

CT 联合共面模板引导放射性粒子植入治疗肺癌专家共识(2021 年版)

中国核学会近距离治疗与智慧放疗分会 中国北方放射性粒子治疗协作组

通信作者:柴树德, Email: chaishude@126.com; 王俊杰, Email: junjiawang_edu@sina.cn

2021 Expert consensus for CT combined with coplanar template guided radioactive seeds implantation for lung cancer

Brachytherapy and Intelligent Radiotherapy Division of Chinese Nuclear Society, China North Radioactive Brachytherapy Group

Corresponding authors: Chai Shude, Email: chaishude@126.com; Wang Junjie, Email: junjiawang_edu@sina.cn

DOI:10.3760/ema.j.cn321828-20201116-00414

据国家癌症中心发布的统计数据,2015 年我国新诊断肺癌约为 78.7 万例, 占有所有癌症诊断的 20%。肺癌患者死亡约 63.05 万例, 占有所有癌症死亡的 27%^[1]。1922 年, Yankauer 首次将放射性核素镭置于支气管内治疗肺癌^[2]。2002 年, 中国学者在学习借鉴前列腺癌粒子植入治疗原理的基础上, 将 CT 引导及共面模板技术引入胸部肿瘤放射性粒子植入治疗领域, 经过近 20 年的探索, 取得了令人鼓舞的成绩^[3-5]。

为规范放射性粒子植入治疗的临床应用, 2017 年国家卫生健康委员会将其定为限制类医疗技术, 并出台《放射性粒子植入治疗技术管理规范(2017 年版)》^[6]、《放射性粒子植入治疗技术临床应用质量控制指标(2017 年版)》^[7], 明确了放射性粒子工作人员的上岗资质及质量控制要求等。近年来, 国内开展此项技术的医院与日俱增。2020 年, 《中华核医学与分子影像杂志》刊登《放射性¹²⁵I 粒子植入治疗恶性实体肿瘤技术质量管理核医学专家共识(2019 年版)》^[8], 其内容包括一般要求、质量管理控制、防护要求 3 个部分, 尤其强调了该技术在质量控制和放射性核素管理方面的规范化指导。为了规范放射性粒子植入技术在肺癌的应用及发展, 中国核学会近距离治疗与智慧放疗分会、中国北方放射性粒子治疗协作组牵头组织国内相关领域专家制定了《CT 联合共面模板引导放射性粒子植入治疗肺癌专家共识(2021 年版)》, 其内容更加侧重于肺癌放射性粒子植入标准化操作流程的具体指导, 以期促进该技术在临床实践中的规范化应用。

一、放射性粒子植入治疗肺癌的患者选择

1. 适应证^[9]。(1)原发性肺癌。①心肺功能不

全或其他原因不能耐受手术和放化疗者;②拒绝行手术和放化疗者;③术后复发不能再次手术者;④放化疗、靶向或免疫治疗失败者;⑤无全身广泛转移;⑥Karnofsky 体力状态(Karnofsky performance status, KPS)评分 ≥ 60 分, 预期生存期 ≥ 3 个月;⑦早期不可手术的非小细胞肺癌。

(2)肺转移瘤。①单侧肺病灶数目 ≤ 3 个;②如为双侧病灶, 每侧肺病灶数目 ≤ 3 个, 应分次、分侧进行治疗。

2. 禁忌证^[9]。(1)有严重出血倾向、血小板 $< 50 \times 10^9/L$ [正常值参考范围:($100 \sim 300$) $\times 10^9/L$]、凝血功能严重紊乱者(凝血酶原时间 > 18 s, 凝血酶原活动度 $< 40\%$)。(2)应用抗凝治疗和(或)影响血小板药物者, 在粒子植入前至少 5~7 d 停用。(3)肝、肾、心、肺、脑功能严重不全者, 严重贫血、脱水及营养代谢严重紊乱, 无法在短期内纠正或改善者。(4)严重全身感染、高热(> 38.5 °C)者。(5) KPS 评分 < 60 分。(6)肺内多发转移灶, 单肺 > 3 个。(7)病灶周围感染及放射性炎症反应没有被很好地控制者, 穿刺部位皮肤感染、破溃, 不能耐受或不能配合经皮穿刺术者。(8)预计生存期小于 3 个月。

二、患者的术前评估

1. 病史采集。明确患者病史, 如有无高血压、冠状动脉粥样硬化性心脏病、脑血管疾病、肝肾功能不全、抗凝药物使用史和过敏史等。

2. 行胸部增强 CT 明确病灶位置、大小及周围毗邻关系, 如合并肺不张, 可行¹⁸F-FDG PET/CT 或胸部强化 MR 明确病变范围^[10-11]。

3. 行肺功能测定评价肺功能情况^[12]。

4. 行心电图检查;必要时完善心脏超声检查, 了

解心功能情况。

5. 术前需明确病理学诊断。

6. 术前谈话、充分告知,患者签署知情同意书。

三、靶区勾画及处方剂量

根据《放射性粒子植入治疗技术管理规范(2017年版)》要求^[6],靶区勾画由具备相关资质的医师及物理师共同完成。参照 2016 年美国近距离放射治疗协会(American Brachytherapy Society, ABS)肺癌近距离放射治疗共识^[13],作为单独使用的极低剂量率胸腔内组织间近距离治疗时,¹²⁵I 粒子治疗肺癌的处方剂量推荐给予 100~125 Gy。结合国内外文献经验,粒子活度推荐为 18.5~29.6 MBq。确定处方剂量时,还应考虑患者是否曾行外放疗、外放疗的累积剂量及时间等因素。剂量学评估参数包括:90%靶体积受照剂量(dose delivered to 90% gross tumor volume, D_{90})和 100%靶体积受照剂量(dose delivered to 100% gross tumor volume, D_{100}),邻近脊髓等处的危及器官建议评价 2 cm³的靶体积受照剂量(dose delivered to 2 cm³ gross tumor volume, D_{2cc});90%处方剂量覆盖的体积占靶体积的百分比(percentage of target volume covered by 90% of the prescribed dose, V_{90})、100%处方剂量覆盖的体积占靶体积的百分比(percentage of target volume covered by 100% of the prescribed dose, V_{100})、150%处方剂量覆盖的体积占靶体积的百分比(percentage of target volume covered by 150% of the prescribed dose, V_{150})和 200%处方剂量覆盖的体积占靶体积的百分比(percentage of target volume covered by 200% of the prescribed dose, V_{200});此外,适形指数(conformation index, CI)、靶区外体积指数(external index, EI)和均匀指数(homogeneity index, HI)等也是用于评估治疗计划优劣的参数。

四、技术流程(图 1)^[14]。

1. 准备 CT 手术室仪器、设备、药品,尤其需注重术前对所订购放射性粒子源活度的质量保证/质量控制(quality assurance/quality control, QA/QC)。按国

际原子能机构(International Atomic Energy Agency, IAEA)要求,植入前必须对放射性粒子源的外观、活度进行检测,观察有无破损、泄露;活度检测推荐测量下限低于 27 keV 的粒子源剂量测量仪器(井型电离室),从全部临床使用的粒子或同批次粒子中至少验证 10%(不能少于 3 颗)或全部(植入颗数≤5 颗)的粒子剂量,允许测量结果偏差应在±5%以内。

2. 准备 CT 操作床及真空成形袋。

3. 接患者入 CT 手术室、摆位、行心电图监测,吸氧、连接静脉通道,术前用药。

4. 真空成形袋固定患者体位,安装导航定位架。

5. 首次 CT 扫描,确定肿瘤靶区、穿刺路径,勾画靶区体表投影区。

6. 手术器械准备。

7. 消毒、铺巾、局部区域麻醉加肋间神经阻滞麻醉,必要时辅助静脉麻醉。

8. 安装共面模板、移至靶区、调至预定倾角,于靶区中心试穿第 1 根穿刺针。

9. CT 扫描核对首根穿刺针位置。

10. 按照术前计划一次性插入全部穿刺针,如遇肋骨阻挡,用专用骨钻钻穿肋骨^[15]。

11. 逐次 CT 扫描,确认穿刺针位置,精确调整每根穿刺针的深度,直到全部穿刺针精确到位,必要时进行术中剂量优化,以剂量学为依据,进行周边密集、中间稀疏的非等距离布源,避免靶区出现冷区或热点^[16]。

12. 按照计划植入全部粒子,粒子植入完成后行 CT 扫描,观察粒子分布及并发症。

13. 术毕包扎手术创面,使用表面沾污仪探测手术台及周围环境,明确是否有粒子丢失,并存档记录。如有遗落的粒子,需由核医学科用铅罐回收并妥善处理。

14. 平车护送患者返回病房。

15. 填写手术记录,进行术后治疗计划系统(treatment planning system, TPS)质量验证。

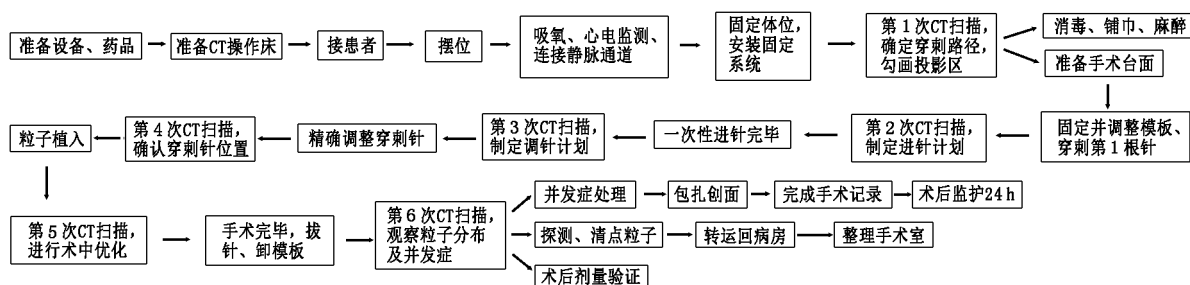


图 1 放射性粒子植入治疗肺癌手术流程图

五、术后剂量学验证

术后验证靶区剂量达到术前计划,定义为技术成功。粒子植入质量评价标准采用英国哥伦比亚癌症研究中心粒子植入质量评价标准^[17],根据术后即刻验证靶区 D_{90} 、 V_{100} 评价为优、良、中、差 4 组。优: $V_{100} \geq 90\%$, $100\% \leq D_{90} \leq 125\%$; 良: $85\% < V_{100} < 90\%$, $90\% < D_{90} < 100\%$; 中: $75\% \leq V_{100} \leq 85\%$; $80\% \leq D_{90} \leq 90\%$, 或 $D_{90} > 125\%$; 差: $V_{100} < 75\%$, $D_{90} < 80\%$ 。

六、术后管理

手术结束后,患者由专人平车护送回病房。护士及医师立即查看患者,听诊双肺呼吸音是否对称,予以心电监测、低流量吸氧、止咳等处理;记录生命体征,观察咳嗽、咳痰、咯血情况;患者平卧休息 4 h,嘱其注意避免用力咳嗽、大声说话等。术后 24 h 再次听诊双肺呼吸音,并行胸部 X 线检查,观察有无气胸或出血等并发症。术后 1 周内出现发热或咳嗽、咳痰、呼吸困难加重者复查胸部 X 线或肺部 CT 明确有无肺部感染。

七、并发症处理

1. 气胸。粒子植入过程中多针穿刺易造成肺组织损伤,气胸发生率为 12.5%~24.1%^[18]。出现少量气胸,患者无症状时,可继续观察。当肺压缩量超过 30%,患者有胸闷、喘憋症状时,需行胸腔闭式引流。

2. 出血。(1) 肺内出血。肺内出血发生率为 7%~30%^[19],中心型肺癌发生率高于周围型肺癌。CT 显示沿针道周围肺组织内高密度影。肺内出血可自动吸收,必要时可使用静脉止血药物 1~2 d。

(2) 咯血。常见术中或术后少量血痰,30~50 ml,持续约 5~15 min 后逐渐减少。术后咳血痰多具有自限性,可持续 3~5 d,大咯血引起窒息者少见。术中出现咯血时,应立即停止操作,调整患者至患侧卧位以利于血液咳出,同时静脉输注止血药。待咯血停止,患者生命体征平稳、血氧饱和度正常后,可继续操作。

(3) 胸腔出血(血胸)。主要原因为穿刺针损伤肋间血管、胸廓内动脉、肺内血管,血液沿针道流入胸腔。如果术中发现少量胸腔积液,可密切观察;如果出现中至大量胸腔积液,表明有活动出血,需行穿刺抽吸或胸腔闭式引流,同时迅速补充血容量、应用止血药物,密切注意血压、脉搏等生命体征变化。对于出血量大或出血速度快,保守治疗无效者,可行介入栓塞治疗或剖胸探查、止血。术中穿刺时尽量避开血管走行区,必要时行术中血管强化,明确血管走行,减少穿刺损伤。

3. 咳嗽。术中剧烈咳嗽可能与穿刺病灶时刺激支气管黏膜有关。术前给予利多卡因雾化吸入并口服镇咳剂可有效缓解咳嗽,部分患者在穿刺结束后咳嗽可停止。术后咳嗽可适当给予镇咳药。

4. 感染。及时给予抗生素治疗。

5. 粒子移位和迁移。粒子植入后可以发生移位、迁移至远端细支气管、脱落游离至胸腔,甚至造成局部肺栓塞,可行密切临床观察,无需特殊处理。

八、随访

治疗后半年内每 2 个月随访 1 次,半年至 2 年每 3 个月随访 1 次,2~5 年每半年随访 1 次,5 年后每年随访 1 次。复查内容:肿瘤标志物和胸部 CT (有条件者可选择 PET/CT)、生活质量评分、疼痛评分。统计疾病控制率、客观缓解率、无进展生存期、总生存时间等肿瘤疗效评价指标^[20]。

九、小结

使用共面模板技术,在限定了进针倾角的同时,可保证同一层面的进针平行,减少了徒手穿刺的随意性,基本确保了术者按照术前 TPS 计划要求进针。另外,对于模板的应用,经过相对较短期的规范化培训即可掌握,具有可重复性,利于标准化术式的建立、推广和普及,利于多中心对照研究的开展^[21]。对于肺内的肿瘤靶区,经过 CT 连床定位导航支架、模板及穿刺针三位一体的固定,减少了呼吸动度产生的影响,从而减少了调整穿刺针的次数和扫描的次数,减少了患者接受的 CT 辐射剂量和手术并发症的发生。近年来,模板技术不断演进,从制式共面模板、发展到三维(three-dimensional, 3D)共面模板^[22]以及 3D 非共面模板^[23-25]。术中辅以真空成形袋、定位导航支架、肋骨钻孔等联合应用技术,基本克服了肋骨遮挡和器官运动等单一 CT 引导的不足,提高了靶区剂量适形度,使放射性粒子植入治疗具有更好的剂量分布,使术后剂量验证与术前计划相匹配,突显了 CT 联合共面模板引导在保证肺癌放射性粒子植入的空间分布及剂量学要求方面的优势^[26]。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

执笔者:霍彬(天津医科大学第二医院肿瘤科);吉喆(北京大学第三医院肿瘤放疗科)

编写委员会成员名单(按姓氏拼音排序):曹秀峰(南京医科大学附属第一医院肿瘤外科);柴树德(天津医科大学第二医院胸外科);陈志军(江西省肿瘤医院核医学科);代立梅(天津市蓟州区人民医院医学影像科);付改发(陕西省肿瘤医院胸外科);高再荣(华中科技大学同济医学院附属协和医院核医学科);郭金和(东南大学附属中大医院介入与血管外科);何周(陆军军医大学西南医院微创介入与放射性

粒子诊疗中心);胡效坤(青岛大学附属医院介入医学中心);黄明伟(北京大学口腔医院口腔颌面外科);黄学全(陆军军医大学西南医院微创介入与放射性粒子诊疗中心);霍彬(天津医科大学第二医院肿瘤科);霍小东(天津医科大学第二医院肿瘤科);吉喆(北京大学第三医院肿瘤放疗科);姜玉良(北京大学第三医院肿瘤放疗科);雷光焰(陕西省肿瘤医院胸外科);李成利(山东省医学影像学研究所磁共振介入科);李良山(陆军军医大学西南医院微创介入与放射性粒子诊疗中心);刘博(北京航空航天大学);刘士峰(青岛大学附属医院介入医学中心);柳明(山东省医学影像学研究所磁共振介入科);申文江(北京大学第一医院放射治疗科);石峰(湖南省肿瘤医院核医学科);隋爱霞(河北省人民医院肿瘤科);孙海涛(北京大学第三医院肿瘤放疗科);滕皋军(东南大学附属中大医院介入与血管外科);王海涛(天津医科大学第二医院肿瘤科);王娟(河北省人民医院肿瘤一科);王俊杰(北京大学第三医院肿瘤放疗科);王磊(天津医科大学第二医院肿瘤科);王若雨(大连大学附属中山医院肿瘤科);王喆(大连大学附属中山医院肿瘤科);徐俊马(江苏大学附属金坛人民医院呼吸内科);杨瑞(天津市蓟州区人民医院医学影像科);张福君(中山大学附属肿瘤医院微创介入科);张福泉(中国医学科学院、北京协和医学院北京协和医院放射治疗科);张宏涛(河北省人民医院肿瘤一科);张红志(中国医学科学院肿瘤医院放射治疗科);张建国(北京大学口腔医院口腔颌面外科);张开贤(山东省滕州市中心医院肿瘤科);张利伟(中国科学院合肥肿瘤医院肿瘤放疗科);郑广钧(天津医科大学第二医院胸外科);周付根(北京航空航天大学)

参 考 文 献

[1] Gao S, Li N, Wang S, et al. Lung cancer in People's Republic of China[J]. J Thorac Oncol, 2020, 15(10): 1567-1576. DOI:10.1016/j.jtho.2020.04.028.

[2] Hardavella G, George J. Interventional bronchoscopy in the management of thoracic malignancy[J]. Breathe (Sheff), 2015, 11(3): 202-212. DOI:10.1183/20734735.008415.

[3] 柴树德, 郑广钧, 毛玉权, 等. CT 引导下经皮穿刺种植放射性¹²⁵I 粒子治疗晚期肺癌[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2004, 13(4): 291-293. DOI:10.3760/j.issn:1004-4221.2004.04.013.

Chai SD, Zheng GJ, Mao YQ, et al. CT guided transcatheter interstitial implantation of ¹²⁵I seeds for lung carcinoma[J]. Chin J Radiat Oncol, 2004, 13(4): 291-293. DOI: 10.3760/j.issn:1004-4221.2004.04.013.

[4] 王俊杰, 袁慧书, 王皓, 等. CT 引导下放射性¹²⁵I 粒子组织间植入治疗肺癌[J]. 中国微创外科杂志, 2008, 8(2): 119-121. DOI:10.3969/j.issn.1009-6604.2008.02.009.

Wang JJ, Yuan HS, Wang H, et al. CT-guided interstitial implantation of ¹²⁵I seed for lung cancer[J]. Chin J Min Inv Surg, 2008, 8(2): 119-121. DOI:10.3969/j.issn.1009-6604.2008.02.009.

[5] Huo X, Wang H, Yang J, et al. Effectiveness and safety of CT-guided ¹²⁵I seed brachytherapy for postoperative locoregional recurrence in patients with non-small cell lung cancer[J]. Brachytherapy, 2016, 15(3): 370-380. DOI:10.1016/j.brachy.2016.02.001.

[6] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 放射性粒子植入治疗技术管理规范(2017 年版)[Z]. 2017-02-04. National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. Technical management specification for radioactive particle implantation therapy (2017 Edition)[Z]. 2017-02-04.

[7] 中国医师协会放射性粒子治疗技术专家委员会, 中国抗癌协会肿瘤微创治疗专业委员会粒子治疗分会. 放射性粒子植入治疗技术临床应用质量控制指标(2017 年版)[J]. 中华医学杂志, 2017, 97(19): 1452-1454. DOI:10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2017.19.005.

Expert Committee of Radioactive Particle Therapy Technology of Chinese Medical Doctors Association, Particle Therapy Branch of Minimally Invasive Cancer Therapy Committee of Chinese Anti-cancer Association. Quality control index of clinical application of radioactive particle implantation therapy (2017 Edition)[J]. Natl Med J China, 2017, 97(19): 1452-1454. DOI:10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2017.19.005.

[8] 中华医学会核医学分会. 放射性¹²⁵I 粒子植入治疗恶性实体肿瘤技术质量管理核医学专家共识(2019 年版)[J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2020, 40(11): 673-678. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20200227-00073.

Chinese Society of Nuclear Medicine. 2019 Expert consensus for technical quality management of radioactive ¹²⁵I seeds implantation in the treatment of malignant solid tumors[J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2020, 40(11): 673-678. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20200227-00073.

[9] 王俊杰, 张福君, 张建国, 等. 肿瘤放射性粒子治疗规范[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2016: 69-70.

Wang JJ, Zhang FJ, Zhang JG, et al. Therapy specification of radioactive seeds treatment for tumors[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2016: 69-70.

[10] 邢刚, 柴树德, 郭德安, 等. MRI 靶区定位在不张型肺癌¹²⁵I 粒子植入治疗中的应用[J]. 实用放射学杂志, 2011, 27(7): 1021-1024. DOI:10.3969/j.issn.1002-1671.2011.07.012.

Xing G, Chai SD, Guo DA, et al. The value of MRI in orientation of the masses in central bronchial carcinoma accompanied with atelectasis during treatment with interstitial implantation of ¹²⁵I seeds[J]. J Pract Radiol, 2011, 27(7): 1021-1024. DOI:10.3969/j.issn.1002-1671.2011.07.012.

[11] 霍小东, 柴树德, 郑广钧, 等. PET-CT 在¹²⁵I 放射性粒子植入治疗肺癌中的作用[J]. 中国临床医学影像杂志, 2011, 22(9): 616-618. DOI:10.3969/j.issn.1008-1062.2011.09.003.

Huo XD, Chai SD, Zheng GJ, et al. Function of PET-CT in ¹²⁵I seeds permanent brachytherapy treatment for lung cancer[J]. J China Clin Med Imaging, 2011, 22(9): 616-618. DOI:10.3969/j.issn.1008-1062.2011.09.003.

[12] Huo X, Huo B, Wang H, et al. Effect of ¹²⁵I interstitial brachytherapy on pulmonary function in patients with early non-small cell lung cancer[J]. Brachytherapy, 2017, 16(3): S93-S94. DOI:10.1016/j.brachy.2017.04.177.

[13] Stewart A, Parashar B, Patel M, et al. American Brachytherapy Society consensus guidelines for thoracic brachytherapy for lung cancer[J]. Brachytherapy, 2016, 15(1): 1-11. DOI:10.1016/j.brachy.2015.09.006.

[14] 韩明勇, 霍彬, 张颖, 等. CT 联合模板引导放射性粒子植入治疗肺癌技术流程[J]. 山东大学学报(医学版), 2017, 55(2): 14-20. DOI:10.6040/j.issn.1671-7554.0.2016.1537.

Han MY, Huo B, Zhang Y, et al. Technical procedure of template

- combined with CT-guided radioactive seeds implantation for lung cancer[J]. J Shandong Univ (Health Sci), 2017, 55(2): 14-20. DOI:10.6040/j.issn.1671-7554.0.2016.1537.
- [15] 霍彬,王磊,王海涛,等.模板联合肋骨钻孔技术辅助放射性粒子植入治疗肺癌的可行性[J].山东大学学报(医学版), 2017, 55(2): 26-31. DOI:10.6040/j.issn.1671-7554.0.2016.1451.
- Huo B, Wang L, Wang HT, et al. Feasibility of radioactive seed implantation in the treatment of lung cancer assisted by template combined with rib drilling technique[J]. J Shandong Univ (Health Sci), 2017, 55(2): 26-31. DOI: 10.6040/j.issn.1671-7554.0.2016.1451.
- [16] 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): 400-403. DOI:10.3760/cma.j.issn.1004-4221.2013.05.019.
- Huo B, Hou ZH, 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): 400-403. DOI:10.3760/cma.j.issn.1004-4221.2013.05.019.
- [17] Keyes M, Morris WJ, Spadinger I, et al. Radiation oncology and medical physicists quality assurance in British Columbia Cancer Agency Provincial Prostate Brachytherapy Program[J]. Brachytherapy, 2013, 12(4): 343-355. DOI:10.1016/j.brachy.2012.03.006.
- [18] 霍小东,杨景魁,闫卫亮,等. CT 引导下¹²⁵I 粒子植入治疗肺癌术后气胸发生率的相关因素分析[J].中华放射医学与防护杂志, 2014, 34(12): 912-915. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2014.12.008.
- Huo XD, Yang JK, Yan WL, et al. The factor analysis of the incidence of pneumothorax after CT-guided ¹²⁵I radioactive seed implantation for lung cancer[J]. Chin J Radiol Med Prot, 2014, 34(12): 912-915. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2014.12.008.
- [19] 杜随,梁岩松,牛书雷,等.¹²⁵I 粒子植入治疗肺癌并发症的临床观察[J].介入放射学杂志, 2018, 27(11): 1060-1063. DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2018.11.011.
- Du S, Liang YS, Niu SL, et al. Clinical observation of the complications caused by ¹²⁵I seed implantation brachytherapy for lung cancers[J]. J Intervent Radiol, 2018, 27(11): 1060-1063. DOI: 10.3969/j.issn.1008-794X.2018.11.011.
- [20] Eisenhauer EA, Verweij J. 11 New response evaluation criteria in solid tumors; RECIST GUIDELINE VERSION 1.1[J]. EJC Suppl, 2009, 7(2): 5. DOI:10.1016/S1359-6349(09)70018-7.
- [21] 柴树德.我国放射性粒子植入治疗支气管肺癌现状与技术创新[J].山东大学学报(医学版), 2017, 55(2): 4-7. DOI:10.6040/j.issn.1671-7554.0.2016.1237.
- Chai SD. Current status and technical innovation of radioactive seed brachytherapy in the treatment of bronchial lung cancer in China [J]. J Shandong Univ (Health Sci), 2017, 55(2): 4-7. DOI:10.6040/j.issn.1671-7554.0.2016.1237.
- [22] 曹强,霍彬,霍小东,等. 3D 打印共面模板辅助 CT 引导¹²⁵I 粒子植入治疗非小细胞肺癌的剂量学研究[J].中华放射医学与防护杂志, 2017, 37(7): 528-532. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2017.07.011.
- Cao Q, Huo B, Huo XD, et al. Dosimetric study of 3D-printing coplanar template combined with CT-guided ¹²⁵I seed implantation for treating non-small cell lung cancer [J]. Chin J Radiol Med Prot, 2017, 37(7): 528-532. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2017.07.011.
- [23] 张颖,林琦,袁苑,等. 3D 打印个体化模板联合 CT 引导¹²⁵I 粒子植入治疗肿瘤术前术后剂量学比较[J].山东大学学报(医学版), 2017, 55(2): 45-49. DOI:10.6040/j.issn.1671-7554.0.2016.1238.
- Zhang Y, Lin Q, Yuan Y, et al. A dosimetric study of 3D print individual template combination with CT-guided ¹²⁵I seed implantation for malignant tumors [J]. J Shandong Univ (Health Sci), 2017, 55(2): 45-49. DOI: 10.6040/j.issn.1671-7554.0.2016.1238.
- [24] 吉喆,姜玉良,郭福新,等. 3D 打印非共面模板辅助 CT 引导放射性粒子植入治疗胸部恶性肿瘤剂量学评估[J].中华放射肿瘤学杂志, 2017, 26(7): 754-758. DOI:10.3760/cma.j.issn.1004-4221.2017.07.007.
- Ji Z, Jiang YL, Guo FX, et al. Dosimetric assessment of CT-guided radioactive seed implantation assisted by 3D printing non-coplanar template in treatment of chest malignant tumor[J]. Chin J Radiat Oncol, 2017, 26(7): 754-758. DOI:10.3760/cma.j.issn.1004-4221.2017.07.007.
- [25] 申文江.放射性粒子植入的创新性临床研究[J].山东大学学报(医学版), 2017, 55(2): 1-3, 13. DOI:10.6040/j.issn.1671-7554.0.2016.1240.
- Shen WJ. Radioactive seeds implantation in tumor treatment[J]. J Shandong Univ (Health Sci), 2017, 55(2): 1-3, 13. DOI:10.6040/j.issn.1671-7554.0.2016.1240.
- [26] 王俊杰.精准时代的放射性粒子植入治疗[J].中华核医学与分子影像杂志, 2018, 38(1): 1-3. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2018.01.001.
- Wang JJ. Radioactive seeds implantation therapy in the era of precision medicine[J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2018, 38(1): 1-3. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2018.01.001.

(收稿日期:2020-12-17)