

## <sup>125</sup>I 粒子近距离照射在口腔颌面部恶性肿瘤治疗中的临床应用进展

魏婷<sup>1</sup> 倪前伟<sup>2</sup> 杨自更<sup>3</sup> 黄孝泳<sup>1</sup> 孙海涛<sup>4</sup> 孙睿哲<sup>1</sup> 马超<sup>5</sup> 蔡冰冰<sup>3</sup> 高瞻<sup>2</sup>

<sup>1</sup>新疆医科大学研究生院, 乌鲁木齐 830054; <sup>2</sup>新疆军区总医院颌面外科, 乌鲁木齐 830000; <sup>3</sup>新疆军区总医院核医学科, 乌鲁木齐 830000; <sup>4</sup>北京大学第三医院肿瘤放疗科, 北京 100191; <sup>5</sup>新疆军区总医院医学影像科, 乌鲁木齐 830000

通信作者: 高瞻, Email: 13999992020@163.com

**【摘要】** 口腔颌面部恶性肿瘤威胁患者生命健康, 严重影响患者的吞咽、语言功能和面容。其治疗方法中, <sup>125</sup>I 粒子近距离照射治疗技术因手术创伤小, 靶区组织剂量大分布均匀, 对周边正常组织损伤小, 可以减少医护人员辐射暴露等优点, 受到广泛关注。利用 <sup>125</sup>I 粒子对口腔颌面部肿瘤进行持续、低剂量的近距离照射治疗, 可以有效减小肿瘤体积, 延长患者的生存期, 治疗效果显著。该文针对 <sup>125</sup>I 粒子近距离照射在口腔颌面部恶性肿瘤的临床应用展开综述。

**【关键词】** 口腔肿瘤; 近距离放射疗法; 碘放射性同位素; 发展趋势

**基金项目:** 中华口腔医学会西部口腔医学临床科研基金 (CSA-W2020-06)

DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20230726-00013

### Progress in clinical application of <sup>125</sup>I seeds brachytherapy in the treatment of oral and maxillofacial malignant tumors

Wei Ting<sup>1</sup>, Ni Qianwei<sup>2</sup>, Yang Zigeng<sup>3</sup>, Huang Xiaoyong<sup>1</sup>, Sun Haitao<sup>4</sup>, Sun Ruizhe<sup>1</sup>, Ma Chao<sup>5</sup>, Cai Bingbing<sup>3</sup>, Gao Zhan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Xinjiang Medical University, Urumqi 830054, China; <sup>2</sup>Department of Oral and Maxillofacial Surgery, General Hospital of Xinjiang Military Command, Urumqi 830000, China; <sup>3</sup>Department of Nuclear Medicine, General Hospital of Xinjiang Military Command, Urumqi 830000, China; <sup>4</sup>Department of Radiation Oncology, Peking University Third Hospital, Beijing 100191, China; <sup>5</sup>Department of Medical Imaging, General Hospital of Xinjiang Military Command, Urumqi 830000, China

Corresponding author: Gao Zhan, Email: 13999992020@163.com

**【Abstract】** Oral and maxillofacial malignant tumors threaten the life and health of patients, and seriously affect their swallowing, language function and face. <sup>125</sup>I seeds brachytherapy for oral and maxillofacial malignant tumors has been widely concerned and studied because of its advantages such as less surgical trauma, large and uniform dose distribution in the target tissue, little damage to the surrounding normal tissue, and reducing radiation exposure of medical staff. Low-dose brachytherapy with <sup>125</sup>I seeds can effectively reduce the tumor volume and prolong the survival time of patients. This article reviews the clinical application of <sup>125</sup>I seeds brachytherapy in oral and maxillofacial malignant tumors.

**【Key words】** Mouth neoplasms; Brachytherapy; Iodine radioisotopes; Trends

**Fund program:** Chinese Stomatology Association Western Stomatology Clinical Research Foundation (CSA-W2020-06)

DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20230726-00013

口腔颌面部恶性肿瘤威胁患者生命健康, 严重影响患者的吞咽、语言功能和面容。手术结合术前、术后放、化疗逐渐成为其主要治疗方法<sup>[1-2]</sup>。然而, 口腔颌面部解剖结构复杂, 手术切除常损伤邻近组织及重要器官, 影响患者的容貌和功能。虽然传统的外照射放疗 (external beam radiotherapy, EBRT) 可以降低肿瘤复发率, 但其也会损害肿瘤邻近的正常的组织器官, 引起严重的并发症<sup>[3]</sup>, 降低治疗效果和患者的生存质量。近距离照射治疗 (brachytherapy, BT) 是通过外科手术的方式, 将放射性核素植入到人体管腔或组织间, 并持续释放射线对肿瘤细胞进行杀伤。<sup>125</sup>I-BT 是低剂量率 BT 的 1 种方法。<sup>125</sup>I 粒子持续释放低剂量小范围的  $\gamma$  射线, 直接作

用于肿瘤细胞的 DNA, 引起肿瘤细胞的死亡。<sup>125</sup>I-BT 已成为治疗口腔颌面部恶性肿瘤的新方法。本文针对 <sup>125</sup>I-BT 在口腔颌面部恶性肿瘤的临床应用展开综述。

#### 一、<sup>125</sup>I 粒子植入引导方式的发展历程

<sup>125</sup>I 粒子植入最早是通过外科手术直接将粒子植入到病变部位, 之后临床医师逐渐通过影像学手段引导植入 <sup>125</sup>I 粒子。较早应用的引导技术是超声, 其可以保证获得图像时的体位与手术时基本一致<sup>[4]</sup>。CT 引导可以提供清晰的局部解剖结构, 帮助在有骨性结构、空腔脏器的情况下选择准确的穿刺路径<sup>[5]</sup>。相比于 CT, MRI 可清晰显示颌面部 (如血管神经等) 重要软组织结构, 且无辐射, 适用于口腔颌面部恶性肿

瘤的<sup>125</sup>I 粒子植入<sup>[6]</sup>。但由于设备和检查费用较高,成像速度相对缓慢等原因,MRI 在引导粒子植入方面的应用受到了限制。近年来,影像技术联合三维(three-dimensional, 3D)打印个性化模板引导<sup>125</sup>I 粒子植入的发展,降低了手术操作难度,提高了植入精度<sup>[7]</sup>。目前的主流引导方式是 CT 引导联合 3D 打印个性化模板引导<sup>125</sup>I-BT,该方法能够使粒子植入更加精确和简便,最大程度地拟合术前计划设计的植入针分布,从而提高操作的准确性与速度,提高治疗效果<sup>[8]</sup>。

## 二、<sup>125</sup>I-BT 在口腔颌面部恶性肿瘤中的应用

1. 口腔鳞状细胞癌(oral squamous cell carcinoma, OSCC)。OSCC 是口腔颌面部肿瘤中最常见的恶性肿瘤,疾病进展速度快、恶性程度高,常向区域淋巴结转移,晚期复发及远处转移率高<sup>[9]</sup>。尽管手术、化疗、EBRT 是 OSCC 常用的治疗手段,但大量复发或转移的 OSCC 患者术后会出现肿瘤压迫症状(如呼吸或吞咽困难)、睡眠困难,严重影响患者的生活质量<sup>[10]</sup>。<sup>125</sup>I-BT 是 1 种新的治疗 OSCC 的补充方法,其可以克服手术导致的创伤大、周围神经损伤以及 EBRT 术后产生的周围组织不良反应多等缺陷。研究显示,<sup>125</sup>I-BT 较 EBRT、全身化疗等传统方法在治疗 OSCC 方面更有效,有效率(response rate, RR)分别为 82.5% 与 28.6% ( $P < 0.05$ )<sup>[11]</sup>。对于 T1 或 T2 期且淋巴结未受侵犯的 OSCC 患者,采用单独<sup>125</sup>I-BT 能获得较好的疗效<sup>[12]</sup>;而对于肿瘤分期为 III 或 IV 期的复发或转移患者,可将<sup>125</sup>I-BT 与化疗联合使用。Wu 等<sup>[10]</sup>报道,采用<sup>125</sup>I-BT 联合化疗的复发或转移患者与仅接受化疗的患者相比,其肿瘤压迫症状、疼痛明显减轻,生存时间以及生活质量明显有所提高:总生存(overall survival, OS)延长了 23 个月,无进展生存(progression-free survival, PFS)延长了 4 个月,RR 也相对较高(58.1% 与 34.1%,  $P < 0.05$ )。当 1 个月内未接受其他治疗时,可采用<sup>125</sup>I-BT 联合靶向药物治疗全身条件差、难以耐受手术的晚期 OSCC 患者,经此方法治疗的晚期患者在随访期间(8~20 个月)的局部控制(local control, LC)率为 100%,RR 为 83.3%<sup>[13]</sup>。然而,当合并全身其他部位原发恶性肿瘤和颈部转移性肿瘤时,需谨慎考虑<sup>125</sup>I-BT 的使用。

2. 涎腺恶性肿瘤。口腔颌面部腺体组织多,腺癌高发,且局部解剖结构复杂,手术切除难度大,易局部复发,导致治疗失败。常规 EBRT 受周围正常组织器官限制,放射损伤较大。<sup>125</sup>I-BT 用于头颈及颌面部腺癌可以减少损伤,提高治疗的精确性和精准性。根据<sup>125</sup>I-BT 植入的术式特点和处方剂量需求,对病理学诊断明确,有合适的穿刺路径,可耐受<sup>125</sup>I-BT 手术且预计生存时间大于 3 个月的口腔颌面部腺癌患者,可考虑行<sup>125</sup>I-BT<sup>[14]</sup>。

(1) 黏液表皮样癌(mucoepidermoid carcinoma, MEC)。MEC 是最常见的唾液腺恶性肿瘤,占 40%~50%<sup>[9]</sup>。据美国国家综合癌症网络组织(National Comprehensive Cancer Network, NCCN)指南,当 MEC 出现切缘阳性、周围神经侵犯、淋巴结转移或血管侵犯等不良特征时,应考虑手术后放疗<sup>[15]</sup>,而<sup>125</sup>I-BT 能够使靶区周围组织的放射毒性较低<sup>[16]</sup>。

研究显示,在相同病理特征(高分化及中分化 MEC 占比较高)并且颈淋巴结阴性的患者中,手术联合<sup>125</sup>I-BT 组较手术联合 EBRT 组的 5 年 OS 率(98.8% 与 79.3%)、LC 率(91.4% 与 84%)高(均  $P < 0.05$ )<sup>[16]</sup>。<sup>125</sup>I-BT 还可用于无法进

行手术的青少年 MEC 患者,其能够在降低复发率及远处转移率并且保持较低的不良反应发生率的同时,保留已被肿瘤侵犯的面神经。有研究显示,使用根治性切除和保守方法治疗中央型(骨内型)青少年 MEC,往往会引起颌骨停止发育,且有较高的复发率;而患者接受<sup>125</sup>I-BT 后随访 6 年,未见局部复发或远处转移,且下颌骨及下槽神经的形态、功能保存良好<sup>[17]</sup>。此外,针对 MEC 表达的分子特征和信号通路进行<sup>125</sup>I 粒子联合靶向治疗,或许是未来 BT 的发展方向。如针对 MEC 血管内皮生长因子(vascular endothelial growth factor, VEGF)的索拉非尼联合<sup>125</sup>I-BT 用于 MEC,可进一步提高疗效<sup>[18]</sup>。

(2) 涎腺腺样囊性癌(salivary adenoid cystic carcinoma, SACC)。SACC 起源于唾液腺,呈浸润性生长,易通过血行转移,且易侵犯神经并沿神经转移,肿瘤边缘难以确定<sup>[4]</sup>。因此,SACC 治疗的重点不仅在于手术切除病灶,还在于控制转移率及保留面神经的功能。根治性切除联合放射治疗是目前治疗 SACC 常用的方法,对于复发或局部晚期患者,单独使用<sup>125</sup>I-BT 也有良好的 LC 率<sup>[19]</sup>。有回顾性研究显示,手术联合<sup>125</sup>I-BT 与手术联合 EBRT 可获得相近的疗效,但<sup>125</sup>I-BT 更加微创,并发症少,患者的生活质量明显高于接受 EBRT 的患者的生活质量<sup>[4]</sup>。李聪等<sup>[20]</sup>报道,<sup>125</sup>I-BT 联合手术治疗可以将 SACC 的远处转移率由 40.9% 降低至 20%,肺部转移率由 94.4% 降低至 80%。

对于特殊部位,如舌根部晚期 SACC,<sup>125</sup>I-BT 可避免 EBRT 可能造成的气道阻塞、放射毒性等严重并发症,并且获得较好的 OS 率与 LC 率(5 年 OS 率 47.6%、LC 率 34.5%)<sup>[19]</sup>。而对于腭部的 SACC,可手术切除后于腭部原发体布源器中排布<sup>125</sup>I 粒子,这样既可以提高粒子分布位置的准确性,避免粒子移位脱落,也可以减少手术难度。

(3) 多形性腺瘤癌变(carcinoma ex pleomorphic adenoma, CXPA)。CXPA 是 1 种高度恶性的肿瘤,具有很高的转移率及疾病相关死亡率<sup>[21]</sup>。CXPA 的首选治疗方法是手术,对于手术边缘阳性或接近晚期、难以手术的患者,通常采用手术联合术后放疗,术后放疗显著提高了 LC 率,但在提高 OS 率方面不同文献的报道有所不同<sup>[22]</sup>。而<sup>125</sup>I-BT 可提高高度恶性和淋巴结转移患者的 OS 率。研究显示<sup>125</sup>I-BT 可获得良好的疗效(3 年 OS 率、LC 率分别为 67%、61.6%),同时降低复发率,并且可有效避免手术带来的面瘫风险<sup>[23]</sup>。尽管<sup>125</sup>I-BT 对 CXPA 有一定疗效,但该方法的放射生物学和剂量学问题需要进一步研究。

3. 头颈部软组织肉瘤(head and neck soft tissue sarcoma, HNSTS)。HNSTS 约占头颈部恶性肿瘤的 1%,占儿童恶性肿瘤的 8%,虽然其发病率较低,但是恶性程度较高,局部复发率和全身的转移率都很高<sup>[24]</sup>。2022 年 NCCN 指南中指出,对出现播散性或不可切除的转移性 HNSTS 患者,主要通过姑息性手术、化疗或放疗进行治疗,以实现疾病控制<sup>[25]</sup>。但在保证疗效的前提下,提高患者的生活质量也是 HNSTS 治疗重点。因此,多学科联合治疗逐渐成为 HNSTS 治疗的趋势。相比于传统方法,<sup>125</sup>I-BT 的临床疗效更有优势,更加安全有效,能够更多地保留口腔颌面部的解剖结构及功能。有研究者对 24 例 HNSTS 患者进行<sup>125</sup>I-BT 联合化疗及手术的综合治疗,结果示 3 年 LC 率为 94%<sup>[26]</sup>。<sup>125</sup>I-BT 可以在化疗

周期内进行,不影响化疗效果,缩短了治疗时间,避免了 EBRT 与化疗之间的等待间隔。然而,原发部位非口腔颌面-头颈部,有既往有放疗史或已侵入颅内的 HNSTS,需谨慎考虑<sup>125</sup>I-BT<sup>[26]</sup>。

### 三、问题与展望

口腔颌面部恶性肿瘤中的一部分可通过神经周围转移或沿周围神经浸润,而<sup>125</sup>I-BT 疗效评价的标准之一就是肿瘤的 LC 情况,因此肿瘤的神经转移及周围神经浸润的诊断对于<sup>125</sup>I-BT 的进一步治疗计划尤为重要。MRI 是评价神经周围转移的方法之一,诊断灵敏度高于 CT,但显示颌面部解剖范围的灵敏度较低。<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 显像可显示受累神经的异常,也可显示失去神经后的肌肉变化。<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 与 CT 或 MRI 联合可提高对神经周围转移的诊断及程度的评估<sup>[27]</sup>,是未来口腔颌面部恶性肿瘤<sup>125</sup>I-BT 的影像学疗效评价的重要手段。

<sup>125</sup>I-BT 应用于口腔颌面部肿瘤时,多植入单颗粒子,但粒子植入术中针头的移位、术者的操作偏差、术后组织水肿、舌体运动等会使粒子产生位移,甚至脱落。<sup>125</sup>I 粒子的意外迁移会影响肿瘤的剂量分布,进而影响治疗效果,并增加复发或转移的风险。有研究将粒子连接成自定义粒子链,用于治疗前列腺癌,能够有效降低粒子迁移的风险,剂量分布更稳定<sup>[28]</sup>。<sup>125</sup>I-BT 粒子链在口腔颌面部肿瘤中的临床应用鲜有报道,此方法也可成为未来<sup>125</sup>I-BT 的趋势。

人工智能和机器人技术的结合促进了射波刀 (cyberknife) 等技术的进步,其在现代立体定向放疗的使用中发挥了关键作用<sup>[29]</sup>。在<sup>125</sup>I-BT 中引入人工智能导航系统不仅可行而且有益<sup>[29]</sup>。该技术多用于前列腺癌。也有学者对尸体标本及口腔颌面部模型进行<sup>125</sup>I 粒子植入的研究,同样减少了操作时间,增加了<sup>125</sup>I 粒子植入精准度<sup>[30]</sup>。因此,人工智能导航技术在口腔颌面部肿瘤中具有应用潜力。另外,<sup>125</sup>I 粒子植入后跟踪复查技术的应用以及<sup>125</sup>I 粒子联合靶向治疗药物、热疗内镜、修复体等多技术综合序列治疗,都将是口腔颌面部恶性肿瘤治疗技术的新方向,需要大量的临床病例的验证。

总之,<sup>125</sup>I-BT 不仅为手术需要切除的口腔颌面部器官的提供了保留机会,而且在挽救复发性和难治性癌症方面也发挥了关键作用。有关提高准确性、改善 LC 率、延长 OS 率和最大限度地减少<sup>125</sup>I-BT 不良反应的研究和努力仍在继续。

**利益冲突** 所有作者声明无利益冲突

**作者贡献声明** 魏婷、倪前伟:文献收集与分析、论文撰写;黄孝泳、孙海涛、孙睿哲、马超、蔡冰冰、杨自更:论文修改;高瞻:研究指导、经费支持

### 参 考 文 献

- [1] Gao Y, Zheng L, Zhang JG, et al. Surgery combined with iodine-125 interstitial brachytherapy for treatment of parotid adenoid cystic carcinoma: a single-institution experience [J]. *Brachytherapy*, 2021, 20(2): 383-392. DOI:10.1016/j.brachy.2020.09.017.
- [2] Yue TH, Xing W. <sup>125</sup>I seed brachytherapy combined with single-agent chemotherapy in the treatment of non-small-cell lung cancer in the elderly: a valuable solution [J]. *Onco Targets Ther*, 2020, 13: 10581-10591. DOI:10.2147/OTT.S272898.
- [3] Li C, Liu SM, Zheng L, et al. Comparison of outcomes using radiotherapy or brachytherapy after resection of primary adenoid cystic carcinoma in oral and maxillofacial regions [J]. *Brachytherapy*, 2021, 20(1): 171-177. DOI:10.1016/j.brachy.2020.08.013.
- [4] Holm HH, Strøyer I, Hansen H, et al. Ultrasonically guided percutaneous interstitial implantation of iodine 125 seeds in cancer therapy[J]. *Br J Radiol*, 1981, 54(644): 665-670. DOI:10.1259/0007-1285-54-644-665.
- [5] 朱楠,吕维富,张甜甜,等.放射性<sup>125</sup>I 粒子植入治疗原发性肝癌研究进展[J].*中国介入影像与治疗学*, 2018, 15(11): 689-692. DOI:10.13929/j.1672-8475.201803014. Zhu N, Lyu WF, Zhang TT, et al. Progresses of radioactive <sup>125</sup>I particle implantation in treatment of primary liver cancer[J]. *Chin J Interv Imaging Ther*, 2018, 15(11): 689-692. DOI:10.13929/j.1672-8475.201803014.
- [6] Wang Y, Kang P, He W, et al. MR-guided <sup>125</sup>I seed implantation treatment for maxillofacial malignant tumor [J]. *J Appl Clin Med Phys*, 2021, 22(1): 92-99. DOI:10.1002/acm2.13112.
- [7] 袁倩倩,胡苗苗,马艳丽,等. CT 引导下<sup>125</sup>I 粒子植入治疗原发性肝癌疗效及预后影响因素分析[J].*中华核医学与分子影像杂志*, 2022, 42(11): 666-671. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20210421-00133. Yuan QQ, Hu MM, Ma YL, et al. Efficacy and prognostic factors analysis of CT-guided <sup>125</sup>I seeds implantation for primary hepatocellular carcinoma[J]. *Chin J Nucl Med Molecular Imaging*, 2022, 42(11): 666-671. DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20210421-00133.
- [8] 何施逸,康保国,黄娟. <sup>125</sup>I 粒子植入技术在恶性肿瘤治疗中的进展[J].*中华核医学与分子影像杂志*, 2023, 43(1): 48-51. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20210625-00207. He SY, Kang BG, Huang J. Progress of <sup>125</sup>I seeds implantation technology in the treatment of malignant tumors [J]. *Chin J Nucl Med Mol Imaging*, 2023, 43(1): 48-51. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20210625-00207.
- [9] Lau A, Yang WF, Li KY, et al. Systemic therapy in recurrent or metastatic head and neck squamous cell carcinoma—a systematic review and meta-analysis[J]. *Crit Rev Oncol Hematol*, 2020, 153: 102984. DOI:10.1016/j.critrevonc.2020.102984.
- [10] Wu C, Li B, Sun G, et al. Efficacy and safety of iodine-125 brachytherapy in the treatment of recurrent or metastatic head and neck squamous cell carcinoma[J]. *Onco Targets Ther*, 2020, 13: 9657-9666. DOI:10.2147/OTT.S269626.
- [11] Tian Q, Zhu HH, Li H. Interstitial brachytherapy of oral squamous cell carcinoma with ultrasound-guided iodine-125 radioactive seed implantation[J]. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 2018, 22(6): 1680-1685. DOI:10.26355/eurrev\_201803\_14580.
- [12] Stannard C, Maree G, Tovey S, et al. Iodine-125 brachytherapy in the management of squamous cell carcinoma of the oral cavity and oropharynx[J]. *Brachytherapy*, 2014, 13(4): 405-412. DOI:10.1016/j.brachy.2014.02.443.
- [13] 丁浩南,韩琨,丁紫雪,等. <sup>125</sup>I 放射性粒子治疗老年口腔鳞癌患者的近期疗效观察[J].*中华老年口腔医学杂志*, 2019, 17(3): 147-149. DOI:10.19749/j.cn.cjgd.1672-2973.2019.03.005. Ding HN, Han K, Ding ZX, et al. Short-term efficacy of <sup>125</sup>I radioactive seeds in the treatment of oral squamous cell carcinoma in elderly patients[J]. *Chinese Journal of Geriatric Dentistry*, 2019, 17(3): 147-149. DOI:10.19749/j.cn.cjgd.1672-2973.2019.03.005.
- [14] 中华医学会放射肿瘤治疗学分会,中国医师学会粒子植入专家

- 委员会,北京医学会放射肿瘤治疗学分会-中国北方粒子治疗多中心协作组(CNRBG). 3D 打印非共面坐标模板辅助 CT 引导放射性<sup>125</sup>I 粒子植入治疗头颈部肿瘤专家共识[J]. 中华医学杂志, 2018, 98(15): 1143-1147. DOI:10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2018.15.004.
- Chinese Medical Association Radiation Oncology Branch, Committee of Experts on Radioactive Particle Implantation Technology, Chinese Medical Doctor Association, Radiation oncology committee of Beijing Medical Association-Chinese Northern Radioactive-seed Radiotherapy Group. 3D printing non-coplanar coordinate template assisted CT-guided radioactive <sup>125</sup>I particle implantation in the treatment of head and neck tumors expert consensus[J]. Natl Med J China, 2018, 98(15): 1143-1147. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2018.15.004.
- [15] Caudell JJ, Gillison ML, Maghami E, et al. NCCN Guidelines® Insights: Head and Neck Cancers, Version 1.2022[J]. J Natl Compr Canc Netw, 2022, 20(3): 224-234. DOI: 10.6004/jncn.2022.0016.
- [16] Wu ZY, Wu WJ, Zheng L, et al. Efficacy of combined surgery and <sup>125</sup>I seed brachytherapy for treatment of primary mucoepidermoid carcinoma of the parotid gland[J]. Head Neck, 2019, 41(9): 3219-3225. DOI:10.1002/hed.25813.
- [17] Chen Z, Liu G, Geng Y, et al. Iodine-125 brachytherapy for the treatment of central mucoepidermoid carcinoma of the jaw in a pre-teen[J]. Int J Oral Maxillofac Surg, 2022, 51(10): 1273-1278. DOI:10.1016/j.ijom.2022.01.015.
- [18] Sama S, Komiya T, Guddati AK. Advances in the treatment of mucoepidermoid carcinoma[J]. World J Oncol, 2022, 13(1): 1-7. DOI:10.14740/wjon1412.
- [19] Dong S, Li W, Shi Y, et al. The efficacy of iodine-125 interstitial brachytherapy for the treatment of locally advanced adenoid cystic carcinoma of the base of tongue: a non-surgical approach[J]. J Contemp Brachytherapy, 2021, 13(4): 395-401. DOI:10.5114/jcb.2021.108593.
- [20] 李聪,刘树铭,郑磊,等.手术联合<sup>125</sup>I 粒子治疗口腔颌面部腺样囊性癌的疗效与相关预后因素分析[J]. 北京大学学报(医学版), 2019, 51(1): 49-52. DOI: 10.19723/j.issn.1671-167X.2019.01.009.
- Li C, Liu SM, Zheng L, et al. Study of surgery combined with <sup>125</sup>I brachytherapy for adenoid cystic carcinoma of oral and maxillofacial region[J]. J Peking Univ (Health Sci), 2019, 51(1): 49-52. DOI:10.19723/j.issn.1671-167X.2019.01.009.
- [21] Hu YH, Zhang CY, Xia RH, et al. Prognostic factors of carcinoma ex pleomorphic adenoma of the salivary glands, with emphasis on the widely invasive carcinoma: a clinicopathologic analysis of 361 cases in a Chinese population[J]. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol, 2016, 122(5): 598-608. DOI:10.1016/j.oooo.2016.06.005.
- [22] Ma YQ, Zheng L, Huang MW, et al. Surgery combined with <sup>125</sup>I brachytherapy for treatment of carcinoma ex pleomorphic adenoma of the parotid gland[J]. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol, 2021, 131(4): 395-404. DOI:10.1016/j.oooo.2020.11.017.
- [23] 许宁,郑磊,张杰,等.放射性粒子组织间植入近距离放疗在颌底腺源性恶性肿瘤治疗中的应用[J].实用口腔医学杂志, 2017, 33(6): 798-801. DOI:10.3969/j.issn.1001-3733.2017.06.018.
- Xu N, Zheng L, Zhang J, et al. Application of radioactive particle interstitial implant brachytherapy in the treatment of malignant adenogenous tumors invaded into cranial base area[J]. J Pract Stomatol, 2017, 33(6): 798-801. DOI:10.3969/j.issn.1001-3733.2017.06.018.
- [24] Chen Y, Jiang Y, Ji Z, et al. Efficacy and safety of CT-guided <sup>125</sup>I seed implantation as a salvage treatment for locally recurrent head and neck soft tissue sarcoma after surgery and external beam radiotherapy: a 12-year study at a single institution[J]. Brachytherapy, 2020, 19(1): 81-89. DOI:10.1016/j.brachy.2019.09.006.
- [25] von Mehren M, Kane JM, Agulnik M, et al. Soft Tissue Sarcoma, Version 2.2022, NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology [J]. J Natl Compr Canc Netw, 2022, 20(7): 815-833. DOI:10.6004/jncn.2022.0035.
- [26] 赵丹,郑磊,吕晓鸣,等.<sup>125</sup>I 放射性粒子植入近距离放疗在儿童口腔颌面-头颈部肉瘤治疗中的应用[J].中华医学杂志, 2017, 97(1): 33-37. DOI:10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2017.01.009.
- Zhao D, Zheng L, Lyu XM, et al. Clinical application of <sup>125</sup>I radioactive seeds brachytherapy in the treatment of the pediatric soft tissue sarcoma in head and neck[J]. Natl Med J China, 2017, 97(1): 33-37. DOI:10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2017.01.009
- [27] Lee H, Lazor JW, Assadsangabi R, et al. An imager's guide to perineural tumor spread in head and neck cancers: radiologic footprints on <sup>18</sup>F-FDG PET, with CT and MRI correlates[J]. J Nucl Med, 2019, 60(3): 304-311. DOI:10.2967/jnumed.118.214312.
- [28] Wei G, Jiang P, Li C, et al. A review on permanent implants for prostate brachytherapy with comparison between stranded and loose seeds[J]. Jpn J Radiol, 2022, 40(2): 135-146. DOI:10.1007/s11604-021-01189-3.
- [29] Wei S, Li C, Li M, et al. Radioactive iodine-125 in tumor therapy: advances and future directions[J]. Front Oncol, 2021, 11: 717180. DOI: 10.3389/fonc.2021.717180.
- [30] Meng F, Xue X, Qiao B, et al. A new multimodal, image-guided, robot-assisted, interstitial brachytherapy for the treatment of head and neck tumors—a preliminary study[J]. Int J Med Robot, 2020, 16(5): 1-5. DOI:10.1002/res.2133.

(收稿日期:2023-07-26)