-9227-7. PMID: 19415534.
- [2] Lin L, Wang J, Jiang Y, et al. Interstitial ¹²⁵I Seed Implantation for Cervical Lymph Node Recurrence after Multimodal Treatment of Thoracic Esophageal Squamous Cell Carcinoma [J]. *Technol Cancer Res Treat*, 2015, 14 (2): 201-207. DOI: 10.7785/tert.2012.500409. PMID: 24502550.
- [3] 王皓, 王俊杰, 袁慧书, 等. CT 引导 ¹²⁵I 粒子植入治疗局部复发直肠癌疗效和剂量学分析 [J]. *中华放射肿瘤学杂志*, 2016, 25 (10): 1096-1099. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1004-4221.2016.10.016.
- [4] Wang H, Wang JJ, Yuan HS, et al. Efficacy and dosimetry of computed tomography image-guided ¹²⁵I radioactive seed implantation for locally recurrent rectal cancer [J]. *Chin J Radiat Oncol*, 2016, 25 (10): 1096-1099. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1004-4221.2016.10.016.
- [4] 姜玉良, 马月, 王俊杰, 等. ¹²⁵I 粒子治疗头颈部肿瘤颈淋巴结放疗后复发的结果分析 [J]. *中华放射肿瘤学杂志*, 2011, 20 (2): 91-94. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1004-4221.2011.02.002.
- Jiang YL, Ma Y, Wang JJ, et al. Implantation of ¹²⁵I seeds for recurrence cervical node of head and neck tumor after external beam radiotherapy [J]. *Chin J Radiat Oncol*, 2011, 20 (2): 91-94. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1004-4221.2011.02.002.

- [5] 王俊杰,修典荣,冉维强,等.术中超声引导放射性¹²⁵I 粒子植入治疗胰腺癌[J].中华放射医学与防护杂志,2005,25(5):441-443.DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2005.05.011. Wang JJ, Xiu DR, Ran WQ, et al. Iodine-125 seed implantation for unresectable pancreatic carcinoma guided by intraoperative ultrasound [J]. Chin J Radiol Med Prot, 2005, 25(5):441-443. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2005.05.011.
- [6] 柳晨,王俊杰,孟娜,等.CT 引导下放射性¹²⁵I 粒子置入治疗脊柱转移性肿瘤的价值[J].中国脊柱脊髓杂志,2011,21(3):226-229.DOI:10.3969/j.issn.1004-406X.2011.03.12. Liu C, Wang JJ, Meng N, et al. CT-guide interstitial iodine-125 seed implantation for metastatic spine tumor [J]. Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2011, 21(3):226-229. DOI:10.3969/j.issn.1004-406X.2011.03.12.
- [7] 刘树铭,张建国,黄明伟,等.个体化模板辅助颅底区永久性组织间近距离治疗的可行性研究[J].中华放射医学与防护杂志,2013,33(1):42-45. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2013.01.011. Liu SM, Zhang JG, Huang MW, et al. Feasibility of permanent interstitial brachytherapy for skull base region through individual template assistance [J]. Chin J Radiat Oncol, 2013, 33(1):42-45. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2013.01.011.
- [8] 赵一姣,王勇,黄明伟,等.近距离放疗用个性化导板的数字化设计方法[J].中华口腔医学杂志,2014,49(2):115-118.DOI:10.3760/cma.j.issn.1002-0098.2014.02.011. Zhao YJ, Wang Y, Huang MW, et al. Digital Designing Method of an Individual Template for Brachytherapy. [J]. Chin J Stomatol, 2014, 49(2):115-118. DOI:10.3760/cma.j.issn.1002-0098.2014.02.011.
- [9] 吉喆,姜玉良,郭福新,等.3D 打印个体化非共面模板辅助放射性粒子植入治疗恶性肿瘤的剂量学验证[J].中华放射医学与防护杂志,2016,36(9):662-666.DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2016.09.005. Ji Z, Jiang YL, Guo FX, et al. Dosimetry verification of radioactive seed implantation for malignant tumor assisted by 3D printing individual guide template [J]. Chin J Radiol Med Prot, 2016. 36(9):662-666. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2016.09.005.
- [10] 姜玉良,王皓,吉喆,等.CT 引导辅助 3D 打印个体化非共面模板指导¹²⁵I 粒子治疗盆腔复发肿瘤剂量学研究[J].中华放射肿瘤学杂志,2016,25(9):959-964. DOI:10.3760/cma.j.issn.1004-4221.2016.09.012. Jiang YL, Wang H, Ji Z, et al. Computed tomography image-guided and personalized 3D printed template-assisted 125-iodine seed implantation for recurrent pelvic tumor: a dosimetric study [J]. Chin J Radiat Oncol, 2016, 25(9):959-964. DOI:10.3760/cma.j.issn.1004-4221.2016.09.012.
- [11] Davis BJ, Horwitz EM, Lee WR, et al. American Brachytherapy Society consensus guidelines for transrectal ultrasound-guided permanent prostate brachytherapy [J]. Brachytherapy, 2012, 11(1):6-19. DOI:10.1016/j.brachy.2011.07.005. PMID:22265434.
- [12] Nag S, Beyer D, Friedland J, et al. American Brachytherapy Society (ABS) recommendations for transperineal permanent brachytherapy of prostate cancer [J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 1999, 44(4):789-799. DOI:10.1016/S0360-3016(99)00069-3. PMID:10386635.
- [13] Green Thomas C, Horzewski Michael J. Pivoting needle template apparatus for brachytherapy treatment of prostate disease and methods of use. In: NEOSEED TECHNOLOGY LLC, 2000.
- [14] 霍彬,侯朝华,叶剑飞,等.CT 引导术中实时计划对胸部肿瘤¹²⁵I 粒子植入治疗的价值[J].中华放射肿瘤学杂志,2013,22(5):400-402. Huo B, Hou CH, Ye JF, et al. The study of intraoperative real-time planning by CT-guided in ¹²⁵I seed implantation for thoracic malignancie [J]. Chin J Radiat Oncol, 2013, 22(5):400-402.
- [15] 殷蔚伯,余子豪,徐国镇,等.肿瘤放疗学[M].北京:中国协和医科大学出版社,2008. Yin WB, Yu ZH, Xu GZ, et al. Radiation Oncology [M]. Beijing: Peking Union Medical College Press, 2008.
- [16] Yu Y, Waterman FM, Suntharalingam N, et al. Limitations of the minimum peripheral dose as a parameter for dose specification in permanent ¹²⁵I prostate implants [J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 1996, 34(3):717-725. PMID:8621297.

(收稿日期:2017-03-02)

修图通则

本刊编辑部

本刊改月刊后为了保证及时出版,需要大家配合做好修图工作,希望有图者修改之,无图者学习之。

- (1) 图像分辨率要达 1016dpi, 存为 JPEG 格式;
- (2) 有坐标刻度的曲线图大小:宽 6.7 cm, 高 4.3 cm;
- (3) 坐标轴刻度线外置, 有比较的要添加 P 值和图列后的(?)例);
- (4) 坐标轴及刻度线粗细, 以及曲线粗细选 9 个像素, 去掉外框;
- (5) 标目词、图列用中文表示; 坐标刻度值数字、标目词、中文表示的图列字选用方正宋黑 7 点。