

· 病例报告 ·

肝癌⁹⁰Y-SIRT 中应用⁹⁹Tc^m-MAA 联合⁹⁹Tc^m-EHIDA
SPECT/CT 评估肝储备功能:1 例报道汪峥¹ 杨静茹¹ 李文波¹ 曹明溶² 李承志² 徐浩¹ 弓健¹¹暨南大学附属第一医院核医学科,广州 510632;²暨南大学附属第一医院肝胆外科,广州 510632

通信作者:弓健, Email: gongjian2021@163.com

DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20251013-00360

⁹⁹Tc^m-MAA combined with ⁹⁹Tc^m-EHIDA SPECT/CT for assessment of liver reserve function in ⁹⁰Y-SIRT for liver cancer: a case reportWang Zheng¹, Yang Jingru¹, Li Wenbo¹, Cao Mingrong², Li Chengzhi², Xu Hao¹, Gong Jian¹¹Department of Nuclear Medicine, the First Affiliated Hospital of Jinan University, Guangzhou 510632, China;²Department of Hepatobiliary Surgery, the First Affiliated Hospital of Jinan University, Guangzhou 510632, China

Corresponding author: Gong Jian, Email: gongjian2021@163.com

DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20251013-00360

患者男,37岁,2020年12月23日于外院行“肝S6段肿瘤切除术”,术后病理诊断为原发性肝细胞癌。2022年10月27日因“原发性肝细胞癌术后复发”至本院就诊,入院时肝功能 Child-Pugh 分级为 B 级(7分),其中白蛋白(albumin, ALB)33.4(括号内为正常参考值范围:40.0~55.0)g/L,总胆红素(total bilirubin, TBIL)10.1(2.0~23.0)μmol/L,凝血指标国际标准化比值(international normalized ratio, INR)0.95(0.81~1.36),少量腹腔积液,无肝性脑病。肝脏增强 CT 检查提示全肝多发转移灶(图1)。经多学科团队评估,鉴于肿瘤病灶大且分布广泛,决定实施序贯⁹⁰Y-树脂微球(SIR-Spheres;澳大利亚 Sirtex Medical 公司)肝动脉选择性内放射治疗(selective internal radiation therapy, SIRT)。2022年11月17日行数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)明确肿瘤供血动脉(图2),确定首次治疗范围为全左肝叶及部分肝右前叶(第5、8段),同步行⁹⁹Tc^m-大颗粒聚合白蛋白(macroaggregated albumin, MAA)肝动脉灌注 SPECT 显像(美国 GE 公司, NM640)评估,测得肺分流分数为 9.72%(图3),余无肝外异常摄取,符合治疗安全标准。2022年11月23日接受首次⁹⁰Y-SIRT,术后即刻行⁹⁰Y PET/CT(美国 GE 公司 Discovery Elite 690)验证显像,证实⁹⁰Y 在目标肝叶内分布良好(图4)。首次治疗后1个月复查,患者肝功能维持在 Child-Pugh 分级为 B 级(7分),ALB 28.8 g/L, TBIL 12.4 μmol/L, INR 0.96,少量腹腔积液,无肝性脑病。

2023年2月15日(首次治疗后3个月)增强 CT 显示,治疗区域肿瘤病灶显著缩小,而治疗区域外的肝内病灶进展(图5)。为规划序贯⁹⁰Y-SIRT,行⁹⁹Tc^m-MAA 肝动脉灌注 SPECT/CT(图6)和⁹⁹Tc^m-二乙基乙酰苯胺亚氨二乙酸(ethylene hepatobiliary iminodiacetic acid, EHIDA)SPECT/CT(图7)显像检查,可见序贯治疗计划区内右肝叶(肝S5~8)⁹⁹Tc^m-MAA 显著浓聚,而⁹⁹Tc^m-EHIDA 摄取减低;第4肝段(肝S4)显示2种显像剂均有摄取;⁹⁹Tc^m-EHIDA 在序贯治疗计划区域外的肝组织摄取良好。⁹⁹Tc^m-EHIDA 定量分析显示:S5~8

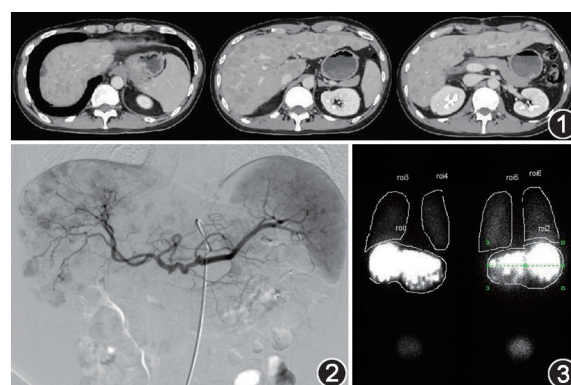


图1 肝细胞癌患者(男,37岁)首次⁹⁰Y-选择性内放射治疗(SIRT)前增强 CT 显像图 轴位图像显示全肝多发转移灶,肿瘤病灶广泛分布于左、右肝叶 图2 同一患者⁹⁰Y-SIRT 前数字减影血管造影图 造影显示肿瘤供血动脉,确定首次⁹⁰Y-SIRT 范围为全左肝叶及部分肝右前叶(第5、8段) 图3 同一患者⁹⁹Tc^m-大颗粒聚合白蛋白(MAA) SPECT 显像图 前后位⁹⁹Tc^m-MAA 全身显像显示肝脏放射性灌注区;肺野可见轻度放射性分布。经定量分析测得肺分流分数为 9.72%,余无肝外异常摄取,符合⁹⁰Y-SIRT 安全标准(肺分流分数<15%)

体积占全肝 54.8%,其功能占全肝总活度的 18.7%;S4 体积占全肝 13.4%,功能占比为 31.2%;非靶区肝组织体积占全肝 31.8%,功能占比为 50.1%。同时,患者肝功能为 Child-Pugh 分级为 B 级(7分),ALB 36.3 g/L, TBIL 15.8 μmol/L, INR 1.37,少量腹腔积液,无肝性脑病。

讨论 在肝癌治疗中,确保术后保留足够的功能性肝组织(>30%)以维持代谢稳态及机体需求是预防肝功能衰竭的关键^[1-3]。然而,肝细胞癌多发生于肝硬化背景,患者肝储备存在显著的个体异质性^[4]。目前评估整体肝功能的金标准“吲哚菁绿 15 分钟滞留率(indocyanine green retention rate at 15 minutes, ICG R15)”^[4-6],因其无法精确反映肝脏各

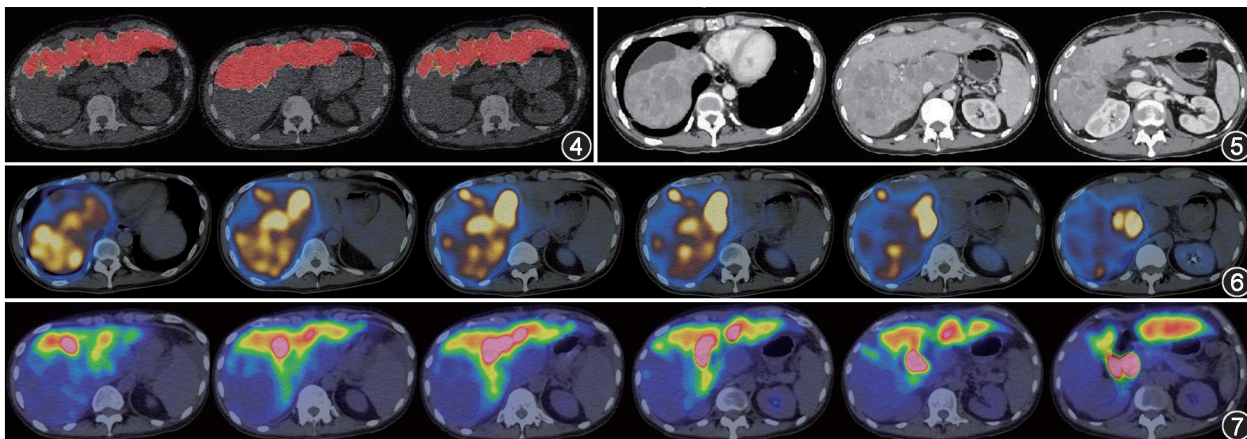


图 4 肝细胞癌患者(男,37岁)首次 ^{90}Y -选择性内放射治疗(SIRT)术后 PET/CT 验证显像图 PET/CT 融合图像显示 ^{90}Y 微球在 SIRT 目标肝叶(全左肝叶及部分肝右前叶)内分布均匀;与治疗前计划靶区高度一致,未见明显肝外分流或胃肠道异常分布 **图 5** 同一患者首次 ^{90}Y -SIRT 后 3 个月增强 CT 图 增强 CT 静脉期轴位图像对比显示治疗区域肿瘤病灶显著缩小,提示治疗有效;未治疗区域病灶较前增大、增多,提示疾病进展,拟行 ^{90}Y -SIRT 序贯治疗 **图 6** 同一患者 ^{90}Y -SIRT 序贯治疗前选择性肝动脉灌注 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -大颗粒聚白蛋白(MAA)的肝内分布 SPECT/CT 显像图 SPECT/CT 融合图像显示右肝叶肿瘤区域(肝 S5~8)显像剂浓聚,提示 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MAA 血流灌注良好;第 4 段(肝 S4)亦见显著摄取,表明该区域亦存在 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MAA 血流灌注 **图 7** 同一患者静脉注射 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -二乙基乙酰苯胺亚氨二乙酸(EHIDA)的肝内分布 SPECT/CT 显像图 SPECT/CT 融合图像显示 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -EHIDA 在首次 ^{90}Y -SIRT 区域内摄取良好,提示功能性肝组织存活,所占肝脏体积比例远大于 30%,整体肝功能储备充足;序贯治疗靶区内,右肝叶(肝 S5~8) $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -EHIDA 摄取显著减低,提示肝功能严重受损,第 4 肝段(肝 S4) $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MAA 和 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -EHIDA 均呈高摄取,在序贯治疗决策时应考虑该区域功能肝组织受到辐射损伤的可能

区域的功能分布情况,在精准医疗时代显露出其局限性。

$^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -EHIDA 作为亚氨二乙酸(iminodiacetic acid, IDA)类显像剂^[3,7]可与血浆载体蛋白结合,被肝细胞摄取后经由胆红素排泄途径排入胆道,而不经生物转化^[5,8]。 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -EHIDA 显像不仅能够评估全肝功能,还可以通过 SPECT 显像提供肝脏区域功能信息,为预测肝切除术后肝功能储备提供依据^[4-5,9]。在 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -EHIDA 显像中,肝细胞癌的显像剂摄取程度与其分化水平相关,摄取越低提示分化越差,预后亦不佳^[5,10]。根据 TheraSphere 全球剂量指导委员会最新发布的 ^{90}Y 玻璃微球治疗肝细胞癌的临床与剂量学建议,肝功能显像技术可用于 ^{90}Y 治疗前对肝储备功能的区域性评估,推荐等级为 B 级^[1]。

$^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MAA 显像在 SIRT 中具有不可替代的价值,其可模拟 ^{90}Y 微球的体内灌注分布,是验证肿瘤动脉供血、预测靶区范围及靶区内放射剂量分布以及评估肝外分流风险的基石^[11-12]。该检查已被多项国际指南与专家共识明确指定为 ^{90}Y -SIRT 前的标准化流程^[1,13]。

本病例的创新性在于通过联合应用 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MAA 与 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -EHIDA 2 种代表不同功能的显像方式,在序贯治疗背景下实现了肝功能储备评估与治疗靶区规划的协同整合。 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MAA 肝动脉灌注 SPECT 显像界定了 ^{90}Y -SIRT 的治疗靶区;而 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -EHIDA 肝功能 SPECT/CT 显像则通过肝细胞特异性功能摄取,精确评估各肝段的功能储备状况,为 ^{90}Y -SIRT 安全性提供关键保障。

在本病例中, $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -EHIDA 评估显示:已接受首次 ^{90}Y -SIRT 的肝区域中保持良好的 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -EHIDA 摄取,证实前期 ^{90}Y -SIRT 在有效控制肿瘤的同时,成功保留了足够的功能性肝组织,这与患者 Child-Pugh 分级维持 B 级(7 分)、核心肝功能指标(ALB、TBIL、INR)稳定的临床结果相一致。此外,定

量功能显像分析 S4 功能储备占全肝比例高达 31.2%,显著高于其体积占比(13.4%),提示该区域为高功能肝组织。若将其纳入序贯治疗靶区,可能导致不可逆的肝功能损伤。基于这一精确的定量评估,最终决定将肝 S4 排除在本次序贯治疗范围之外,从而在确保治疗安全性的前提下,精准实施对剩余靶区(肝 S5~8)的 ^{90}Y -SIRT。

综上, $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MAA 与 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -EHIDA SPECT/CT 的联合应用,为 ^{90}Y -SIRT 建立了一套全面的评估体系,从靶区确定、剂量预测到肝功能保护,实现了真正意义上的个体化精准治疗。该例患者的多模态影像评估策略为进行肝癌 ^{90}Y -SIRT 提供了重要的临床依据。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 汪峥:研究实施、图像数据分析、论文撰写;杨静茹、李文波:图像数据采集和分析;曹明溶、李承志:临床数据采集;徐浩、弓健:研究指导、论文修改

参 考 文 献

- [1] Weber M, Lam M, Chiesa C, et al. EANM procedure guideline for the treatment of liver cancer and liver metastases with intra-arterial radioactive compounds[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2022, 49(5): 1682-1699. DOI:10.1007/s00259-021-05600-z.
 - [2] Allimant C, Deshayes E, Kafrouni M, et al. Hepatobiliary scintigraphy and glass ^{90}Y radioembolization with personalized dosimetry: dynamic changes in treated and nontreated liver[J]. Diagnostics (Basel), 2021, 11(6): 931. DOI:10.3390/diagnostics11060931.
 - [3] 佟君羽,蔡海东,马超,等. $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -GSA 和 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -甲溴苯宁肝胆显像用于肝脏储备功能的评估及其进展[J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2023, 43(4): 248-251. DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20211115-00403.
- Tong JY, Cai HD, Ma C, et al. Application and progress of $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -GSA and $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -mebrofenin hepatobiliary scintigraphy in liver re-

- serve function assessment [J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2023, 43 (4): 248-251. DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20211115-00403.
- [4] Furukawa Y, Long DE, Ellsworth SG. Functional liver-image guided hepatic therapy (FLIGHT): a technique to maximize hepatic functional reserve [J]. Med Dosim, 2020, 45 (2): 117-120. DOI: 10.1016/j.meddos.2019.07.007.
- [5] Rassam F, Olthof PB, Richardson H, et al. Practical guidelines for the use of technetium-99m mebrofenin hepatobiliary scintigraphy in the quantitative assessment of liver function [J]. Nucl Med Commun, 2019, 40 (4): 297-307. DOI: 10.1097/MNM.0000000000000973.
- [6] 中华医学会核医学分会, 中华医学会数字医学分会, 中国医师协会肝癌专业委员会, 等. 吲哚菁绿近红外二区荧光成像在肝癌切除术中应用的专家共识 [J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2023, 43 (7): 418-425. DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20220210-00041.
- Chinese Society of Nuclear Medicine, Chinese Society of Digital Medicine, Liver Cancer Committee of Chinese Medical Doctor Association, et al. Expert consensus on the application of the second near-infrared wavelength window fluorescence imaging of indocyanine green in hepatocellular carcinoma resection [J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2023, 43 (7): 418-425. DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20220210-00041.
- [7] Pirot C, Peyronnet D, Vigne J. Optimised quality control method for determination of the radiochemical purity of [^{99m}Tc]Tc-mebrofenin and [^{99m}Tc]Tc-etifenin in a clinical context [J]. Eur J Hosp Pharm, 2024, 31 (4): 376-380. DOI: 10.1136/ejpharm-2022-003512.
- [8] Doonan M. Hepatobiliary Imaging [J]. J Nucl Med Technol, 2020, 48 (4): 304-310. DOI: 10.2967/jnmt.120.257436.
- [9] Labeur TA, Cieslak KP, Van Gulik TM, et al. The utility of ^{99m}Tc -mebrofenin hepatobiliary scintigraphy with SPECT/CT for selective internal radiation therapy in hepatocellular carcinoma [J]. Nucl Med Commun, 2020, 41 (8): 740-749. DOI: 10.1097/MNM.0000000000001224.
- [10] Snyder E, Banks KP. Hepatobiliary scintigraphy [M]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2023.
- [11] 尤鸿吉, 熊敏, 李傲, 等. ^{90}Y -选择性内放射治疗术后与术前 ^{99m}Tc -MAA 肺分流量及肝内核素分布的对比分析 [J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2025, 45 (6): 330-334. DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20240808-00285.
- You HJ, Xiong M, Li A, et al. Comparison of lung shunt fraction and intrahepatic distribution obtained from postoperative ^{90}Y -selective internal radiation therapy and preoperative ^{99m}Tc -MAA images [J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2025, 45 (6): 330-334. DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20240808-00285.
- [12] Uliel L, Royal HD, Darcy MD, et al. From the angio suite to the γ -camera: vascular mapping and ^{99m}Tc -MAA hepatic perfusion imaging before liver radioembolization—a comprehensive pictorial review [J]. J Nucl Med, 2012, 53 (11): 1736-1747. DOI: 10.2967/jnumed.112.105361.
- [13] 中国医师协会介入医师分会临床诊疗指南专委会, 中国研究型医院学会肝胆胰外科专业委员会. 钇-90 微球选择性内放射治疗肝脏恶性肿瘤规范化操作专家共识 (2024 版) [J]. 中华医学杂志, 2024, 104 (7): 486-498. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20231025-00894.
- Chinese Medical Doctor Association, Clinical Guidelines Committee of Chinese College of Interventionalists, Chinese Research Hospital Association, Society for Hepato-pancreato-biliary Surgery. Expert consensus on the standardized procedure of selective internal radiation therapy with Yttrium-90 microspheres for liver malignancies (2024 edition) [J]. Natl Med J China, 2024, 104 (7): 486-498. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20231025-00894.

(收稿日期: 2025-10-13)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

本刊有关文章涉及课题基金项目的标注要求

论文所涉及的课题如取得国家或部、省级以上基金或属攻关项目, 应列出 (双语著录), 如“基金项目: 国家自然科学基金 (30271269, 81273264); 国家重点研发计划 (2020YFC2008200)”及“Fund program: National Natural Science Foundation of China (39570835)”。中英文基金项目分别置于中文关键词、英文 Key words 下方。获得基金资助产出的文章作者需提供印有基金项目名称和项目编号的证明类文件复印件。

本刊编辑部