

基于影像组学探讨CT引导下¹²⁵I粒子治疗 中晚期肺癌的疗效评估

李兴昶¹, 李义兴¹, 刘德慧¹, 冯亚琪¹, 彭雪芬^{2*}

¹三峡大学第一临床医学院(宜昌市中心人民医院)核医学科, 湖北 宜昌

²宜昌市夷陵医院, 湖北 宜昌

收稿日期: 2026年3月16日; 录用日期: 2026年4月6日; 发布日期: 2026年4月20日

摘要

目的: 基于影像组学技术分析中晚期肺癌患者CT影像潜在特征, 评估CT引导下¹²⁵I植入治疗的临床疗效, 为中晚期肺癌患者个体化治疗方案的制定及疗效预判提供循证依据。方法: 纳入2020年1月~2025年1月150例行CT引导下¹²⁵I治疗的中晚期肺癌患者为观察组, 收集患者治疗前1周内的胸部增强CT影像资料, 经影像组学分析软件分割肿瘤病灶并提取特征, 基于多步骤筛选构建影像组学标签, 通过比较生存差异分析影像组学标签与临床疗效的关联。选取同期在我院确诊并接受常规化疗的中晚期肺癌患者150例作为对照组, 对比两组临床疗效。结果: 观察组150例患者均成功完成¹²⁵I植入治疗, 粒子植入准确, 术后放射性粒子治疗计划系统剂量验证结果提示符合处方剂量要求, 术后6个月客观缓解率为71.33%, 疾病控制率为94.00%, 显著高于对照组53.33%、80.66%, $P < 0.05$ 。经特征筛选获得8项与治疗疗效密切相关的影像组学特征信息并构建标签, 观察组患者中高标签评分组患者客观缓解率、疾病控制率、中位无进展生存期、总生存期均显著优于低标签评分组, $P < 0.05$ 。结论: CT引导下¹²⁵I治疗中晚期肺癌定位精准、疗效可靠, 有利于控制肿瘤进展, 延长患者生存时间, 基于治疗前CT影像组学标签能够有效区分不同疗效预后人群, 为中晚期肺癌病人个性化治疗方案的制定提供重要的参考价值。

关键词

影像组学, CT引导, ¹²⁵I粒子, 中晚期肺癌, 疗效评估

Radiomics-Based Evaluation of Therapeutic Efficacy of CT-Guided ¹²⁵I Seed Implantation for Advanced Lung Cancer

Xingchang Li¹, Yixing Li¹, Dehui Liu¹, Yaqi Feng¹, Xuefen Peng^{2*}

¹Department of Nuclear Medicine, The First College of Clinical Medical Science of China Three Gorges

*通讯作者。

文章引用: 李兴昶, 李义兴, 刘德慧, 冯亚琪, 彭雪芬. 基于影像组学探讨 CT 引导下 ¹²⁵I 粒子治疗中晚期肺癌的疗效评估[J]. 世界肿瘤研究, 2026, 16(2): 135-142. DOI: 10.12677/wjcr.2026.162015

Abstract

Objective: To analyze the potential features in CT images of patients with advanced lung cancer based on radiomics technology, and to evaluate the clinical efficacy of CT-guided ¹²⁵I seed implantation therapy, providing evidence-based support for formulating individualized treatment plans and predicting therapeutic outcomes for these patients. **Methods:** A total of 150 patients with advanced lung cancer who underwent CT-guided ¹²⁵I treatment from January 2020 to January 2025 were included in the observation group. The chest enhanced CT imaging data of the patients within one week before treatment were collected. The tumor lesions were segmented and features were extracted using the image biomarker analysis software. Based on multi-step screening, an image biomarker label was constructed. The association between the image biomarker label and clinical efficacy was analyzed by comparing survival differences. A total of 150 patients with advanced lung cancer who were diagnosed in our hospital and received conventional chemotherapy at the same time were selected as the control group. The clinical efficacy of the two groups was compared. **Results:** All 150 patients in the observation group successfully completed the ¹²⁵I implantation treatment, and the particle implantation was accurate. The dose verification results of the postoperative radiotherapy planning system indicated compliance with the prescription dose requirements. The objective response rate at 6 months after surgery was 71.33%, and the disease control rate was 94.00%, which was significantly higher than that of the control group (53.33% and 80.66%, respectively), $P < 0.05$. Eight imaging biomarker features closely related to treatment efficacy were selected through feature screening and a label was constructed. The patients in the high-label-score group in the observation group had significantly better objective response rate, disease control rate, median progression-free survival, and overall survival than those in the low-label-score group, $P < 0.05$. **Conclusion:** CT-guided ¹²⁵I seed implantation for advanced lung cancer is characterized by precise localization and reliable efficacy, facilitating tumor progression control and prolonging patient survival. The pre-treatment CT-based radiomics signature can effectively differentiate patient populations with different prognostic outcomes, providing significant reference value for developing personalized treatment plans for patients with advanced lung cancer.

Keywords

Radiomics, CT Guidance, ¹²⁵I Seeds, Advanced Lung Cancer, Efficacy Evaluation

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

肺癌是全球范围内发病率和死亡率均较高的恶性肿瘤，现已成为严重威胁人类健康的重大公共卫生问题[1]。根据国家癌症中心 2024 年发布的最新数据，我国肺癌年新发病例高居所有癌症之首，其中约 60% 以上的患者确诊时已处于中晚期，错过了根治性手术的最佳时机[2]。现阶段，临床上针对中晚期肺癌的常规治疗措施以综合性治疗为主，包括全身化疗、外照射放疗、靶向治疗、免疫治疗等，这些常规

治疗手段在一定程度上能够延长患者的生存期,但均存在难以规避的局限性[3]。且上述常规治疗手段的疗效评估多依赖于肿瘤大小变化等形态学指标,难以早期、精准地反映肿瘤内部的生物学特性改变,可能延误治疗方案的调整时机。CT引导下¹²⁵I植入具有局部剂量高、正常组织损伤较小等优势,是现阶段中晚期肺癌治疗的重要手段[4]。但该技术临床疗效的个体差异较大,影像组学能够挖掘中晚期肺癌病人CT影像中隐性的特征,为疾病的精准评估提供参考[5]。影像组学作为一种新兴的影像学分析技术,能够通过医学影像进行高通量特征提取与分析,挖掘肿瘤灰度纹理、密度分布等潜在生物学信息,进一步反映肿瘤异质性等微观特征,为肿瘤诊断、治疗方案制定、疗效评估等提供量化依据[6]。将影像组学技术用于CT引导下¹²⁵I植入疗效评估有望突破传统形态学评估的局限性,对治疗效果进行早期、精准研判[7]。基于此,本研究聚焦中晚期肺癌患者CT引导下¹²⁵I植入治疗的临床价值,基于治疗前CT影像构建组学标签以评估疗效,以期为中晚期肺癌的个体化治疗提供客观依据。

2. 资料和方法

2.1. 研究对象

本研究为回顾性分析研究,研究对象为2020年1月~2025年1月在宜昌市中心人民医院确诊并接受治疗的中晚期肺癌患者。纳入150例接受CT引导下¹²⁵I植入患者作为观察组,选取同期在我院确诊并接受常规化疗的中晚期肺癌患者150例作为对照组,两组性别、病理分型、临床分期、病灶位置等基线资料对比无显著差异, P 均 >0.05 ,具有可比性。

所有患者及家属均对诊疗方案知情同意并知晓随访要求,本研究已获得我院医学伦理委员会批准(批号:2025-247-01)。

纳入标准:①经病理组织学或细胞学检查确诊为原发性肺癌,符合国际肺癌研究协会TNM分期标准中的IIIB期、IIIC期或IV期。②年龄18~80岁之间,Karnofsky功能状态评分 ≥ 60 分,预计生存期 ≥ 3 个月。③肿瘤病灶可通过CT清晰显示,病灶最大径 ≥ 2 cm。④无碘¹²⁵I放射性粒子植入治疗禁忌症。⑤治疗前1周内完成胸部增强CT检查,影像资料完整、清晰,能够满足影像组学分析要求。⑥对诊疗方案知情同意,能够配合完成定期随访。

排除标准:①合并其他原发性恶性肿瘤。②肿瘤病灶临近大血管且侵犯范围 $> 1/3$ 血管壁,存在致命性出血风险。③合并严重凝血功能障碍。④肝肾功能严重受损者。⑤合并精神疾病患者或无法配合随访者。⑥CT影像资料不完整、存在运动伪影或金属伪影,影响病灶分割及特征提取者。

2.2. 研究方法

2.2.1. 影像资料收集及影像组学特征筛选

收集所有患者治疗前1周内胸部增强CT影像资料,扫描设备为128排螺旋CT(西门子SOMATOM Definition Flash)。扫描参数:管电压120kV,管电流110mA,层厚5mm,重建层厚1.5mm,矩阵 512×512 ,FOV 500mm。使用双筒高压注射器于肘静脉注射对比剂(碘克沙醇,1.5~2ml/kg),注射剂最大量100ml,注射速率2.5ml/s,注射后30s、60s、120s进行扫描。将CT影像数据导入影像组学分析软件进行预处理,进行影像去噪、灰度标准化、病灶分割。由2名具有5年以上胸部影像诊断经验的主治医师采用双盲法进行肿瘤病灶手动分割,分割范围为肿瘤实体部分,如2名医师分割结果的一致性较差,Dice相似系数 < 0.75 ,由1名主任医师进行评估,最后确定病灶分割区域。分割后的肿瘤病灶区域,利用影像组学软件的Radiomics模块提取影像组学特征,包括一阶特征、形状特征、纹理特征,共计158项影像组学特征。为减少特征冗余、避免模型过拟合,特征筛选步骤如下:①一致性检验:由2名医师分别提取特征后,采用组内相关系数评估一致性,选取组内相关系数 > 0.85 的特征,此步骤后保留135项特征。

② 多重共线性排除：采用方差膨胀因子进行分析，剔除方差膨胀因子 ≥ 10 的特征，减少变量之间的干扰，此步骤后保留 110 项特征。③ 疗效关联性筛选：以治疗后 6 个月客观缓解率为中点，采用 LASSO 回归模型进行特征压缩，通过 10 倍交叉验证确定最优正则化参数，保留非零系数特征 10 项。④ 重要性排序：采用随机森林算法计算上述 10 项特征的重要性评分，评分前 8 的特征构建影像组学标签，计算每位患者的影像组学评分， \geq 评分中位数的患者设置为高 Rad-score 组， $<$ 评分中位数的患者设置为低 Rad-score 组。

2.2.2. ^{125}I 植入

对照组所有患者均接受二线化疗。观察组患者予以 CT 引导下 ^{125}I 植入治疗，所有患者治疗前均进行胸部增强 CT 薄层扫描，将 CT 影像数据导入放射性粒子治疗计划系统，由肿瘤科、放疗科、影像科医师共同制定治疗计划，根据患者肿瘤大小、位置、邻近器官组织关系、患者身体状况等确定粒子植入的穿刺路径、粒子分布范围及数量。处方剂量 100~140 Gy，粒子活度 0.4~0.7 mCi，粒子间距 0.5~1.0 cm，确保肿瘤病灶完全覆盖在处方剂量曲线内，并尽量降低周围正常组织的受照剂量。植入过程中，指导患者取仰卧位或俯卧位，根据制定好的治疗计划确定穿刺点，标记穿刺点后常规进行消毒、铺巾，以 2%利多卡因进行局部浸润麻醉。在 CT 引导下采用 18 G 穿刺针沿预设穿刺路径缓慢刺入肿瘤病灶内，经 CT 扫描确认穿刺位置准确后，通过粒子植入枪按照治疗计划逐点将 ^{125}I 植入肿瘤内部，粒子间距 0.5~1.0 cm。植入过程中进行多次 CT 扫描，实时调整穿刺针位置、粒子分布，进行术中优化，避免粒子重叠、遗漏。植入完成后再次进行胸部 CT 扫描，明确粒子分布情况及是否存在并发症，将术后 CT 影像数据导入放射性粒子治疗计划系统进行剂量验证，确保处方剂量达到预设处方剂量。术后患者返回病房卧床休息，常规监测生命体征，观察患者有无咳嗽、咯血、胸痛等，常规进行止血、抗感染、对症支持治疗，发生气胸者根据患者气胸量确定是否进行胸腔闭式引流术。术后 1 周内复查胸部 CT，确认粒子位置、分布情况。

2.2.3. 随访

采用门诊随访、电话随访相结合的方式，对所有患者进行 ≥ 6 个月的随访，记录患者生存情况。

2.3. 观察指标

2.3.1. 疗效评估

参照实体瘤疗效评价标准，结合术后胸部增强 CT 检查结果，评估肿瘤疗效[8]。完全缓解：所有目标病灶消失，且维持 4 周以上；部分缓解：目标病灶最大径之和较基线减少 $\geq 30\%$ ，且维持 4 周以上；疾病稳定：目标病灶最大径之和较基线检查 $< 30\%$ 或增加 $< 20\%$ ；疾病进展：目标病灶最大径之和较基线增加 $\geq 20\%$ 或出现新的病灶。客观缓解率 = 完全缓解率 + 部分缓解率，疾病控制率 = 完全缓解率 + 部分缓解率 + 疾病稳定率。记录患者无进展生存期(从治疗开始至疾病进展或任何原因死亡的时间)及总生存期(从治疗开始至任何原因死亡的时间)。

2.3.2. 影像组学标签预测

根据影像组学评分中位数进行分组， \geq 评分中位数的患者设置为高 Rad-score 组， $<$ 评分中位数的患者设置为低 Rad-score 组，比较高 Rad-score 组、低 Rad-score 组患者术后 3 个月、6 个月的客观缓解率、疾病控制率、无进展生存期、总生存期。

2.4. 统计学方法

采用统计学软件 SPSS 26.0 进行分析， $P < 0.05$ 时表示差异显著有统计学意义。

3. 结果

3.1. 两组患者一般资料比较

两组性别、病理分型、临床分期、病灶位置等基线资料对比无显著差异, P 均 >0.05 (详见表 1)。观察组 150 例患者中, 68 例既往接受过 1~3 周期全身化疗但疗效不佳(疾病稳定 52 例, 疾病进展 16 例), 27 例患者因合并严重基础疾病无法耐受全身化疗, 55 例为初始患者且因个人意愿拒绝全身化疗; 对照组 150 例患者均接受二线化疗。

Table 1. Comparison of general data between two groups of patients

表 1. 两组患者一般资料对比

一般资料	观察组	对照组	χ^2 或 t	P
性别(例)				
男	92	90	0.056	0.813
女	58	60		
平均年龄(岁)	63.25 ± 11.04	62.83 ± 11.56	0.322	0.748
病理类型(例)				
鳞癌	95	93	0.057	0.811
腺癌	55	57		
临床分期(例)				
IIIB 期	55	56	0.019	0.991
IIIC 期	50	49		
IV 期	45	45		
病灶位置(例)				
中央型肺癌	62	60	0.055	0.814
周围型肺癌	88	90		
肿瘤最大径(cm)	6.50 ± 1.90	6.62 ± 1.85	0.554	0.58
Karnofsky 评分(分)	72.51 ± 8.30	73.12 ± 8.05	0.646	0.519

3.2. 影像组学特征筛选结果

初始从肿瘤病灶区域提取影像组学特征 158 项, 涵盖一阶特征 14 项(均值、标准差、偏度、峰度、能量等)、形状特征 16 项(体积、表面积、球形度、最大径等)、纹理特征 128 项(灰度共生矩阵、灰度游程矩阵、灰度区域大小矩阵等), 经多个步骤筛选后, 最终确定 8 项核心特征构建影像组学标签, 见表 2。

3.3. 临床疗效

观察组 150 例患者均成功完成 ^{125}I 植入治疗, 术中有少量气胸、渗出等并发症, 粒子植入位置与治疗计划符合率 100%。术后放射性粒子治疗计划系统剂量验证显示, 肿瘤靶区处方剂量覆盖度为(108.60 ± 13.20) Gy, 正常肺组织 V20 为(22.30 ± 4.50)%, 心脏 V30 为(18.60 ± 3.80)%, 食管 V50 为(12.10 ± 2.60)%, 均符合安全剂量要求; 术后 6 个月客观缓解率为 71.33%, 疾病控制率为 94.00%, 显著高于对照组 53.33%、80.66%, $P < 0.05$, 观察组和对照组治疗后 6 个月临床疗效评估结果见表 3。

Table 2. Screening results of radiomics characteristics
表 2. 影像组学特征筛选结果

核心特征	重要性评分
动脉期灰度共生矩阵熵	0.162
静脉期一阶特征偏度	0.148
延迟期形状特征表面积/体积比	0.135
动脉期灰度游程矩阵长游程强调	0.121
静脉期灰度区域大小矩阵区域熵	0.108
延迟期一阶特征能量	0.096
动脉期形状特征球形度	0.089
静脉期灰度共生矩阵相关性	0.082

Table 3. Clinical efficacy evaluation results at 6-month post-treatment in the observation group and control group
表 3. 观察组和对照组治疗后 6 个月临床疗效评估结果

组别	完全缓解	部分缓解	疾病稳定	疾病进展	客观缓解率(%)	疾病控制率(%)
观察组	22	85	34	9	71.33% (107/150)	94.00% (141/150)
对照组	10	70	41	29	53.33% (80/150)	80.66% (121/150)
χ^2	5.037	3.003	1.415	12.053	10.349	12.053
<i>P</i>	0.025	0.083	0.234	0.001	0.001	0.001

3.4. 影像组学标签预测结果

影像组学评分中位数为 1.32, 根据影像组学评分中位数进行分组, \geq 评分中位数的观察组患者设置为高 Rad-score 组(75 例), $<$ 评分中位数的患者设置为低 Rad-score 组(75 例); 观察组患者中高标签评分组患者客观缓解率、疾病控制率、中位无进展生存期、总生存期均显著优于低标签评分组, $P < 0.05$, 两组临床疗效比较见表 4。

Table 4. Comparison of clinical efficacy between the high Rad-score group and the low Rad-score group
表 4. 高 Rad-score 组与低 Rad-score 组临床疗效比较

组别	例数	客观缓解率(%)		生存情况(月)	
		术后 3 个月	术后 6 个月	无进展生存期	总生存期
高 Rad-score 组	75	77.33% (58/75)	86.67% (65/75)	13.61 \pm 2.31	25.80 \pm 5.20
低 Rad-score 组	75	48.00% (36/75)	56.00 (42/75)	8.05 \pm 1.24	17.40 \pm 3.12
χ^2 或 <i>t</i>		13.792	17.246	18.366	11.996
<i>P</i>		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

4. 讨论

中晚期肺癌患者通常错失了根治性手术的最佳时机, 临床治疗的核心目标在于控制肿瘤进展, 延长患者生存期, 改善其生存质量[9]-[11]。本次研究基于影像组学技术探讨 CT 引导下 ^{125}I 植入治疗的临床疗效, 为中晚期肺癌患者的个体化治疗提供了重要循证依据, 具有一定的临床意义。

本次研究中, ^{125}I 植入治疗中晚期肺癌的客观缓解率、疾病控制率、生存情况较为理想, 证实其疗效可靠。这一结果与多项临床研究结论一致[12]-[16]。本研究数据进一步佐证了单独采用 CT 引导下 ^{125}I 植入治疗, 也能有效控制中晚期肺癌的进展, 尤其适用于无法耐受化疗、靶向治疗或治疗失败的患者, 为此类患者提供了新的治疗思路及选择。

CT 引导下 ^{125}I 植入作为近距离放疗的重要手段, 其核心优势在于能够通过精准定位实现肿瘤局部高剂量照射, 并减少对周围正常组织的损伤[17]-[19]。本次研究中, 影像组学技术通过提取影像中潜在的量化特征, 实现了对肿瘤异质性的精准评估, 在肿瘤疗效评估中具有独特价值。本研究中, 通过多步骤筛选获得 8 项与疗效密切相关的影像组学特征并构建标签。影像组学筛选的 8 项特征中, 动脉期灰度共生矩阵熵重要性最高, 提示肿瘤血供相关纹理特征与疗效密切相关, 这一结果与现有研究逻辑一致[20]-[24]。高 Rad-score 组患者疾病控制情况及生存情况更佳, 说明影像组学标签能够有效预判疗效, 为临床决策提供参考[25]-[27]。从机制上看, 影像组学特征可反映肿瘤密度分布、纹理变化等, 这些特征与肿瘤病理类型、增殖活性等密切相关, ^{125}I 植入的效果依赖于肿瘤对放射线的敏感性, 通过影像组学标签可有效识别对治疗敏感的人群, 避免无效治疗[28]-[30]。

综上所述, ^{125}I 植入治疗中晚期肺癌是安全有效的, 影像组学技术有助于中晚期肺癌精准诊疗, 在今后的临床实践中值得深入研究和推广应用。但本研究结果仍存在一定的局限性, 作为一项回顾性研究, 本研究所纳入的样本量有限, 可能存在选择偏倚, 未来需开展多中心、前瞻性研究进一步验证研究结果。现阶段, 中晚期肺癌的治疗已进入综合治疗时代, 未来还可以进一步探索影像组学标签在综合治疗方案优化及疗效评估中的应用价值, 并结合分子生物学技术, 实现对中晚期肺癌患者治疗方案的精准优化, 最终改善患者预后。

基金项目

宜昌市医疗卫生项目(A25-2-023); 宜昌市医疗卫生项目(A24-2-019)。

参考文献

- [1] 李香强. CT 引导下 ^{125}I 粒子植入联合支气管动脉化疗栓塞治疗非小细胞肺癌患者的临床效果研究[J]. 影像研究与医学应用, 2025, 9(10): 12-14, 18.
- [2] 钟智辉, 曾家欢, 刘源. CT 引导下碘 125 放射性粒子治疗肺癌的剂量学评估[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2024, 22(10): 44-47.
- [3] 白钧, 高贞, 闵学雅, 等. 肺癌 ^{125}I 粒子植入术后 SPECT/CT 计数值与剂量分布及疗效关系初探[J]. 介入放射学杂志, 2023, 32(3): 240-242.
- [4] 陈道花, 陈兢兢, 隋明颖, 等. CT 引导下经皮微波消融或联合 ^{125}I 粒子植入治疗晚期肺癌的临床分析[J]. 循证医学, 2023, 23(4): 225-235.
- [5] 金文晶, 谢晋凤. 基于肺-肾-骨轴的补肾法联合伊班膦酸治疗肺癌骨转移及 CT 对预后的监测价值[J]. 中华中医药学刊, 2025, 43(7): 232-235.
- [6] Murata, Y., Iwasawa, S., Matsuura, A., Kumaya, Y., Yoshida, M., Takahashi, A., *et al.* (2025) Prognosis for Clinical Early-Stage Lung Cancer Patients with Subclinical Malignant Pleural Effusion: Is Anatomical Resection a Reasonable Option? *General Thoracic and Cardiovascular Surgery*. <https://doi.org/10.1007/s11748-025-02235-x>
- [7] Ece, D., Muftuoglu, C., Mert, U., Gokmen, G.G., Ozdenizer, C., Mukhtarova, G., *et al.* (2025) Effects of Staphylococcus Aureus on Lung Cancer Cells. *Thoracic Research and Practice*, **26**, 23-24. <https://doi.org/10.4274/thoracrespract.2025.s009>
- [8] Erinanc, H., Uçar, Y., Karabulut, K.U., Yonar, A., Unler, A.G.K. and Kulaksizoglu, S. (2025) Role of Systemic Inflammatory Markers in the Differential Diagnosis of Organizing Pneumonia and Lung Cancer. *APMIS*, **133**, e70103. <https://doi.org/10.1111/apm.70103>
- [9] Kanayama, M., Yasuda, M., Osaki, T., Jojiki, H., Nishizawa, N., Chikaishi, Y., *et al.* (2025) Feasibility and Outcomes of Curative-Intent Surgery for Clinically Node-Positive Non-Small Cell Lung Cancer with Interstitial Lung Disease. *Surgery*

- Today. <https://doi.org/10.1007/s00595-025-03154-3>
- [10] Ceylan Ekiz, Y. and Turgut, G.Ç. (2025) Phytochemical Profiling and Multitargeted Anticancer Potential of *Achillea alimeana*: An *in Vitro* and *in Silico* Evaluation of Lung Cancer Cells. *ChemistrySelect*, **10**, e03217. <https://doi.org/10.1002/slct.202503217>
- [11] 郭智通, 曾俊莉, 吴德南, 等. 二线化疗联合碘 125 放射性粒子植入治疗中晚期非小细胞肺癌的疗效及安全性研究[J]. 中国现代药物应用, 2025, 19(22): 79-83.
- [12] 马建增, 曹文丽, 唐乃玲, 等. 放射性碘 125 粒子植入联合程序性死亡受体-1 单抗加化疗治疗中晚期非小细胞肺癌效果及对患者免疫功能的影响[J]. 大医生, 2024, 9(13): 35-38.
- [13] 周夏, 黄朝娇, 何雨芮, 等. 放射性碘 125 粒子植入治疗肺癌致上腔静脉综合征的临床效果研究[J]. 现代医药卫生, 2023, 39(22): 3830-3833.
- [14] 王静宜, 张媛媛, 李小青, 等. 碘 125 粒子植入联合 PD-1 单抗加含铂化疗在晚期非小细胞肺癌中的有效性及安全性分析[J]. 重庆医学, 2023, 52(13): 1999-2004.
- [15] 曾晓, 谢志斌, 刘钧, 等. 碘 125 粒子植入联合化疗治疗纵膈转移非小细胞肺癌的疗效[J]. 湖南师范大学学报(医学版), 2022, 19(3): 137-141.
- [16] 王彤, 张延超, 魏乐群, 等. 支气管动脉化疗栓塞术联合 ^{125}I 放射性粒子植入术治疗非小细胞肺癌的疗效[J]. 医学临床研究, 2025, 42(12): 2097-2099, 2103.
- [17] 李懿原, 马珊, 李爱华, 等. 超声支气管镜引导下碘-125 粒子植入治疗肺癌中央区淋巴结转移[J]. 山东大学学报(医学版), 2025, 63(12): 26-34.
- [18] 熊丹雅, 杨盼盼, 陆雨顺, 等. 纳武利尤单抗联合粒子植入对肺癌患者疗效及 T 淋巴细胞含量的影响[J]. 分子诊断与治疗杂志, 2025, 17(9): 1629-1632.
- [19] 王健庄, 付伟, 余宏鑫, 等. ^{125}I 粒子植入辅助射频消融术治疗中晚期非小细胞肺癌近中期疗效分析[J]. 安徽医学, 2025, 46(8): 980-984.
- [20] 麻恒翔, 刘博, 刘东光, 等. 灌注化疗联合放射性 ^{125}I 粒子植入术治疗原发性肺癌的短期疗效及不良反应[J]. 实用癌症杂志, 2025, 40(6): 964-967.
- [21] 徐克, 张宏涛, 于慧敏, 等. ^{125}I 粒子治疗放化疗后复发非小细胞肺癌的长期随访观察及疗效分析[J]. 实用肿瘤杂志, 2025, 40(3): 261-265.
- [22] 马程威. 放射性粒子组织间植入治疗恶性肿瘤特有优势分析[D]: [硕士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2025.
- [23] 周红. 植入 ^{125}I 粒子治疗中晚期肺癌的有效性研究[J]. 中国冶金工业医学杂志, 2025, 42(2): 198-199.
- [24] 黄文浩, 冯广森, 许立国. BACE 联合 ^{125}I 放射性粒子植入治疗进展期肺鳞癌的临床分析[J]. 河南外科学杂志, 2025, 31(2): 19-21.
- [25] 徐海兰. ^{125}I 粒子通过诱导自噬依赖性铁死亡抑制肺腺癌细胞生长的研究[D]: [硕士学位论文]. 承德: 承德医学院, 2025.
- [26] 王鑫. ^{125}I 粒子植入治疗晚期 NSCLC 的临床疗效评价及其抑制肿瘤生长的实验研究[D]: [硕士学位论文]. 承德: 承德医学院, 2025.
- [27] 李卓文, 王蓓, 亢勇飞, 等. ^{125}I 粒子联合外照射治疗 Lewis 肺癌荷瘤小鼠的疗效及杀伤机制[J]. 中国老年学杂志, 2024, 44(18): 4490-4494.
- [28] Ding, T., Hao, S., Wang, Z., Zhang, W. and Zhang, G. (2024) Development of a Nomogram for Predicting Radiation-induced Pneumonia in Patients with Lung Cancer Undergoing Close-Range Radiotherapy with Radioactive ^{125}I Particles. *Molecular and Clinical Oncology*, **22**, Article No. 2. <https://doi.org/10.3892/mco.2024.2797>
- [29] Ding, T., Ge, X., Hao, S., Wang, Z., Zhang, W. and Zhang, G. (2024) Nomogram Prediction Model for Overall Survival of Late-Stage Lung Cancer Patients Undergoing Iodine-125 Particle Implantation Brachytherapy. *Journal of Contemporary Brachytherapy*, **16**, 410-427. <https://doi.org/10.5114/jcb.2024.146836>
- [30] Wu, K., Zheng, H., Zhang, H. and Song, X. (2025) Efficacy and Safety of Iodine-125 Seed Implantations Combined with Chemotherapy and Immunotherapy for Patients with Non-Small Cell Lung Cancer: Protocol for a Systematic Review and Meta-Analysis. *BMJ Open*, **15**, e094632. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2024-094632>