

Template for guiding puncture by beginner during ^{125}I seeds implantation for simulated intracranial tumor

ZHANG Hongtao¹, ZHOU Qiumei^{1,2}, YANG Huaqing³, YANG Xin⁴,
WANG Xiangyu⁴, SUI Aixia¹, HU Xiaokun^{5*}, WANG Juan¹

(1. Department of Oncology, Hebei General Hospital, Shijiazhuang 050051, China; 2. Graduate School, North China University of Science and Technology, Tangshan 063210, China; 3. Department of Oncology, Guangyuan Central Hospital, Guangyuan 628000, China; 4. Department of Nuclear Medicine, Hebei General Hospital, Shijiazhuang 050051, China; 5. Department of the Interventional Medical Center, the Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao 266000, China)

[Abstract] **Objective** To observe the value of template for guiding beginner puncture during ^{125}I seeds implantation for simulated intracranial tumor. **Methods** Manual puncture and template guided puncture were performed for ^{125}I seeds implantation by a deputy chief physician of internal medicine of oncology who underwent one-day training of template guided puncture. The effects of 2 puncture methods were observed and compared, including deviation distance of left or right (D_x) and head or foot (D_z) of needle tip, puncture angle error and dose parameters. **Results** D_x of manual and template guided puncture was 7.2 and 1.6 mm, respectively, D_z was 10.00 (5.00, 10.00) and 5.00 (0, 5.00) mm, respectively, all were significant different ($Z = -7.489$, $P < 0.001$), while the puncture angle error was $(5.89 \pm 2.23)^\circ$ and $1.00 (1.00, 2.00)^\circ$, respectively, all were significant different ($Z = -8.417$, $P < 0.001$). The differences of dose parameters between planned puncture scheme and template guided puncture were smaller than those of manual puncture. **Conclusion** Template guided puncture by beginner during ^{125}I seeds implantation had good effect for simulated intracranial tumor.

[Keywords] brain neoplasms; iodine radioisotopes; punctures; template; tomography, X-ray computed

DOI:10.13929/j.issn.1003-3289.2022.07.026

模板引导初学医师穿刺植入 ^{125}I 粒子用于模拟颅内肿瘤

张宏涛¹, 周秋妹^{1,2}, 杨华清³, 杨鑫⁴, 王香玉⁴, 隋爱霞¹, 胡效坤^{5*}, 王娟¹

(1. 河北省人民医院肿瘤一科, 河北 石家庄 050051; 2. 华北理工大学研究生院, 河北 唐山 063210;
3. 广元市中心医院肿瘤二科, 四川 广元 628000; 4. 河北省人民医院核医学科,
河北 石家庄 050051; 5. 青岛大学附属医院介入医学中心, 山东 青岛 266000)

[摘要] **目的** 观察模板引导初学医师穿刺植入 ^{125}I 用于模拟颅内肿瘤的价值。**方法** 由1名经1天模板引导穿刺培训的肿瘤内科副主任医师分别徒手穿刺及在模板引导穿刺植入 ^{125}I 用于模拟颅内肿瘤,对比观察其效果,包括针尖向左或右侧(D_x)及头或足侧(D_z)偏移的距离、穿刺角度误差及剂量参数。**结果** 徒手与模板引导穿刺的 D_x 分别为7.2及

[基金项目] 国家重点研发计划(2019YFE0120100)。

[第一作者] 张宏涛(1982—),男,河北承德人,博士,副主任医师。研究方向:肿瘤放射性粒子植入治疗。E-mail: hongtaozhangmd@163.com

[通信作者] 胡效坤,青岛大学附属医院介入医学中心,266000。E-mail: huxiaokun770@163.com

[收稿日期] 2021-12-15 **[修回日期]** 2022-03-31

1.6 mm, D_z 为 10.00(5.00, 10.00) 及 5.00(0.5, 5.00)mm, 差异有统计学意义 ($Z = -7.489, P < 0.001$); 穿刺角度误差分别为 $(5.89 \pm 2.23)^\circ$ 及 $1.00(1.00, 2.00)^\circ$, 差异有统计学意义 ($Z = -8.417, P < 0.001$)。模板引导穿刺与计划穿刺方案剂量参数的差距小于徒手穿刺。**结论** 模板引导初学医师穿刺植入 ^{125}I 用于模拟颅内肿瘤效果较好。

[关键词] 脑肿瘤; 碘放射性同位素; 穿刺术; 模板; 体层摄影术, X 线计算机

[中图分类号] R739.41; R815 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2022)07-1077-04

^{125}I 粒子植入治疗低级别脑胶质细胞瘤疗效较佳^[1]。相关专家共识^[2]推荐将 ^{125}I 粒子用于治疗颅内肿瘤, 主要包括无法经外科手术切除的脑胶质细胞瘤、复发脑胶质细胞瘤及单发脑转移瘤。目前多于 CT 或 MRI 引导下徒手穿刺植入 ^{125}I 粒子, 仅少数采用模板引导。由于颅内穿刺风险较高, 植入 ^{125}I 粒子多由高年资医生进行操作。本研究采用仿真模型, 观察模板引导初学医师穿刺植入 ^{125}I 模拟颅内肿瘤的价值。

1 材料与方法

1.1 仪器与设备 18G 粒子植入针 (Mick Radio-Nuclear); GE Discovery NM/CT 670 PET/CT 仪; Nanon-I 型一次性导向模板 (石家庄纳浓商贸), 用于引导外径 21G~10G (0.8~4.0 mm) 单针, 支持以任意角度进行穿刺; 自行研制的模拟头颅模型, 外壳为仿真颅骨形状, 质地与颅骨类似, 其内填充密度与脑组织近似的等效材料, 内置直径 4 cm 橡胶球以模拟肿瘤, 其与脑组织等效材料的 CT 分辨率及硬度均不同 (图 1); Prowess Panther Brachy v5.0 近距离治疗计划系统 (treatment planning system, TPS, Prowess); 6711-99 型放射性碘-125 粒子 (上海欣科医药), 长 4.5 mm, 直径 0.8 mm, 活度 $2.96 \times 10^7 \text{ Bq}$ (0.80 mCi), 能量 27~35 keV, 半衰期 59.4 天。

1.2 穿刺医师 为 1 名于本院进修 3 个月、于我科观摩 40 台粒子植入术并于近 1 个月开始学习穿刺技术的肿瘤内科副主任医师, 熟悉 CT 引导下穿刺流程及基本技巧并接受 1 天模板引导穿刺培训。

1.3 实验方法 以 90° 侧位将头颅模型固定于检查床上进行 CT 扫描 (图 1), 层厚 5 mm, 管电压 120 kV, 管电流 130~220 mA, 噪声指数 13。将 CT 图像传入 TPS, 设计穿刺路径及引导线, 使引导线呈扇形分布 (图 2) 并选取粒子, 处方剂量 140 Gy; 之后在模型表面标记穿刺点。

制定术前计划, 均为共面穿刺, 穿刺角度 (进针方向与垂直方向的角度) 分别为 $0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 12^\circ, 14^\circ, 20^\circ, 25^\circ, 30^\circ, 34^\circ, 38^\circ$ 及 40° , 每个角度穿刺 5 次, 穿刺深度 7 cm; 其中, 穿刺角度小于 14° 的针道均经过模拟肿瘤, $\geq 14^\circ$ 的针道均位于模拟肿瘤以外的模拟脑组织内。

分别于 CT 引导下进行徒手穿刺及于一次性导向模板引导下进行穿刺 (图 3), 并于每次穿刺结束后行 CT 扫描 (图 4), 即刻记录实际穿刺角度, 计算每 5 次的实际穿刺角度均值, 测量针尖向头侧或足侧偏移的距离 (D_z)。

1.4 穿刺角度误差 分别计算徒手及模板引导下穿刺角度误差的平均值: 穿刺角度误差 = |实际穿刺角度 - 计划穿刺角度|。

1.5 剂量参数 根据公式 $\sin \angle A = a/c$ 计算针尖向左或右方向偏移的距离 (D_x), 其中, $\angle A$ 为穿刺角度误差总平均值的 $1/2$, c 为进针深度, a 为 D_x 的 $1/2$; 计算针尖实际偏移误差 (D_{za}), $D_{za} = D_z - 5 \text{ mm}$ 。分别将所有粒子向左或右移动 D_x , 再向头侧移动 D_{za} (图 5), 计算 D_{80} 、 D_{90} 及 D_{100} (80%、90% 及 100% 靶区所接受最小辐照剂量) 和 V_{90} 、 V_{100} 及 V_{150} (90%、100% 及 150% 处方剂量覆盖的体积占靶区体积的百分比) 等参数。

1.6 统计学分析 采用 SPSS 25.0 统计分析软件。以 $\bar{x} \pm s$ 表示符合正态分布的计量资料, 以中位数 (上下四分位数) 表示不符合者, 行 Wilcoxon 秩和检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

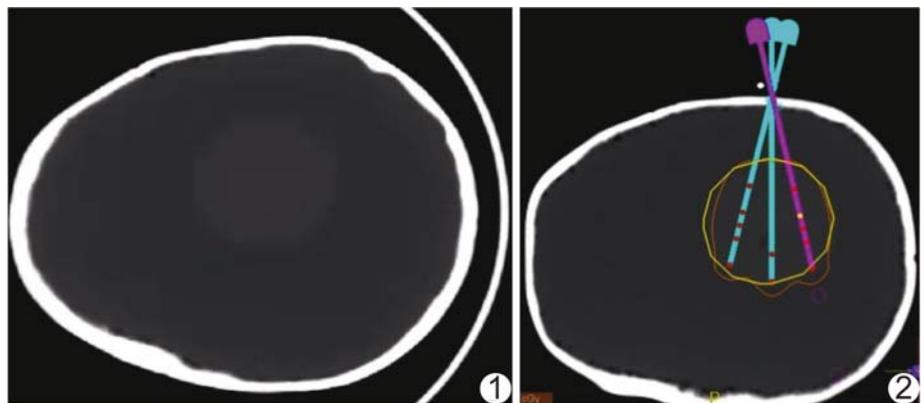


图 1 颅内肿瘤模型的水平面 CT 图像 图 2 扇形布针植入 ^{125}I 粒子示意图

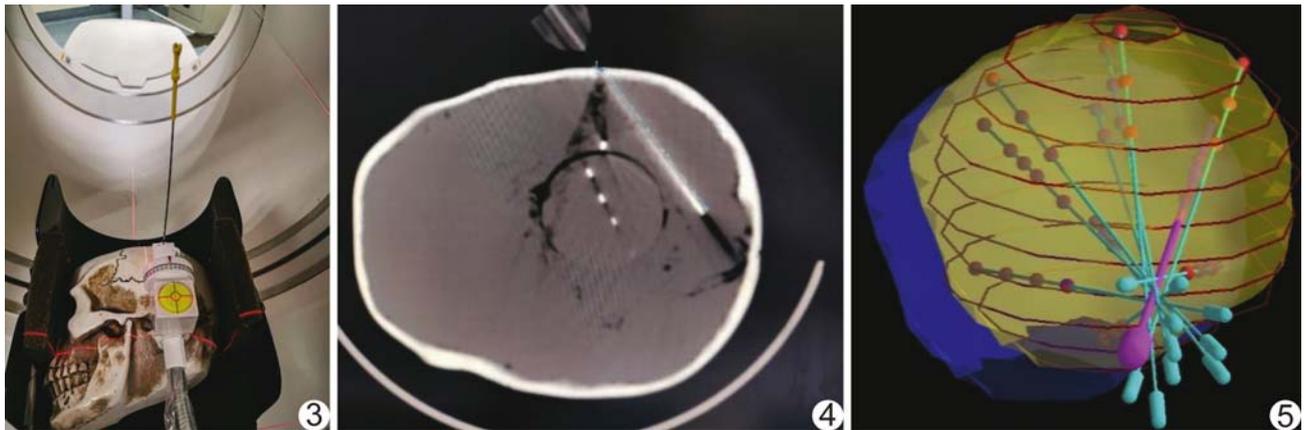


图3 模板引导穿刺 侧置头颅模型,以激光线定位,于模板引导下穿刺模拟颅内肿瘤
图4 CT图示模板引导下穿刺模拟颅内肿瘤
图5 三维重建图示植入¹²⁵I粒子用于模拟颅内肿瘤

图4 CT图示模板引导下穿刺模拟颅内肿瘤

2 结果

徒手与模板引导下穿刺的 D_x 分别为 7.2 及 1.6 mm, D_z 为 10.00 (5.00, 10.00) 及 5.00 (0, 5.00) mm, 差异有统计学意义 ($Z = -7.489, P < 0.001$); 穿刺角度误差为 $(5.89 \pm 2.23)^\circ$ 及 $1.00 (1.00, 2.00)^\circ$, 差异有统计学意义 ($Z = -8.417, P < 0.001$); 见表 1。模板引导与计划穿刺方案各剂量参数及穿刺差距较小, 而徒手穿刺与计划穿刺方案差距较大; 见表 2 及图 6。

3 讨论

近年来, CT 及超声等影像学技术的快速发展极大地推动了植入¹²⁵I 粒子治疗肿瘤^[3-4]。多项研究^[5-8]表明, 植入¹²⁵I 粒子治疗颅内肿瘤疗效较佳, 且并发症可控。胡效坤等^[9]分析 12 家医院对 310 例颅内肿瘤患者进行的 412 次¹²⁵I 粒子植入术, 发现术后主要并发症为出血及脑水肿等, 总并发症发生率 10.40%, 3 例于术后 7~45 天死亡, 术后 45 天总死亡率为 0.70%, 低于外科手术 (4%~8%) 但高于其他部位粒子植入术^[10], 主要与穿刺风险高及并发症多样等有关。目前植入¹²⁵I 粒子的主要途径包括颅骨打孔、徒手穿刺及扇形布针。LIU 等^[11]报道, 于 3D 打印模板引导下植入¹²⁵I 粒子治疗颅

表 1 计划穿刺角度及徒手、模板引导穿刺模拟颅内肿瘤的实际穿刺角度

穿刺方案	穿刺角度($^\circ$)											
计划	0	5	10	12	14	20	25	30	34	38	40	
徒手	4.0	11.0	17.2	18.4	20.6	26.6	30.0	29.8	35.8	36.6	37.6	
模板引导	1.0	5.8	11.2	12.8	15.2	21.0	24.0	29.8	34.4	38.4	39.8	

表 2 计划穿刺、徒手穿刺及模板引导穿刺的剂量参数

穿刺方案	D_{80} (Gy)	D_{90} (Gy)	D_{100} (Gy)	V_{90} (%)	V_{100} (%)	V_{150} (%)
计划	163.76	142.70	100.74	96.40	92.10	58.70
徒手	109.95	81.88	46.06	76.50	72.10	50.30
模板引导	163.76	142.70	93.61	95.50	91.40	58.60

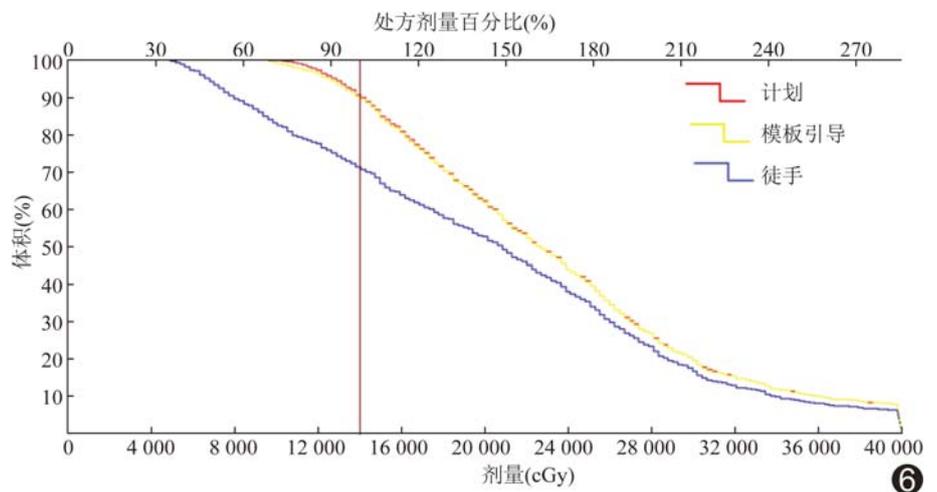


图 6 计划穿刺、徒手穿刺及模板引导穿刺的剂量体积直方图

内肿瘤的穿刺准确度高于徒手穿刺, 且剂量分布更优; 亦有报道^[12-13]称模板引导用于植入粒子治疗其他部位肿瘤均可提高穿刺精度、缩短医师学习时间。

本研究采用单孔扇形布针模式, 仅在模拟头颅模

型上打单孔,旨在降低实际操作中的出血风险;但单孔所能容纳的针道数有限,故采用 0.8 mCi 的大活度粒子,以达到处方剂量。本研究结果显示,徒手与模板引导穿刺的角度误差分别为 $(5.89 \pm 2.23)^\circ$ 及 $1.00 (1.00, 2.00)^\circ$,其中徒手穿刺的最大误差为 13° ,且针道位于模拟肿瘤外,为操作失误所致;而模板引导下仅 1 针穿刺误差为 8° ,且针道经过模拟肿瘤边缘,其余误差均小于 4° ,主要为模拟肿瘤对针尖的侧向推力所致。穿刺植入 ^{125}I 粒子时,若针道偏移,极易误伤附近血管而引起相关并发症。何庄超等^[14]以非共面 3D 打印模板粒子植入术治疗肺癌,针道左右及头足方向的偏移距离分别为 (2.71 ± 1.78) 及 (2.77 ± 1.93) mm。本研究徒手与模板引导穿刺的 D_x 分别为 7.2 及 1.6 mm, D_z 为 10.00 (5.00, 10.00) 及 5.00 (0, 5.00) mm,提示模板引导穿刺可降低针道偏移风险。

此外,针道位置偏移亦可导致不同程度剂量误差。SU 等^[15]以粒子植入术治疗前列腺癌,发现粒子位置偏差为 2 mm 时, D_{90} 减少低于 5%;偏差为 5 mm 时, V_{100} 减少 10%;偏差达 10 mm 时, D_{90} 减少 33 Gy。有学者^[16]报道,粒子辐照剂量可直接影响治疗前列腺癌的效果:有效生物剂量大于 200 Gy 时,患者 10 年无生化进展生存 (biochemical progression-free survival, bPFS) 率为 92%,有效生物剂量为 140~160 Gy 时,10 年 bPFS 率为 85.50%,有效生物剂量小于 100 Gy 时,10 年 bPFS 率为 46%;且尿道并发症与粒子辐照剂量直接相关,尿道辐照剂量大于 160 Gy 时,1~2 级尿道并发症发生率明显增加。本研究发现,计划穿刺方案各剂量参数与模板引导穿刺的差距均较小、而与徒手穿刺差距较大;模板引导穿刺 D_{80} 及 D_{90} 未见明显变化而 D_{100} 下降 7%,徒手穿刺 D_{90} 下降 57%,表明模板引导穿刺安全性较高。

综上所述,模板引导初学医师穿刺植入 ^{125}I 粒子用于模拟颅内肿瘤效果较好。但体外模型不能完美模拟颅内肿瘤,且未考虑血管等解剖结构的影响,有待进一步完善。

[参考文献]

- [1] SCHWARZ S B, THON N, NIKOLAJEK K, et al. Iodine-125 brachytherapy for brain tumours: A review [R]. *Radiat Oncol*, 2012, 7(30):1-28.
- [2] 中国抗癌协会肿瘤微创治疗委员会粒子治疗分会,中国医药教育协会介入微创治疗专业委员会,中国医师协会介入分会放射性粒子治疗专家委员会.放射性粒子治疗颅内肿瘤标准化流程专家共识 [J]. *中华医学杂志*, 2019, 99(47):3683-3686.
- [3] 李家开,于森,肖越勇,等. CT 透视引导下经皮放射性 ^{125}I 粒子永久植入治疗肺恶性肿瘤 [J]. *中国医学影像技术*, 2012, 28(9):1664-1668.
- [4] 顾军,黄敏,吴锦昌,等. 超声引导 ^{125}I 粒子植入治疗复发性或转移性浅表恶性肿瘤 [J]. *中国医学影像技术*, 2010, 26(6):1155-1157.
- [5] CHATZIKONSTANTINOOU G, ZAMBOGLOU N, ARCHAVLIS E, et al. CT-guided interstitial HDR-brachytherapy for recurrent glioblastoma multiforme: A 20-year single-institute experience [J]. *Strahlenther Onkol*, 2018, 194(12):1171-1179.
- [6] WANG C, LIU S, PENG L, et al. Permanent iodine-125 brachytherapy for patients with progressive or recurrent high-grade gliomas [J]. *BMC Cancer*, 2020, 20(1):591-599.
- [7] CHATZIKONSTANTINOOU G, ULRICH P, ARCHAVLIS E, et al. Interstitial high-dose-rate brachytherapy in the primary treatment of inoperable glioblastoma multiforme [J]. *J Contemp Brachytherapy*, 2019, 11(3):215-220.
- [8] WATSON J, ROMAGNA A, BALLHAUSEN H, et al. Long-term outcome of stereotactic brachytherapy with temporary Iodine-125 seeds in patients with WHO grade II gliomas [J]. *Radiat Oncol*, 2020, 15(1):275-284.
- [9] 胡效坤,彭丽静,刘士锋,等. 靶区和剂量控制下 ^{125}I 粒子治疗颅内恶性肿瘤的再评价 [J]. *中华医学杂志*, 2017, 97(19):1457-1462.
- [10] HADDAD H, HERMANI H, BISCHOFF P, et al. Permanent interstitial brachytherapy for prostate cancer implementing neoadjuvant prostatic artery embolization [J]. *Brachytherapy*, 2022, 21(3):308-316.
- [11] LIU S, WANG H, WANG C, et al. Dosimetry verification of 3D-printed individual template based on CT-MRI fusion for radioactive ^{125}I seed implantation in recurrent high-grade gliomas [J]. *J Contemp Brachytherapy*, 2019, 11(3):235-242.
- [12] JI Z, SUN H, JIANG Y, et al. Comparative study for CT-guided ^{125}I seed implantation assisted by 3D printing coplanar and non-coplanar template in peripheral lung cancer [J]. *J Contemp Brachytherapy*, 2019, 11(2):169-173.
- [13] 梁岩松,王娟,张宏涛,等. 模板固定在 3D 打印模板引导粒子植入头颈部转移瘤的重要作用 [J]. *介入放射学杂志*, 2018, 27(8):745-749.
- [14] 何庄超,何玉成,朱柏霖,等. 非共面 3D 打印导板在 CT 引导下肺癌 ^{125}I 粒子植入术中的穿刺误差分析 [J]. *影像诊断与介入放射学*, 2019, 28(5):335-339.
- [15] SU Y, DAVIS B J, FURUTANI K M, et al. Dosimetry accuracy as a function of seed localization uncertainty in permanent prostate brachytherapy: Increased seed number correlates with less variability in prostate dosimetry [J]. *Phys Med Biol*, 2007, 52(11):3105-3119.
- [16] STOCK R G, STONE N N, CESARETTI J A, et al. Biologically effective dose values for prostate brachytherapy: Effects on PSA failure and posttreatment biopsy results [J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2006, 64(2):527-533.