

·非血管介入 Non-vascular intervention·

18F-FDG PET/CT 相关参数对肺癌患者 ^{125}I 粒子植入术后短期疗效的预测价值

胡天鹏, 沈 婕, 邵梦麟, 丁恩慈

【摘要】 目的 探讨肺癌患者 ^{125}I 粒子植入(radioactive iodine-125 seed implantation, RISI)治疗的短期临床疗效及 18F-FDG PET-CT 相关代谢参数对 RISI 术后短期疗效的预测价值。**方法** 回顾性分析 49 例接受 RISI 治疗肺癌患者的临床资料。采用 Kaplan-Meier 法分析生存率和二元 logistic 回归分析术后即刻 D90、性别、吸烟史、病理类型、年龄、肿瘤最大直径、肿瘤代谢体积(metabolic tumor volume, MTV)、SUVmax、SUVpeak、SUVmean、TLG 及 CEA 与 RISI 术后短期疗效的关系。**结果** 49 例患者术后 1 个月 CR 0 例, PR 4 例, 有效率为 8.1%; 3 个月后 CR 2 例, PR 27 例, 有效率为 59.2%; 6 个月后 CR 6 例, PR 26 例, SD 12 例, PD 5 例, 有效率为 65.3%, 中位生存时间为 21.0 个月。术后即刻 D90 [$\beta=0.66$, $\text{SE}=0.32$, $\text{Wald}=4.289$, $P=0.038$, $\text{OR}(95\% \text{CI})=1.069(1.004\sim1.138)$]、MTV [$\beta=-0.11$, $\text{SE}=0.052$, $\text{Wald}=4.381$, $P=0.036$, $\text{OR}(95\% \text{CI})=0.896(0.809\sim0.993)$] 是预测术后 6 个月疗效的独立影响因素。MTV 的预测准确度为中等: $\text{AUC}=0.796$, cutoff 值=53.11, 灵敏度=75%, 特异度=76.5%, $P=0.001$; 而 D90 的预测准确度较低: $\text{AUC}=0.656$, $P=0.074$ 。**结论** 18F-FDG PET/CT 显像中的 MTV 与术后即刻 D90 对于预测肺癌患者 RISI 术后 6 个月疗效具有良好的价值。

【关键词】 MTV; ^{125}I 粒子; 术后即刻 D90; 预测价值; 非小细胞肺癌

中图分类号: R734.2 文献标志码: A 文章编号: 1008-794X(2022)-06-0577-05

The clinical value of the relevant parameters of pre-treatment ^{18}F -FDG PET-CT in predicting the short-term efficacy of radioactive ^{125}I seed implantation in patients with lung cancer HU Tianpeng, SHEN Jie, SHAO Menglin, DING Enci. Department of Nuclear Medicine, First Central Clinical School of Tianjin Medical University, Tianjin 300192, China

Corresponding author: SHEN Jie, E-mail: shenjie_vip@126.com

【Abstract】 Objective To investigate the short-term clinical effect of radioactive ^{125}I seed implantation (RISI) in treating patients with non-small cell lung cancer(NSCLC), and to discuss the value of the relevant parameters of pre-treatment ^{18}F -FDG PET-CT in predicting the short-term efficacy of RISI. **Methods** The clinical data of 49 patients with NSCLC, who were treated with RISI at the Tianjin Municipal First Central Hospital of China between January 2016 and December 2018, were retrospectively analyzed. By using Kaplan-Meier method the survival rate was analyzed, and binary logistic regression analysis was used to evaluate the correlation between the post-RISI instant D90, gender, smoking history, pathological pattern, age, maximum tumor diameter, metabolic tumor volume(MTV), SUVmax, SUVpeak, SUVmean, TLG, CEA and the post-RISI short-term efficacy. **Results** One month after RISI, complete remission(CR) was achieved in 0 patient and partial remission(PR) in 4 patients, the effective rate was 8.1%. Three months after RISI, CR was obtained in 2 patients and PR in 27 patients, the effective rate was 59.2%. Six months after RISI, CR was obtained in 6 patients, PR in 26 patients and stable disease(SD) in 12 patients, the effective rate was 65.3%. The median survival time was 21.0 months. The post-RISI instant D90 [$\beta=0.66$, $\text{SE}=0.32$, $\text{Wald value}=4.289$, $P=0.038$, $\text{OR}(95\% \text{CI})=1.069(1.004\sim1.138)$] and the MTV [$\beta=-0.11$, $\text{SE}=0.052$, $\text{Wald value}=4.381$, $P=0.036$, $\text{OR}(95\% \text{CI})=0.896(0.809\sim0.993)$] were the independent influencing factors for predicting the post-RISI 6-month

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2022.06.011

基金项目: 天津市卫生健康科技面上项目(TJWJ2021MS013)

作者单位: 300192 天津医科大学一中心临床学院核医学科

通信作者: 沈 婕 E-mail: shenjie_vip@126.com

curative efficacy. The prediction accuracy of MTV was moderate ($AUC=0.796$, cutoff value=53.11, sensitivity=75%, specificity=76.5%, $P=0.001$), while the prediction accuracy of D90 was low ($AUC=0.656$, $P=0.074$).

Conclusion The parameter of MTV in ^{18}F -FDG PET/CT imaging and the post-RISI instant D90 have good value in predicting post-RISI 6-month short-term curative efficacy for patients with NSCLC. (J Intervent Radiol, 2022, 31: 577-581)

【Key words】 metabolic tumor volume; ^{125}I seed; instant D90 after surgery; predictive value; non-small cell lung cancer

肺癌是全球病死率最高、发病率居第 2 位的恶性肿瘤,同时也是我国发病率和病死率最高的恶性肿瘤^[1-2]。多数患者被发现肺癌时已是中晚期,丧失了手术治疗的机会。近年来, ^{125}I 粒子植入 (radioactive iodine-125 seed implantation, RISI) 为中晚期恶性肿瘤患者提供了另一种临床有效的治疗方法,对肺部局灶性肿瘤病灶具有一定的控制作用^[3]。随着分子影像学的快速发展, PET-CT 能够显示分子水平的全身代谢信息及肿瘤的形态特征,但对 PET-CT 半定量代谢参数与肺癌患者 RISI 术后短期疗效的相关性研究鲜见报道。本研究回顾性分析 49 例肺癌患者 RISI 术前 ^{18}F -FDG PET-CT 代谢相关参数与术后短期疗效的关系,为预测 RISI 术后短期疗效提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析天津市第一中心医院自 2016 年 1 月至 2018 年 12 月接受 RISI 治疗肺癌患者的临床资料。纳入标准:①细胞学、组织病理学等确诊为非小细胞肺癌,且病灶位于胸部;②粒子植入治疗前 1 周内行 PET/CT 扫描;③预计生存期 > 6 个月;④不能耐受手术治疗及放疗者;⑤病例资料完整,且能提供随访资料。排除标准:①合并严重心、肝、肾和造血系统疾病、严重肺功能障碍及其他恶性肿瘤;②无术后 1、3、6 个月 CT 及相关影像资料;③第 2 次粒子治疗距第 1 次治疗时间间隔小于 6 个月。本研究共纳入符合标准的非小细胞肺癌患者 49 例,共 49 个病灶。患者中,男 33 例,女 16 例,年龄为 (67.0 ± 10.2) 岁,范围为 49~92 岁。按病理分类:肺腺癌 25 例,鳞癌 24 例。按肿瘤分期:T1、T2、T3、T4 期分别为 4、3、15、27 例。所有患者均接受含铂类的两药一线化疗方案。

1.2 ^{18}F -FDG PET-CT 检查方法

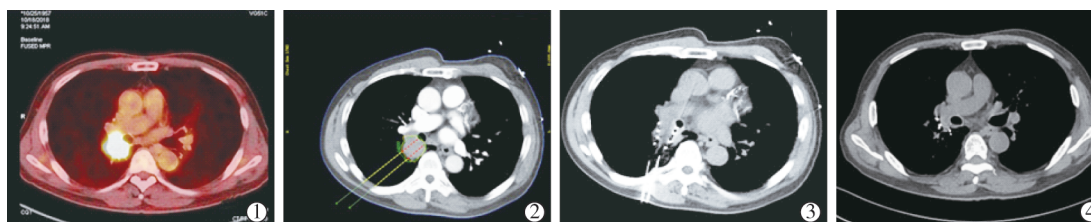
检查当日患者禁食 4~6 h。检查前结合血糖水平及体质量静脉注射 ^{18}F -FDG。安静状态下等待

40~60 min 后,先行螺旋 CT 扫描,后行 PET 扫描(采集 7~8 个床位,2.5 min/床位),扫描范围自颅顶至股骨上段。采集结束后应用 CT 数据进行衰减校正,迭代法重建,数据传至工作站行图像处理。根据病灶的部位、大小、形态学特征、示踪剂的浓聚程度和范围做出影像学诊断^[4],并勾画出目标病灶的感兴趣区(region of interest, ROI),工作站根据 ROI 自动算出病灶的病灶区域最大摄取值 (SUVmax)、病灶区域平均摄取值(SUVmean)及小区域的 SUV 平均值的最大值(SUVpeak),其中 SUVpeak 是以 SUVmax 为中心的 1 cm^3 体积内的 SUV 均值。同时以阈值为 2.5 提取病灶的肿瘤代谢体积(metabolic tumor volume, MTV)^[5],病变糖酵解总量(total lesion glycolysis, TLG) = $\text{SUVmean} \times \text{MTV} (\text{cm}^3)$ 。

1.3 粒子植入方法

使用 GE revolution 多层螺旋 CT 机、Pinpoint 立体定位激光系统、18 G 穿刺针。 ^{125}I 粒子为北京原子高科有限公司提供,外形为圆柱形钛合金封装体,长度为 4.5 mm,直径为 0.8 mm,半衰期为 59.6 d,放射性活度为 0.7~0.9 mCi。

术前所有患者先行薄层 CT 扫描,必要时加做增强扫描,将获得图像传送到计算机定位治疗计划系统(treatment plansystem, TPS)进行三维重建,勾画靶区。根据肿瘤靶体积、粒子放射性活度,计算与肿瘤匹配周缘剂量,由此确定植入导针的位置、方向及植入粒子的数目。采用局部麻醉或全身麻醉,俯卧位或仰卧位。根据 CT 扫描图像选择进针点和进针角度,在皮肤表面做好标记。CT 引导下进针,穿刺针间距 1 cm,周边超出肿瘤 0.5~1 cm。避开肿瘤靶区临近危险器官如血管和大气管等至少 1 cm。根据 CT 扫描进行调整,直到穿刺针分布满意为止。测量每根针在靶区内的深度,根据深度后退式种植粒子,间隔 1 cm,植入粒子 15~145 颗,中位数 50 颗。术后即刻行 CT 扫描验证,并将图像传入 TPS 进行剂量验证,获取术后即刻 D90。粒子植入治疗的流程图见图 1。



①术前 PET/CT 示右侧肺门肿物代谢异常增高;②术前 TPS 勾画靶区,设计穿刺针植入及粒子数量;③CT 引导下放射性粒子植入;④术后 6 个月 CT 复查,病灶基本消失

图 1 RISI 治疗流程

1.4 随访及疗效评估

术后通过电话或门诊等方式进行随访,术后 1 年内每 3 个月复查 1 次,1 年后每 6 个月复查 1 次,截止时间为 2020 年 8 月 31 日。

疗效判定标准主要参照实体瘤疗效评估标准 (RECIST 1.1) 对每个病灶进行评价^[6]。完全缓解 (CR): 目标病灶完全消失;部分缓解 (PR): 与基线相比,目标病灶直径至少减少 30%;病变稳定 (SD): 肿瘤直径缩小未达 PR 或增加未到 PD;病变进展 (PD): 肿瘤直径增大 20% 以上。总有效率 = (CR + PR) / 总例数 × 100%。

1.5 统计学方法

采用 SPSS22.0 对数据进行统计学分析,正态分布的计量资料以均数 ± 标准差表示,比较采用独立样本 *t* 检验;计数资料以例数和百分数表示,比较采用 χ^2 检验。二元 logistic 回归分析影响预后的独立因素;以 Kaplan-Meier 法绘制生存曲线。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 术后 6 个月疗效分析

术后 6 个月,治疗有效患者 32 例,无效患者 17 例。单因素分析结果显示,术后即刻 D90、MTV 与疗效有关 (均 $P < 0.05$)。而性别、吸烟史、病理类型、年龄、肿瘤最大直径、SUVmax、SUVpeak、SUVmean、TLG 及 CEA 不是疗效的影响因素 (均 $P > 0.05$),见表 1。

以术后 6 个月疗效是否有效作为因变量,将单因素分析中差异有统计学意义的变量作为协变量,引入二元 logistics 回归模型进行分析,结果显示,术后即刻 D90、MTV 是预测术后 6 个月疗效的独立影响因素,见表 2。对 D90、MTV 进行 ROC 曲线分析,结果显示,MTV 对术后 6 个月疗效的预测准确性为中等,AUC 为 0.796,cutoff 值为 53.11,灵敏度为 75%,特异度为 76.5%。而 D90 的预测准确性较低,AUC 为 0.656。

表 1 单因素分析 49 例非小细胞肺癌患者 6 个月疗效的影响因素

影响因素	有效 (32 例)	无效 (17 例)	检验值	<i>P</i> 值
性别 (例)			$\chi^2=0.083$	0.774
男	22	11		
女	10	6		
吸烟史 (例)			$\chi^2=0.188$	0.665
有	19	9		
无	13	8		
病理类型 (例)			$\chi^2=0.038$	0.845
腺癌	16	9		
鳞癌	16	8		
年龄 (岁)	65.7±9.7	67.6±11.0		0.204
肿瘤最大直径 (cm)	4.9±2.0	5.7±2.0		0.190
D90 (Gy)	132.2±20	121.2±16.1		0.025
SUVmax	17.7±5.0	17.7±6.9		0.970
SUVmean	6.2±1.5	6.4±1.6		0.870
SUVpeak	11.6±5.2	13.0±4.9		0.360
MTV	50.4±52.6	105.8±117.5		0.027
TLG	341.6±393.9	771.7±1145.6		0.150
CEA	49.2±134.1	218.5±376.4		0.089

D90 为 90% 大体肿瘤体积接受的剂量;SUVmax 为放射性最大标准摄取值;MTV 为肿瘤代谢体积;TLG 为病变糖酵解总量;CEA 为癌胚抗原

2.2 术后 6 个月内临床疗效及累计生存率分析

术后 1 个月 CR 0 例,PR 4 例,总有效率为 8.1%;3 个月后 CR 2 例,PR 27 例,总有效率为 59.2%,6 个月后 CR 6 例,PR 26 例,SD 12 例,PD 5 例,总有效率为 65.3%,见表 3。术后 6 个月内 32 个病灶有不同程度的缩小,术后 6 个月 6 个病灶基本消失。49 例患者随访时间为 8~35 个月,中位随访时间为 19 个月,中位生存时间为 21.0 个月。将 49 例患者分为 MTV < 53.11 组和 MTV > 53.11 组绘制生存曲线,MTV < 53.11 组中位生存时间为 25 个月,MTV > 53.11 组中位生存时间为 15 个月,两组生存率差异有统计学意义 ($P=0.025$)。

3 讨论

近年来,RISI 由于具有定位准确、创伤小、适形性好、持续低剂量照射、正常组织及器官辐射暴露

表 2 二元 logistics 回归分析 IRSI 术后 6 个月疗效的影响因素

变量	回归系数	标准误	Wald	P 值	OR(95%CI)
MTV	-0.110	0.052	4.381	0.036	0.896(0.809~0.993)
D90	0.660	0.320	4.289	0.038	1.069(1.004~1.138)
TLG	0.009	0.005	3.513	0.061	1.009(1.000~1.019)
肿瘤最大直径	0.899	0.532	2.854	0.091	2.458(0.866~6.976)
CEA	-0.003	0.002	2.409	0.121	0.997(0.994~1.001)

MTV 为肿瘤代谢体积;D90 为 90% 大体肿瘤体积接受的剂量;TLG 为病变糖酵解总量;CEA 为癌胚抗原

表 3 术后 6 个月内疗效评估情况 [例(%)]

术后时间(月)	CR	PR	SD	PD	总有效(%)
1	0	4(8.2)	45(91.8)	0	4(8.1)
3	2(4.1)	27(55.1)	18(36.7)	2(4.1)	29(59.2)
6	6(12.2)	26(53)	12(24.4)	5(10.2)	32(65.3)

CR 为完全缓解;PR 为部分缓解;SD 为病变稳定;PD 为病变进展

少、并发症少等优点,被广泛应用于中晚期不能手术的前列腺癌、肺癌、胰腺癌、结直肠癌和头颈部肿瘤^[7-12]。对于肺癌患者,这种治疗也显示出良好的效果,能够提供很好的缓解疼痛和局部控制,并延长患者的存活率。

18F-FDG PET/CT 不仅可以了解病灶的形态学特征,还与肿瘤细胞的分子生物学特征相关,其中包含病理组织类型、葡萄糖转运蛋白 1(glucose transporter-1, Glut-1)的表达、乏氧状态等^[13]。其可以反映肺癌的恶性程度,并且与肺癌的治疗、预后密切相关。文献证实,18F-FDG PET/CT 代谢参数在非小细胞肺癌的预后评估中具有一定价值^[14]。SUV_{max} 作为最常用的代谢参数仅能表现肿瘤病灶的最高代谢摄取,难以体现肿瘤空间特征与生物学行为,相较而言,体积代谢参数 MTV、TLG 将肿瘤的体积与代谢两方面信息结合,可以反映病灶的肿瘤负荷,具有更好的预后评估价值^[15-17]。MTV 是图像上 SUV 处于某特定范围的全部体素的体积,从代谢的角度反映肿瘤体积大小的参数。MTV 越大,表明肿瘤组织内克隆源性细胞数量越多,肿瘤直径也越大,肿瘤边界不清,在粒子植入中常不能精确地确定临床肿瘤靶区。同时 MTV 越大肿瘤负荷较高,肿瘤中心的血液供应差,乏氧细胞所在比例高,对 β 射线抵抗性也越大。MTV 大的肿瘤,发生液化坏死的可能性也越大,导致治疗后粒子移位,周边剂量达不到术前要求,出现局部冷区,使肿瘤的复发概率大大增加,影响治疗效果。目前有研究表明肿瘤的最大直径是粒子治疗肺癌疗效的独立影响因素,

但由于研究中病例数量、病理类型、处方剂量及植入方式的不同,研究结果存在很大的差异^[18-20]。本研究经过二元 logistics 回归及 ROC 曲线分析得出,病灶 MTV<53.11 患者能获得更好的疗效。

目前国际上尚缺乏 RISI 统一的规范和处方剂量标准以及大量的前瞻性随机对照研究。肿瘤细胞和肿瘤位置的异质性以及处方剂量的不同,导致可参考的文献有限。在多项研究中处方剂量基本为 100~140 Gy,但这些处方剂量都是基于各自的临床经验^[21-23]。有研究证实,放射性粒子植入的近期疗效与肿瘤所受的照射剂量密切关联,靶剂量是 RISI 术后局部控制率的独立因素^[23],剂量与局部控制率呈正相关。剂量越高,局部控制效果越好,超过 140 Gy 的处方剂量治疗效果可能会更好。陈恩立等^[24]报道 73 例头颈部复发转移肿瘤患者,植入粒子活度 11.1~29.6 MBq,处方剂量 80~145 Gy,术后 3 个月有效率为 47%,术后即刻 D90>110.05 Gy 的患者可获得更好的疗效。本研究也得到类似结论,D90 与粒子治疗短期疗效有关,但可能由于病例数的不足,导致预测准确度较低。因此,对于不同处方剂量与疗效的关系还需要进一步研究。本研究尚存在不足之处:首先为回顾性研究,且样本量不大,可能会造成结果偏倚,需进一步加大样本量及多中心、多病例的分析;其次随访时间不够长,缺乏对 RISI 术后长期疗效的研究。

综上所述,18F-FDG PET/CT 显像中的 MTV 与术后 D90 对于预测肺癌患者 RISI 术后 6 个月疗效具有良好的价值,尤其是对于 MTV<53.11 的患者疗效更好。

[参考文献]

- [1] Feng RM, Zong YN, Cao SM, et al. Current cancer situation in China: good or bad news from the 2018 Global Cancer Statistics? [J]. Cancer Commun(Lond), 2019, 39: 22.
- [2] Siegel RL, Miller KD, Fuchs HE, et al. Cancer statistics, 2021 [J]. CA Cancer J Clin, 2021, 71: 7-33.
- [3] 王一青,朱林海,林旭,等. CT 引导下 ¹²⁵I 粒子植入术对晚期肺癌及肺转移瘤的治疗作用[J]. 中国肺癌杂志, 2020, 23:424-428.
- [4] 季丹丹. PET-CT 在肺癌诊断中的应用与意义评定[J]. 影像研究与医学应用, 2018, 2:136-137.
- [5] Moon SH, Cho SH, Park LC, et al. Metabolic response evaluated by 18F-FDG PET/CT as a potential screening tool in identifying a subgroup of patients with advanced non-small cell lung cancer for immediate maintenance therapy after first-line chemotherapy [J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2013, 40: 1005-1013.
- [6] Eisenhauer EA, Therasse P, Bogaerts J, et al. New response

- evaluation criteria in solid tumours: revised RECIST guideline (version 1.1)[J]. *Eur J Cancer*, 2009, 45: 228-247.
- [7] Park DS, Gong IH, Choi DK, et al. Radical prostatectomy versus high dose permanent prostate brachytherapy using iodine - 125 seeds for patients with high risk prostate cancer: a matched cohort analysis[J]. *World J Urol*, 2013, 31: 1511-1517.
- [8] Wang ZM, Lu J, Liu T, et al. CT-guided interstitial brachytherapy of inoperable non-small cell lung cancer[J]. *Lung Cancer*, 2011, 74: 253-257.
- [9] Joyce F, Burcharth F, Holm HH, et al. Ultrasonically guided percutaneous implantation of iodine - 125 seeds in pancreatic carcinoma[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 1990, 19: 1049-1052.
- [10] Wang JJ, Yuan HS, Li JN, et al. Interstitial permanent implantation of ^{125}I seeds as salvage therapy for re-recurrent rectal carcinoma [J]. *Int J Colorectal Dis*, 2009, 24: 391-399.
- [11] Jiang YL, Meng N, Wang JJ, et al. Percutaneous computed tomography/ultrasonography - guided permanent iodine - 125 implantation as salvage therapy for recurrent squamous cell cancers of head and neck[J]. *Cancer Biol Ther*, 2010, 9: 959-966.
- [12] Zhang FJ, Li CX, Zhang L, et al. Short-to mid-term evaluation of CT-guided ^{125}I brachytherapy on intra-hepatic recurrent tumors and/or extra - hepatic metastases after liver transplantation for hepatocellular carcinoma[J]. *Cancer Biol Ther*, 2009, 8: 585-590.
- [13] Jadvar H, Alavi A, Gambhir SS. ^{18}F - FDG uptake in lung, breast, and colon cancers: molecular biology correlates and disease characterization[J]. *J Nucl Med*, 2009, 50: 1820-1827.
- [14] 陈挺, 张宏, 田梅. ^{18}F -FDG PET/CT 代谢半定量参数在非小细胞肺癌预后评估中的价值[J]. *国际放射医学核医学杂志*, 2018, 42: 269-273.
- [15] Sharma A, Mohan A, Bhalla AS, et al. Role of various metabolic parameters derived from baseline ^{18}F -FDG PET/CT as prognostic markers in non-small cell lung cancer patients undergoing platinum-based chemotherapy[J]. *Clin Nucl Med*, 2018, 43: e8-e17.
- [16] Chardin D, Paquet M, Schiappa R, et al. Baseline metabolic tumor volume as a strong predictive and prognostic biomarker in patients with non - small cell lung cancer treated with PD1 inhibitors: a prospective study[J]. *J Immunother Cancer*, 2020, 8: e000645.
- [17] Hong IK, Lee JM, Hwang IK, et al. Diagnostic and predictive values of ^{18}F - FDG PET/CT metabolic parameters in EGFR - mutated advanced lung adenocarcinoma[J]. *Cancer Manag Res*, 2020, 12: 6453-6465.
- [18] Ashamalla H, Rafla S, Zaki B, et al. Radioactive gold grain implants in recurrent and locally advanced head - and - neck cancers[J]. *Brachytherapy*, 2002, 1: 161-166.
- [19] 张文文, 郝珊瑚, 王治国, 等. ^{125}I 粒子植入治疗 ^{131}I 难治性分化型甲状腺癌淋巴结转移的临床价值[J]. *中华核医学与分子影像杂志*, 2018, 38: 9-13.
- [20] 王娟, 孙美玲, 张宏涛, 等. 外放疗后复发颈部淋巴结转移癌 17 例 ^{125}I 粒子植入治疗的初步疗效[J]. *介入放射学杂志*, 2014, 23: 784-787.
- [21] Jiang Y, Ji Z, Guo F, et al. Side effects of CT - guided implantation of ^{125}I seeds for recurrent malignant tumors of the head and neck assisted by 3D printing non co-planar template [J]. *Radiat Oncol*, 2018, 13: 18.
- [22] Zhang Q, Wang DQ, Wu YF. Sodium glycididazole enhances the efficacy of combined iodine - 125 seed implantation and chemotherapy in patients with non small - cell lung cancer [J]. *Oncol Lett*, 2015, 9: 2335-2340.
- [23] Ji Z, Jiang Y, Guo F, et al. Dosimetry verification of radioactive seed implantation for malignant tumors assisted by 3D printing individual templates and CT guidance[J]. *Appl Radiat Isot*, 2017, 124: 68-74.
- [24] 陈恩立, 张宏涛, 刘泽洲, 等. CT 引导 ^{125}I 粒子植入治疗头颈部复发转移肿瘤近期疗效的影响因素分析[J]. *中华核医学与分子影像杂志*, 2020, 40: 93-97.

(收稿日期: 2021-08-30)

(本文编辑: 新宇)