

· ^{90}Y -选择性内放射治疗 ·

多模态影像评估 ^{90}Y 微球选择性内放射治疗对肝恶性肿瘤的早期疗效

钟方云¹ 于丽娟² 王玉君² 周惠² 刘昊雨² 宋周扬² 潘登² 陆宇琪²

¹海南医科大学第一附属医院放射科,海口 570102;²海南省肿瘤医院核医学科,海口 570312

通信作者:于丽娟, Email: yulijuan2003@126.com

【摘要】 目的 比较不同影像模态在评估 ^{90}Y -选择性内放射治疗(SIRT)肝恶性肿瘤早期疗效方面的价值。**方法** 回顾性分析 2021 年 9 月至 2023 年 12 月在海南省肿瘤医院和博鳌超级医院行 ^{90}Y -SIRT 的肝恶性肿瘤患者 43 例[男 32 例、女 11 例,年龄(55.8±14.7)岁],患者给药剂量 1.5 (1.2,2.4) GBq。收集患者治疗前后临床和影像资料进行多模态评估,包括 MRI 平扫、MRI 增强和弥散加权成像(DWI)。对于平扫图像,采用实体瘤疗效评价标准(RECIST) 1.1 进行疗效评估;对于增强 MRI,根据靶区变化包括靶区低信号范围增加、坏死特征及强化程度减低等将其增强程度评为 1~5 分;对于 DWI,最小表观弥散系数(ADC_{min})较基线升高 20% 确定为有反应。采用 Wilcoxon 符号秩检验比较治疗前后的数据,采用 ROC 曲线分析不同模态的诊断效能(Delong 检验)。**结果** 全部患者有基线 MRI 资料,其中 39 例有治疗后 1 个月 MRI 资料,22 例有治疗后 3 个月 MRI 资料。在 MRI 平扫图像上,治疗后 1 个月,有 10.26% (4/39) 部分缓解(PR)、5.13% (2/39) 疾病进展(PD)、84.61% (33/39) 疾病稳定(SD);治疗后 3 个月,有 40.91% (9/22) PR、9.09% (2/22) PD、50.00% (11/22) SD。DWI 示,治疗后 1 和 3 个月分别有 35.90% (14/39) 和 68.18% (15/22) 的患者被归为有反应者。相较于治疗前,治疗后 1 和 3 个月的肿瘤最大径、靶病灶增强程度及 ADC_{min} 差异均有统计学意义(Z 值: -3.88~-2.39, 均 $P<0.05$)。ROC 曲线分析示,治疗后 1 个月和 3 个月 ADC_{min} 的 AUC 均最大(0.701 和 0.953),诊断效能优于肿瘤最大径和靶病灶增强程度(Z 值: 0.40~2.29, 均 $P<0.05$)。**结论** MRI 平扫、MRI 增强和 DWI 在肝恶性肿瘤 ^{90}Y -SIRT 后 1 个月和 3 个月疗效评价中都具有价值, ADC_{min} 比肿瘤最大径、靶病灶增强程度诊断效果更优。

【关键词】 肝肿瘤;近距离放射疗法;微球体;钇放射性同位素;磁共振成像;治疗结果

基金项目:海南省临床医学研究中心项目(LCYX202403)

DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20240205-00055

Multimodal imaging evaluation of the early efficacy of ^{90}Y microsphere selective internal radiation therapy for liver malignant tumors

Zhong Fangyun¹, Yu Lijuan², Wang Yujun², Zhou Hui², Liu Haoyu², Song Zhouyang², Pan Deng², Lu Yuqi²

¹Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of Hainan Medical University, Haikou 570102, China;

²Department of Nuclear Medicine, Hainan Cancer Hospital, Haikou 570311, China

Corresponding author: Yu Lijuan, Email: yulijuan2003@126.com

【Abstract】 Objective To compare the value of different imaging modalities in evaluating early efficacy of ^{90}Y -selective internal radiation therapy (SIRT) for liver malignant tumors. **Methods** From September 2021 to December 2023, a retrospective analysis was conducted on 43 patients (32 males, 11 females; age (55.8±14.7) years) with liver malignant tumors who received ^{90}Y -SIRT at Hainan Cancer Hospital and Boao Super Hospital. The injection dosage of ^{90}Y was 1.5(1.2,2.4) GBq. Clinical and imaging data of patients before and after treatment for multimodal evaluation were collected, including MRI plain and enhanced scans, as well as diffusion weighted imaging (DWI). Plain scan images were evaluated for the treatment efficacy by response evaluation criteria in solid tumors (RECIST) 1.1 version, while enhanced MRI was scored into 1-5 based on changes in the target area, including increased low-density range, necrotic features, and decreased enhancement. The minimum apparent diffusion coefficient (ADC_{min}) of DWI increased by 20% compared to baseline was determined to be responsive. Wilcoxon signed rank test was used to analyze data, and ROC curve analysis was used to analyze the diagnostic efficacy of different imaging modalities (DeLong test). **Results** All patients had baseline MRI data, 39 underwent MRI at 1-month after treatment, and 22 underwent MRI at 3-month after treatment. Based on MRI plain scan images, the target lesions showed partial remission (PR) in 10.26% (4/39) of patients, progressive disease (PD) in 5.13% (2/39) of patients,

and stable disease (SD) in 84.61% (33/39) of patients at 1-month after treatment; while there were 40.91% (9/22) PR, 9.09% (2/22) PD and 50.00% (11/22) SD at 3-month after treatment. Based on DWI images, 35.90% (14/39) and 68.18% (15/22) of patients were considered responsive at 1-month and 3-month after treatment, respectively. Compared with baseline, the differences of tumor sizes, enhancement degree of target lesions and ADC_{min} at 1-month and 3-month after treatment were statistically significant (Z values: from -3.88 to -2.39 , all $P < 0.05$). Compared with the tumor size and enhancement degree, the AUCs of ADC_{min} were the highest at 1-month (0.701) and 3-month (0.953) after treatment (Z values: 0.40–2.29, all $P < 0.05$).

Conclusions MRI plain scan, MRI enhancement and DWI are effective in the evaluation the efficacy of ^{90}Y -SIRT for liver malignant tumors at 1-month and 3-month after treatment. ADC_{min} is superior to tumor size and enhancement degree in diagnostic efficacy.

【Key words】 Liver neoplasms; Brachytherapy; Microspheres; Yttrium radioisotopes; Magnetic resonance imaging; Treatment outcome

Fund program: Hainan Clinical Medical Research Center Project (LCYX202403)

DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20240205-00055

2021 年 9 月我国国家药品监督管理局批准 ^{90}Y 微球在国内使用, ^{90}Y -选择性内放射治疗 (selective internal radiation therapy, SIRT) 在肝恶性肿瘤中的应用成为研究的热点。 ^{90}Y -SIRT 是通过介入技术把 ^{90}Y 微球直接送达肝脏肿瘤供血动脉内, 通过释放 β 射线高效杀灭肿瘤细胞, 与其他介入方法比较, 具有明显的技术优势。国外多年研究表明, 对于不可手术切除的肝恶性肿瘤, ^{90}Y -SIRT 具有较好的治疗效果^[1-5]。但在我国, ^{90}Y -SIRT 开展时间较短^[6-7], 关于国人治疗肝恶性肿瘤的疗效研究报道较少^[8-9]。在 2022 年发布的《原发性肝癌诊疗指南 (2022 年版)》中, 新增 ^{90}Y -SIRT 方案应用于肝癌诊疗^[10]。本研究旨在评估 ^{90}Y -SIRT 后 1、3 个月肝恶性肿瘤的反应, 并探讨不同影像模态和参数在早期疗效评价中的作用。

资料与方法

1. 患者资料。本研究通过海南省肿瘤医院伦理委员会审批 (批件号: EC-2024-016-01)。回顾性分析 2021 年 9 月到 2023 年 12 月在海南省肿瘤医院和博鳌超级医院接受 ^{90}Y -SIRT 的 43 例肝恶性肿瘤患者 (树脂微球 33 例, 玻璃微球 10 例), 其中男 32 例, 女 11 例, 年龄 (55.8 ± 14.7) 岁, 患者给药剂量 1.5 (1.2, 2.4) GBq。纳入标准: 所有患者治疗前和治疗后的影像在海南省肿瘤医院完成, 其中 43 例具有基线 MRI 图像, 39 例具有治疗后 1 个月的 MRI 图像, 22 例具有治疗后 3 个月的 MRI 图像。43 例患者中原发性肝细胞癌 31 例, 肝内胆管细胞癌 2 例, 肝转移瘤 10 例 (结直肠癌肝转移瘤 8 例、肾癌肝转移瘤 1 例、肺神经内分泌癌肝转移瘤 1 例)。

2. 仪器和材料。采用美国 GE 公司 1.5 T Signa HDi MR、Discovery 670 SPECT/CT 及 Discovery 710 PET/CT 进行扫描。MRI 相关序列参数设置遵循标

准化方案: T_2 加权成像 (weighted imaging, WI) 及增强的重复时间 (repetition time, TR)/回波时间 (echo time, TE) 分别为 10 000 ms/83 ms、3.5 ms/1.7 ms, 平扫序列及增强分别以层厚/层间距为 7 mm/1 mm、4.8 mm/0 mm 扫描。弥散 WI (diffusion WI, DWI) 采用以下参数: TR=8 000 ms, TE=85 ms, b 为 600 s/mm^2 , 层厚/层间距: 7 mm/1 mm。在专用工作站 (美国 GE Advanced workstation 4.6) 上将表观弥散系数 (apparent diffusion coefficient, ADC) 在注册的 MRI 上量化。采用 Sirtex Singapore Manufacturing Pte Ltd 的 ^{90}Y 树脂微球、美国 Boston Scientific 公司的 ^{90}Y 玻璃微球。

3. 影像学检查。治疗前 1 周先行上腹部 MRI 平扫、增强检查和 DWI, 并行 ^{99m}Tc -大颗粒聚白蛋白 (macroaggregated albumin, MAA) SPECT/CT 显像评估患者是否适合 ^{90}Y -SIRT, 所有患者通过分区模型 (partition model) 计算出正常和肿瘤组织的接收剂量^[11]: 活性 (GBq) = [肿瘤靶剂量 - $MT - (VT \times T/N + VL) \times 100$] / [49.7 $\times VT \times T/N \times (100 - \text{肺分流})$], 其中 MT 为肿瘤质量 (kg), VT 为肿瘤体积 (L), T/N 为肿瘤与正常肝实质的体积比, VL 为肝实质的体积 (L)。

按照治疗前所选择的靶病灶和所计算的 ^{90}Y 剂量, 在数字减影血管造影 (digital subtraction angiography, DSA) 下注射 ^{90}Y 微球, 在注射后 24 h 内行 ^{90}Y PET/CT 肝显像, 验证 ^{90}Y 是否已到达预定的肿瘤部位, 没有肝外异常放射性浓聚等。将 ^{90}Y 显像验证后的肿瘤设定为评估的靶病灶。治疗后 1、3 个月内进行实验室和 MRI 检查评估靶肿瘤对 ^{90}Y -SIRT 反应。

4. 图像分析。在 MRI 基线和随访图像上, 由 2 名放射科医师独立手工绘制相同的靶病灶, 生成 ROI。在 DWI 上测定靶病灶最小 ADC (minimum ADC, ADC_{min})。将定量值进行二分类以区分有反应者和无反应者, 把 ADC_{min} 增加 20% 以上定义为有反应。

MRI 靶病灶测量及增强分析。(1) 靶病灶测量

方法:在 MRI 病灶最大层面上测量最大径,当非结节状病灶为“碎片”时,靶病灶的最大径为所有靶“碎片”的最大径之和。采用实体瘤疗效评价标准(response evaluation criteria in solid tumors, RECIST) 1.1 进行评估^[5];完全缓解(complete remission, CR)为所有靶病灶消失;部分缓解(partial remission, PR)为靶病灶最大径之和减少 $\geq 30\%$;疾病进展(progressive disease, PD)为靶病灶最大径之和增加 $\geq 20\%$,以研究中最小的总和作为参考;疾病稳定(stable disease, SD)为既不符合 PR,也不符合 PD。(2)根据 1~5 分评分标准评估靶病灶 MRI 增强程度:1 分为断流肿瘤;2 分为肿瘤轻度强化或坏死范围较治疗前增加 $>50\%$;3 分为肿瘤中度强化或坏死范围较治疗前增加 $30\% \sim 50\%$;4 分为肿瘤中度强化且坏死范围较治疗前增加 $<30\%$;5 分为强灌注,动脉增强,远高于正常肝脏。

5.疗效判断方法。在至少 3 个月的随访中,影像学上靶病灶的大小可测量且持续减小,视为治疗有效。肿瘤大小保持稳定,但肿瘤标志物出现大幅下降,或出现钙化或无强化等退化迹象时,也视为有效。

6.统计学分析。采用 IBM SPSS Statistics 27.0 软件对数据进行分析。定量资料采用 Shapiro-Wilk 检验其正态性,符合正态分布的采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,不符合

正态分布的用 $M(Q_1, Q_3)$ 表示;定性资料用频数(百分比)表示。采用 Wilcoxon 符号秩检验评估治疗前后肿瘤最大径、靶病灶增强程度及 ADC_{min} 的变化。采用 ROC 曲线分析不同影像评估方法的诊断效能,不同 AUC 的比较采用 Delong 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. MRI 平扫及增强图像评估。治疗后 1 个月, 10.26%(4/39)出现 PR、5.13%(2/39)出现 PD、84.61%(33/39)呈 SD;治疗后 3 个月,有 40.91%(9/22) PR、9.09%(2/22) PD、50.00%(11/22) SD。相较于治疗前,治疗后 1 和 3 个月的肿瘤最大径、靶病灶增强程度及 ADC_{min} 差异均有统计学意义(Z 值: $-3.88 \sim -2.39$, 均 $P < 0.05$; 表 1)。治疗后 1 个月、3 个月,分别有 35.90%(14/39)、68.18%(15/22) 患者被归为有反应者,有 64.10%(25/39)、31.82%(7/22) 被归类为无反应者。

2.不同影像参数诊断结果的比较(图 1)。多种影像参数的 ROC 曲线分析示,治疗后 1 个月的 ADC_{min} 、靶病灶最大径及增强程度相应的 AUC 分别为 0.701、0.652、0.535;治疗后 3 个月上述参数的 AUC 分别为 0.953、0.788、0.671, ADC_{min} 均具有更优的诊

表 1 肝恶性肿瘤患者在 ^{90}Y 治疗前后肿瘤最大径、靶病灶增强程度及最小表观弥散系数(ADC_{min})的变化

| 参数 | 治疗后 1 个月 ($n=39$) | | | | 治疗后 3 个月 ($n=22$) | | | |
|--|----------------------|----------------------|-------|--------|-----------------------|----------------------|-------|--------|
| | 治疗前 | 治疗后 | Z 值 | P 值 | 治疗前 | 治疗后 | Z 值 | P 值 |
| 肿瘤最大径 (mm) | 76.00 (48.00, 91.00) | 70.00 (40.00, 88.00) | -3.68 | <0.001 | 84.50 (50.25, 108.75) | 58.50 (40.75, 66.00) | -3.33 | 0.001 |
| 靶病灶增强程度 (分) | 3.0 (2.0, 5.0) | 3.0 (2.0, 4.0) | -3.20 | 0.001 | 3.5 (3.0, 5.0) | 2.0 (1.0, 2.0) | -3.88 | <0.001 |
| $ADC_{min} (\times 10^{-5} \text{ mm}^2/\text{s})$ | 31.80 (26.40, 37.40) | 34.80 (29.60, 41.80) | -3.13 | 0.002 | 28.90 (24.78, 35.20) | 37.30 (27.90, 43.28) | -2.39 | 0.017 |

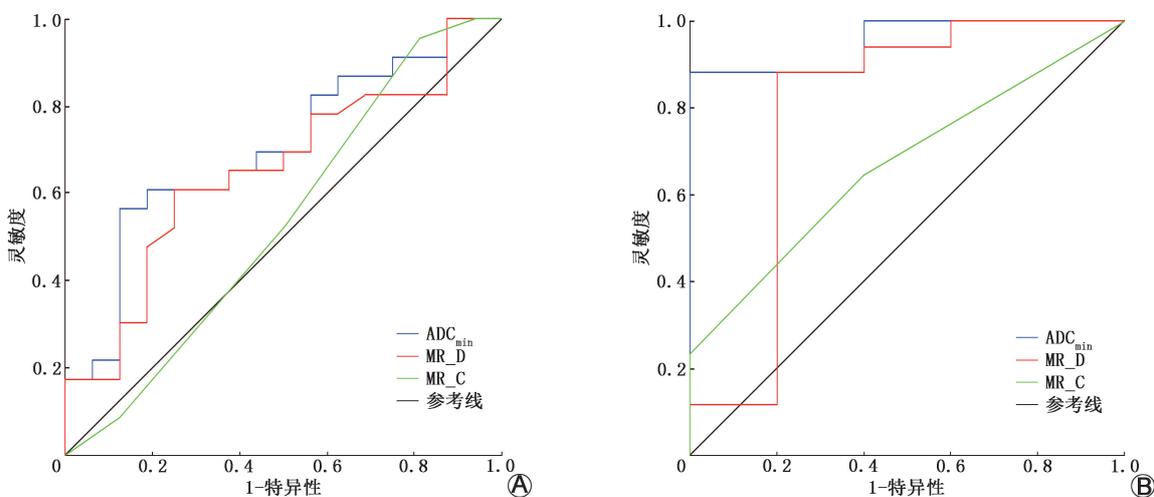


图 1 不同影像参数诊断肝恶性肿瘤患者 ^{90}Y -选择性内放射治疗(SIRT)后 1 个月 ($n=39$; A)、3 个月 ($n=22$; B) 的 ROC 曲线。 ADC_{min} 为最小表观弥散系数, MR_D 为 MRI 病灶最大层面上测量的最大径, MR_C 为病灶 MRI 增强程度

断效能(Z 值:0.40~2.29,均 $P<0.05$)。

3. 图像资料分析(图 2)。1 例原发性肝细胞癌患者在经过 ^{90}Y -SIRT 后 1 个月、3 个月的靶病灶最大径从 8.5 cm 分别缩减至 7.6 cm、5.6 cm,治疗后 3 个月疗效评估为 PR。在治疗后 1 个月,增强程度较治疗前显著,而治疗后 3 个月增强程度明显减低。治疗后 1 个月、3 个月的 ADC_{min} 均较前升高,弥散受限程度减低。

讨 论

本研究发现,利用 MRI 评估,靶肿瘤在治疗后 1 个月、3 个月最大径和强化程度较治疗前差异均有统计学意义(Z 值:-3.88~-2.39,均 $P<0.05$),尤其是治疗后 3 个月有显著变化。治疗后 1 个月靶肿瘤在 MRI 图像上 84.61%(33/39) 表现为 SD,而治疗后 3 个月的靶肿瘤最大径较治疗前显著减小, MRI 疗效评估中,40.91%(9/22) 表现为 PR,50.00%(11/22) 为 SD。在随访期间,笔者观察到 MRI 增强扫描中靶病灶的增强特点主要表现为:靶肿瘤增强弥漫性减少或无增强、薄边缘增强和残存的中央强化区域等。但总体上,在 MRI 肝脏增强检查中,显示靶肿瘤的主要供应血管完全消除,或基线图像上明显强化的靶病灶随着治疗后随访时间的增加,其增强程度减低,且在治疗前后增强变化差异均具有统计学意义。

PET/CT 是目前被认为评估肝转移非手术治疗早期反应的最佳方法^[5]。一项前瞻性研究发现,DWI 的 ADC 可预测 ^{90}Y 微球治疗后的肿瘤反应^[1]。另一项前瞻性研究表明,DWI 较 PET/CT 对肝癌转移患者的早期反应评估更为有效^[12]。因此,本研究根据 MRI 平扫、强化程度及 DWI 的 ADC_{min} 绘制 ROC 曲线来判断不同影像模态的诊断效能,结果显示相比于 MRI 平扫或增强等解剖成像, ADC_{min} 具有更优的

诊断效能。国外相关研究也表明,肝恶性肿瘤 ^{90}Y -SIRT 早期,常规的 CT 或 MRI 解剖成像相较于功能成像对监测反应不灵敏,这可能是由于实体肿瘤单维度疗效评价标准评估肿瘤反应是基于可测量病灶最大径的减小^[13],而 ^{90}Y -SIRT 后由于肿瘤坏死、出血和水肿等情况,可能引起靶病灶收缩、淤血甚至扩大,从而导致 MRI 图像在早期疗效判断上并不准确,但随着随访时间的增加, MRI 因上述影响因素造成的不确定性将减小或完全消失,因此利用 MRI 解剖成像判断远期疗效也可能较为准确。

本研究显示,肝恶性肿瘤 ^{90}Y -SIRT 后 ADC_{min} 明显增加,与目前文献报道类似,主要是由于肿瘤的高细胞性、高间质压力或不规则的内部结构导致游离水在癌组织中的扩散受到限制,产生低的 ADC^[14];而有效的抗癌治疗会导致肿瘤细胞溶解,细胞膜完整性丧失,细胞外空间增加,引起水扩散增加,从而导致 ADC 增加。本研究结果也与先前对原发性和继发性肝脏肿瘤的研究结果一致^[12],表明在多种不同的治疗技术后,ADC 普遍增加。但也有部分患者的 ADC 降低,这很有可能与血管内灌注有一定关系,因为 DWI 同时提供了扩散和微灌注的信息^[15],尤其是 b 值越低,受组织灌注效应的影响越大。Dudeck 等^[16]的一项前瞻性研究也给出了相应的证据, ^{90}Y 治疗后 2 d ADC 暂时表现为降低,而治疗后 6 周 ADC 升高,因此 ^{90}Y 治疗后加入了其他治疗方法可能会导致 ADC 降低。此外,有文献报道可以利用肿瘤对 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MAA 的摄入量来预测结直肠肝转移 ^{90}Y -SIRT 的治疗反应^[2]。也有文献报道使用临床资料分析患者的生存期,结果均表明肝恶性肿瘤患者经 ^{90}Y -SIRT 后,其中位生存期延长^[3-4,17]。

综上所述, MRI 平扫、MRI 增强和 DWI 在肝恶性肿瘤 ^{90}Y -SIRT 后 1 个月、3 个月疗效评价中均具

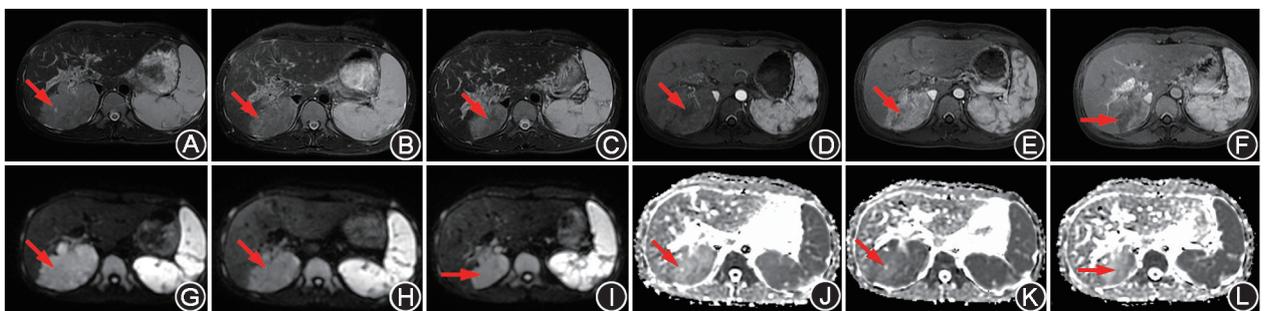


图 2 原发性肝细胞癌患者(女,28 岁)经 ^{90}Y -选择性内放射治疗(SIRT)前后 MRI 图(箭头示病灶)。A~C 为治疗前及治疗后 1、3 个月的 T_2 快速恢复快速自旋回波(FRFSE)图;D~F 为治疗前及治疗后 1、3 个月的钆特酸葡胺-增强 MRI 图;G~I 为治疗前及治疗后 1、3 个月的弥散加权成像(DWI)图($b=600 \text{ s/mm}^2$);J~L 为治疗前及治疗后 1、3 个月的表现弥散系数(ADC)图,平均 ADC 和最小 ADC(ADC_{min})分别为 119×10^{-5} 和 $28 \times 10^{-5} \text{ mm}^2/\text{s}$ 、 177×10^{-5} 和 $31 \times 10^{-5} \text{ mm}^2/\text{s}$ 、 192×10^{-5} 和 $39 \times 10^{-5} \text{ mm}^2/\text{s}$

有价值;ROC 曲线分析表明,ADC_{min} 比 MRI 平扫及增强评估效果更准确。DWI 作为早期预测⁹⁰Y-SIRT 肝恶性肿瘤患者肿瘤反应的影像学标志物具有很大的潜力。随着治疗时间的延长,患者也可能表现出混合反应,因此早期识别肿瘤反应对患者进一步制定个体化治疗方案具有重要的临床意义。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 钟方云:研究设计、论文撰写、数据采集及分析;于娟娟:研究指导与实施、论文审阅;王玉君:研究指导与实施;周惠、陆宇琪:数据采集和分析;刘昊雨、宋周扬:数据采集、统计学分析;潘登:研究实施、数据采集和分析

参 考 文 献

- [1] Kokabi N, Camacho JC, Xing M, et al. Apparent diffusion coefficient quantification as an early imaging biomarker of response and predictor of survival following yttrium-90 radioembolization for unresectable infiltrative hepatocellular carcinoma with portal vein thrombosis[J]. *Abdom Imaging*, 2014, 39(5): 969-978. DOI: 10.1007/s00261-014-0127-8.
- [2] Ulrich G, Dudeck O, Furth C, et al. Predictive value of intratumoral ^{99m}Tc-macroaggregated albumin uptake in patients with colorectal liver metastases scheduled for radioembolization with ⁹⁰Y-microspheres[J]. *J Nucl Med*, 2013, 54(4): 516-522. DOI: 10.2967/jnumed.112.112508.
- [3] Al-Adra DP, Gill RS, Axford SJ, et al. Treatment of unresectable intrahepatic cholangiocarcinoma with yttrium-90 radioembolization; a systematic review and pooled analysis[J]. *Eur J Surg Oncol*, 2015, 41(1): 120-127. DOI: 10.1016/j.ejso.2014.09.007.
- [4] Gupta AN, Gordon AC, Gabr A, et al. Yttrium-90 radioembolization of unresectable intrahepatic cholangiocarcinoma: long-term follow-up for a 136-patient cohort[J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2022, 45(8): 1117-1128. DOI: 10.1007/s00270-022-03183-2.
- [5] Lastoria S, Piccirillo MC, Caracò C, et al. Early PET/CT scan is more effective than RECIST in predicting outcome of patients with liver metastases from colorectal cancer treated with preoperative chemotherapy plus bevacizumab[J]. *J Nucl Med*, 2013, 54(12): 2062-2069. DOI: 10.2967/jnumed.113.119909.
- [6] Feng X, Zhang L, Niu H, et al. Selective internal radiation therapy with yttrium-90 resin microspheres followed by anatomical hepatectomy: a potential curative strategy in advanced hepatocellular carcinoma[J]. *Asia Pac J Clin Oncol*, 2024, 20(2): 319-322. DOI: 10.1111/ajco.13900.
- [7] 程守勤.东南大学附属中大医院:完成国内首台钇 90 树脂微球治疗结直肠癌肝转移介入手术[J]. *中华医学信息导报*, 2022, 37(10): 6. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1000-8039.2022.10.143.
Cheng SQ. Southeast University Affiliated Zhongda Hospital: completed the first domestic yttrium-90 resin microsphere intervention surgery for the treatment of liver metastasis in colorectal cancer[J]. *Chin Med News*, 2022, 37(10): 6. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1000-8039.2022.10.143.
- [8] 李绍钦,顾晓诚,贾中芝.钇 90 微球栓塞治疗不可切除的神经内分泌肿瘤肝转移[J]. *中华肝胆外科杂志*, 2016, 22(5): 355-357. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1007-8118.2016.05.020.
Li SQ, Gu XC, Jia ZZ. Yttrium-90 radioembolization for unresectable neuroendocrine tumor liver metastases[J]. *Chin J Hepatobiliary Surg*, 2016, 22(5): 355-357. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1007-8118.2016.05.020.
- [9] 王玉君,于娟娟,潘登,等.⁹⁰Y PET/CT 和⁹⁰Y 钇致辐射 SPECT/CT 显像评估肝恶性肿瘤⁹⁰Y-选择性内放射治疗后辐射剂量的对比[J]. *中华核医学与分子影像杂志*, 2024, 44(3): 159-163. DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20230216-00038.
Wang YJ, Yu LJ, Pan D, et al. Comparison of ⁹⁰Y PET/CT and ⁹⁰Y bremsstrahlung SPECT/CT imaging in evaluation of radiation dose after ⁹⁰Y-selective internal radiation therapy in liver malignancies[J]. *Chin J Nucl Med Mol Imaging*, 2024, 44(3): 159-163. DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20230216-00038.
- [10] 中华人民共和国国家卫生健康委员会医政医管局.原发性肝癌诊疗指南(2022 年版)[J]. *中华肝脏病杂志*, 2022, 30(4): 367-388. DOI: 10.3760/cma.j.cn501113-20220413-00193.
Bureau of Medical Administration, National Health Commission of the People's Republic of China. Standardization for diagnosis and treatment of hepatocellular carcinoma (2022 edition) [J]. *Chin J Hepatol*, 2022, 30(4): 367-388. DOI: 10.3760/cma.j.cn501113-20220413-00193.
- [11] 中国临床肿瘤学会核医学专家委员会,北京市核医学质量控制和改进中心.钇-90(⁹⁰Y)微球选择性内放射治疗原发性和转移性肝癌的中国专家共识[J]. *中华肝脏病杂志*, 2021, 29(7): 648-658. DOI: 10.3760/cma.j.cn501113-20210302-00103.
Nuclear Medicine Committee, Chinese Society of Clinical Oncology; Beijing Nuclear Medicine Quality Control and Improvement Center. Chinese expert consensus on selective internal radiation therapy with yttrium-90 for primary and metastatic hepatocellular carcinoma[J]. *Chin J Hepatol*, 2021, 29(7): 648-658. DOI: 10.3760/cma.j.cn501113-20210302-00103.
- [12] Barabasch A, Kraemer NA, Ciritsis A, et al. Diagnostic accuracy of diffusion-weighted magnetic resonance imaging versus positron emission tomography/computed tomography for early response assessment of liver metastases to Y90-radioembolization [J]. *Invest Radiol*, 2015, 50(6): 409-415. DOI: 10.1097/RLI.0000000000000144.
- [13] Eisenhauer EA, Therasse P, Bogaerts J, et al. New response evaluation criteria in solid tumours: revised RECIST guideline (version 1.1) [J]. *Eur J Cancer*, 2009, 45(2): 228-247. DOI: 10.1016/j.ejca.2008.10.026.
- [14] Koh DM, Collins DJ. Diffusion-weighted MRI in the body: applications and challenges in oncology [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2007, 188(6): 1622-1635. DOI: 10.2214/AJR.06.1403.
- [15] 李伟,龙晚生,崔恩铭,等. Gd-EOB-DTPA 对多 b 值肝脏 DWI 中表观弥散系数数值的影响[J]. *国际放射医学核医学杂志*, 2017, 41(1): 23-28. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2017.01.005.
Li W, Long WS, Cui EM, et al. Effect of Gd-EOB-DTPA on apparent diffusion coefficient values in multi-b value model of liver diffusion weighted imaging [J]. *Int J Radiat Med Nucl Med*, 2017, 41(1): 23-28. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2017.01.005.
- [16] Dudeck O, Zeile M, Wybranski C, et al. Early prediction of anticancer effects with diffusion-weighted MR imaging in patients with colorectal liver metastases following selective internal radiotherapy [J]. *Eur Radiol*, 2010, 20(11): 2699-2706. DOI: 10.1007/s00330-010-1846-z.
- [17] Gabr A, Riaz A, Johnson GE, et al. Correlation of Y90-absorbed radiation dose to pathological necrosis in hepatocellular carcinoma: confirmatory multicenter analysis in 45 explants [J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2021, 48(2): 580-583. DOI: 10.1007/s00259-020-04976-8.
(收稿日期:2024-02-05)