

## • 肿瘤介入 Tumor intervention •

## 体素内不相干运动-弥散加权成像评价不同栓塞材料经动脉化疗栓塞治疗肝细胞癌效果及预后

管清龙, 陈海波, 刘成龙, 曹耿飞, 张海潇, 崔传宝

**【摘要】 目的** 探讨 MR 体素内不相干运动 (IVIM)-弥散加权成像 (DWI) 评价经导管动脉化疗栓塞术 (TACE) 治疗肝细胞癌 (HCC) 效果及预后。**方法** 选取 2019 年 6 月 30 日至 2022 年 12 月 30 日山东第一医科大学第二附属医院和新疆医科大学第一附属医院采用 TACE 治疗的 84 例不能手术切除 HCC 患者临床资料。TACE 术中根据患者病情使用不同栓塞材料, 术前及术后 1、6、12 个月行 IVIM-DWI 检查。根据 IVIM-DWI 序列设定的固定 b 值, 分析不同栓塞材料下单指数模型表观弥散系数 (ADC) 值和双指数模型纯弥散系数 (D 值)、伪弥散系数 (D\* 值) 和灌注分数 (f 值)。根据改良实体瘤疗效评价标准 (mRECIST) 及不同栓塞治疗材料将患者分为稳定组和进展组, 对比分析 ADC 值、D 值、D\* 及 f 值变化。采用多因素 Cox 回归分析年龄、肝功能 Child-Pugh 分级、甲胎蛋白 (AFP) 含量、肿瘤大小等 4 个临床参数和治疗前后 ADC 值、D 值、D\* 值、f 值共 8 个功能学定量指标参数, 确定具有预后预测价值的 IVIM 参数。通过受试者工作特征曲线 (ROC) 分析 IVIM 参数对预测值的诊断价值和 Cut-off 值。**结果** 治疗后载药微球组 ADC 值显著高于碘化油组, 载药微球组、碘化油组 D\* 值显著低于 PVA 颗粒组, 载药微球组 f 值显著低于碘化油组 (均  $P < 0.01$ )。稳定组中载药微球组疗效明显优于碘化油组和 PVA 颗粒组, 进展组中碘化油组比载药微球组和 PVA 颗粒组更易出现疾病进展。稳定组治疗前 f 值显著高于进展组 ( $P = 0.005$ ), 治疗后 ADC 值显著高于进展组 ( $P = 0.029$ )。ROC 分析显示, 载药微球组、碘化油组、PVA 颗粒组分别中位随访 30、19、26 个月, 总平均生存时间为 25 个月, 总生存时间差异有统计学意义 ( $P < 0.01$ )。多因素 Cox 回归分析显示, 治疗前 D 值 (AUC 0.878)、D\* 值 (AUC 0.554) 及治疗后 D 值 (AUC 0.791)、D\* 值 (AUC 0.552)、f 值 (AUC 0.467) 是 TACE 近期疗效的独立影响因素 (均  $P < 0.05$ ), 治疗前后 D 值诊断效能更高, 治疗前 D 值  $< 0.505 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 、治疗后 D 值  $< 0.785 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$  时预测为疗效差。**结论** 治疗前后 D 值是预测不同栓塞材料 TACE 治疗 HCC 疗效的最佳参数。

**【关键词】** 肝细胞癌; 体素内不相干运动; 经导管动脉化疗栓塞术; 弥散加权成像; 磁共振成像

中图分类号: R735.7 文献标志码: A 文章编号: 1008-794X(2024)-02-0140-06

**The application of IVIM-DWI in evaluating the efficacy and prognosis of TACE using different embolization materials for hepatocellular carcinoma** GUAN Qinglong, CHNE Haibo, LIU Chenglong, CAO Gengfei, ZHANG Haixiao, CUI Chuanbao. Department of Vascular Surgery, Second Affiliated Hospital of Shandong First Medical University, Taian, Shandong Province 271000, China

Corresponding author: CUI Chuanbao, E-mail: cchuanb@163.com

**【Abstract】 Objective** To discuss the clinical application of intravoxel incoherent motion-diffusion weighted imaging (IVIM-DWI) in evaluating the efficacy and prognosis of transcatheter arterial chemoembolization (TACE) using different embolization materials for the treatment of hepatocellular carcinoma (HCC). **Methods** The clinical data of a total of 84 patients with inoperable HCC, who received TACE treatment at the Second Affiliated Hospital of Shandong First Medical University of China and the First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University of China between June 30, 2019 and December 30, 2022, were collected. According to the patient's condition, different embolization materials were used during TACE. IVIM - DWI check - up was

DOI: 10.3969/j.issn.1008-794X.2024.02.007

基金项目: 山东省自然科学基金 (ZR2021QH175), 泰安市科技创新发展项目 (2021NS154)

作者单位: 271000 山东泰安 山东第一医科大学第二附属医院血管外科 (管清龙、陈海波), 影像科 (刘成龙); 新疆医科大学第一附属医院介入科 (曹耿飞、张海潇); 泰山学院 (崔传宝)

通信作者: 崔传宝 E-mail: cchuanb@163.com

performed before treatment as well as at one, 6, 12 months after treatment. Based on the fixed b-value set by IVIM-DWI sequence, the ADC value of the order index model for different embolization materials and the pure diffusion coefficient of double exponential model (D value), the pseudo-diffusion coefficient ( $D^*$  value) and perfusion fraction(f value) were analyzed. According to modified Response Evaluation Criteria in Solid Tumors (mRECIST) and the embolization material used, the patients were divided into the stable group and progression group, and the changes in the ADC value, D value,  $D^*$  value and f value were compared between the two groups. Multivariate Cox regression analysis was used to analyze the four clinical parameters(including age, Child-Pugh grade, AFP level and tumor size) and the eight functional quantitative indexes (including preoperative and postoperative ADC value, D value,  $D^*$  value and f value) so as to determine the IVIM parameters with prognostic predictive value. Receiver operating characteristic (ROC) was adopted to analyze the diagnostic value and cut-off value of IVIM parameters with predictive value. **Results** After treatment, the ADC value of drug-loaded microspheres group( $n=36$ ) was significantly higher than that of iodized oil group( $n=27$ ), the  $D^*$  value of drug-loaded microspheres group and iodized oil group was remarkably lower than that of PVA particle group ( $n=21$ ), and the f value of drug-loaded microspheres group was strikingly lower than that of iodized oil group, the differences were statistically significant(all  $P<0.01$ ). In the stable group, the efficacy of drug loaded microspheres group was obviously better than that of the iodized oil group and the PVA particle group. In the progression group, the iodized oil group was more likely to develop disease progression than the drug-loaded microspheres group and the PVA particle group. The preoperative f value in the stable group was prominently higher than that in the progression group( $P=0.005$ ), and the postoperative ADC value in the stable group was obviously higher than that in the progression group( $P=0.029$ ). ROC analysis showed that the median follow-up time in the drug-loaded microspheres group, iodized oil group, and PVA particle group was 30, 19, and 26 months respectively, the overall average survival time was 25 months, and the difference was statistically significant( $P<0.01$ ). Multivariate Cox regression analysis showed that the preoperative D value(AUC=0.878),  $D^*$  value (AUC=0.554) and postoperative D value(AUC=0.791),  $D^*$  value (AUC=0.552), f value (AUC=0.467) were the independent factors affecting the short-term efficacy of TACE(all  $P<0.05$ ). The preoperative and postoperative D value had higher diagnostic efficacy, while a preoperative D value of  $<0.505\times10^{-3}\text{ mm}^2/\text{s}$  and a postoperative D value of  $<0.785\times10^{-3}\text{ mm}^2/\text{s}$  predicted a poor prognosis. **Conclusion** The preoperative and postoperative D value is the optimal parameter for predicting the curative efficacy of TACE using different embolization materials for the treatment of HCC. (J Intervent Radiol, 2024, 32: 140-145)

**【Key words】** hepatocellular carcinoma; intravoxel incoherent motion; transcatheter arterial chemoembolization; diffusion weighted imaging; magnetic resonance imaging

经导管动脉化疗栓塞术(transcatheter arterial chemoembolization,TACE)是治疗中晚期不可切除肝细胞癌(hepatocellular carcinoma,HCC)方式之一<sup>[1-2]</sup>,临床疗效评价目前主要通过实验室甲胎蛋白(AFP)和影像学MR检查。但血清AFP阳性率低,特异性不高,研究显示单纯AFP诊断肝癌阳性率为60%<sup>[3-4]</sup>。MR弥散加权成像(diffusion weighted imaging,DWI)定向测量得出的表观弥散系数(apparent diffusion coefficient,ADC)值可反映活体组织功能代谢情况<sup>[5]</sup>,而体素内不相干运动(intravoxel incoherent motion,IVIM)-DWI可提供细胞密度或肿瘤供血血管等信息<sup>[6]</sup>,明显优于DWI。基于双指数模型<sup>[7]</sup>的IVIM-DWI有纯弥散系数(D值)、伪弥散系数( $D^*$ 值)和灌注分数(f值)等3个定量指标参数,目前临床实践中有报道应用部分参数评价TACE治疗HCC效果,

但对IVIM-DWI评价不同栓塞材料TACE治疗HCC效果及预后的研究报道鲜见。目前临床常用栓塞材料有载药聚乙烯醇(polyvinyl alcohol,PVA)微球(简称载药微球)、PVA颗粒、碘化油等<sup>[8]</sup>。不同栓塞材料根据其直径大小对肿瘤供血动脉进行逐级栓塞以及制作工艺是否短时间吸收和降解加以区别。本研究采用不同栓塞材料TACE治疗HCC,评价IVIM-DWI参数预测近期治疗效果及预后的准确度。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究对象

收集2019年6月30日至2022年12月30日山东第一医科大学第二附属医院和新疆医科大学第一附属医院采用TACE治疗的84例不能手术切除HCC患者临床资料。其中男55例,女29例,中

位年龄 62 岁,肿瘤原发灶-淋巴结-远处转移(tumor-node-metastasis,TNM)分期为 T1~3N0M0。入组标准:①肝功能 Child-Pugh 分级 A、B 级;②无 MRI 检查禁忌证。排除标准:①不同意 IVIM-DWI 序列检查;②肿瘤最大径>20 cm;③心肺功能差,Child-Pugh 分级 C 级;④无法配合完成随访。TACE 术中根据患者病情使用不同栓塞材料,术前患者均签署手术知情同意书。患者一般资料见表 1。

表 1 患者一般资料比较

一般特征	载药微球组(n=36)	碘化油组(n=27)	PVA 颗粒组(n=21)	$\chi^2$ 值	P 值
年龄				1.93	0.37
> 60 岁	14	17	11		
≤ 60 岁	22	10	10		
肿瘤大小				2.96	0.22
≤ 5 cm	17	7	8		
> 5 cm	19	20	13		
包膜				1.38	0.50
有	24	15	11		
无	12	12	10		
Child-Pugh 分级				6.91	0.03
A 级	3	3	7		
B 级	33	24	14		
AFP 含量				8.80	0.01
≤ 100 ng/mL	11	8	14		
> 100 ng/mL	25	19	7		
BCLC 分期				10.09	0.03
0 期	0	1	0		
A 期	5	8	5		
B 期	31	18	16		

BCLC 分期:Barcelona 临床肝癌分期

## 1.2 检查方法

TACE 术前及术后 1、6、12 个月行肝脏 MR 平扫、IVIM-DWI 扫描及多期动态增强扫描检查,期间可重复介入治疗。使用 Discovery MR 7503.0T 型 MR 仪(美国 GE 公司),8 通道体部相控阵线圈,检查前患者禁食 4 h 并接受呼吸训练。MR 扫描序列:屏气横轴位 T1WI 双回波序列,横轴位 T2WI 脂肪抑制序列,呼吸触发横轴面 IVIM-DWI;选择扫描参数进行扫描,不同 b 值下采集数据;用高压注射器经手背静脉注入对比剂钆喷酸葡胺(Gd-DTPA)(剂量:0.2 mL/kg,速率:2.5 mL/s),行横轴位屏气 3D LAVA-XV 多期动态增强扫描;分别采集动脉期、门静脉早期、门静脉晚期及延迟期图像。

## 1.3 图像后处理

将感兴趣区(ROI)置于病灶含实性成分最多的扩散受限信号最明显区域层面,数据导入 GE AW4.6 工作站,用 Functool 软件对 IVIM 图像进行后处理。选择单指数模型处理,计算 ADC 值;选择双指数模型

处理,生成 D 值、D\* 值及 f 值。同一病灶数据需测量 3 次,取平均值。

## 1.4 TACE 及疗效评价

采用改良 Seldinger 技术穿刺插管,根据 DSA 图像评估 HCC 病灶位置、数量、滋养动脉来源等情况;对滋养动脉逐支行超选择性动脉化疗栓塞[粒径 300~500  $\mu$ m CalliSpheres 载药微球(江苏恒瑞医药公司)吸附吡柔比星(10 mg/支)或常规 PVA 颗粒,或碘化油栓塞,灌注奥沙利铂+羟基喜树碱及氟尿嘧啶等化疗药物],栓塞完成示肿瘤染色完全消失,周围细小静脉显影。由影像科 3 名高年资医师阅读 MR 图像,对相关参数取得一致意见后作出评价结果。根据改良实体瘤疗效评价标准(mRECIST)<sup>[9]</sup>评价术后疗效,结果为完全缓解(completer response, CR)、部分缓解(patial respons, PR)、疾病稳定(stable disease, SD)为稳定组,疾病进展(progressive disease, PD)为进展组。

## 1.5 统计学方法

采用 SPSS 22.0 软件进行统计学分析。正态分布计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示,根据资料是否正态分布用独立样本 *t* 检验、配对样本 *t* 检验或 Mann-Whitney *U* 检验对比不同栓塞材料 TACE 前后 IVIM 参数变化。采用 Cox 回归进行多因素分析,绘制受试者工作特征曲线(ROC)获得曲线下面积(AUC),确定 Cut-off 值、灵敏度和特异度,找出 TACE 后近期疗效的独立影响因素。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

不同栓塞材料 TACE 前后 IVIM 参数比较结果显示,ADC 值差异有统计学意义( $P=0.003$ ),载药微球组显著高于碘化油组;D 值差异无统计学意义( $P=0.349$ );D\* 值差异有统计学意义( $P < 0.01$ ),载药微球组、碘化油组均显著低于 PVA 颗粒组;f 值差异有统计学意义( $P=0.032$ ),载药微球组显著低于碘化油组;不同栓塞材料 TACE 前后 IVIM 参数差异有统计学意义(均  $P < 0.01$ ),见表 2。

术后随访 6 个月 mRECIST 评价结果显示,3 种栓塞材料 TACE 治疗后对患者病情缓解情况并不相同,载药微球组 TACE 后缓解率高于 PVA 颗粒组和碘化油组(均  $P < 0.05$ ),碘化油组 TACE 后肿瘤进展率高于载药微球组和 PVA 颗粒组(均  $P < 0.05$ ),见表 3。

TACE 治疗前后不同疗效组 IVIM 参数比较见表 4。稳定组治疗前 f 值显著高于进展组( $P=0.005$ ),

表 2 不同栓塞材料 TACE 治疗前后 IVIM 参数比较

参数	治疗前	治疗后	统计值	P 值
载药微球组				
ADC 值( $\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ )	0.611 $\pm$ 0.262 <sup>a</sup>	1.284 $\pm$ 0.385 <sup>b</sup>	$t=-21.614$	$<0.01$
D 值( $\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ )	0.607 $\pm$ 0.193	0.849 $\pm$ 0.252	$Z=-5.233$	$<0.01$
D* 值( $\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ )	35.212 $\pm$ 4.007 <sup>a</sup>	24.227 $\pm$ 4.897 <sup>a</sup>	$t=12.532$	$<0.01$
f 值(%)	32.376 $\pm$ 5.324 <sup>b</sup>	19.432 $\pm$ 4.730 <sup>b</sup>	$t=19.824$	$<0.01$
碘化油组				
ADC 值( $\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ )	0.667 $\pm$ 0.249	0.966 $\pm$ 0.270	$t=-11.204$	$<0.01$
D 值( $\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ )	0.517 $\pm$ 0.185 <sup>a</sup>	0.804 $\pm$ 0.134	$t=-12.755$	$<0.01$
D* 值( $\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ )	34.747 $\pm$ 3.568 <sup>a</sup>	25.058 $\pm$ 3.344 <sup>a</sup>	$t=14.178$	$<0.01$
f 值(%)	25.417 $\pm$ 2.758 <sup>a</sup>	22.260 $\pm$ 2.906	$Z=-4.541$	$<0.01$
PVA 颗粒组				
ADC 值( $\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ )	0.804 $\pm$ 0.166	1.079 $\pm$ 0.207	$t=-16.193$	$<0.01$
D 值( $\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ )	0.670 $\pm$ 0.190	0.888 $\pm$ 0.168	$t=-9.467$	$<0.01$
D* 值( $\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ )	38.699 $\pm$ 2.282	29.120 $\pm$ 4.403	$t=13.018$	$<0.01$
f 值(%)	28.411 $\pm$ 2.056	20.371 $\pm$ 1.600	$t=19.105$	$<0.01$

<sup>a</sup> 与 PVA 颗粒组比较,  $P<0.05$ ; <sup>b</sup> 与碘化油组比较,  $P<0.05$ 

表 3 mRECIST 评价疗效

材料	进展组	稳定组
载药微球组	6(16.7)	30(83.3)
碘化油组	12(45.5)	15(55.5)
PVA 颗粒组	8(38.1)	13(61.9)
$\chi^2$ 值	6.23	
P 值	0.04	

表 4 TACE 治疗前后不同疗效组 IVIM 参数比较

参数	进展组	稳定组	统计值	P 值
治疗前				
ADC 值( $\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ )	0.641 $\pm$ 0.205	0.693 $\pm$ 0.642	$t=-0.992$	0.325
D 值( $\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ )	0.559 $\pm$ 0.202	0.609 $\pm$ 0.193	$t=-1.079$	0.284
D* 值( $\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ )	35.613 $\pm$ 4.022	36.078 $\pm$ 3.761	$t=-0.513$	0.610
f 值(%)	26.834 $\pm$ 3.756	30.185 $\pm$ 5.100	$U=-464.000$	0.005
治疗后				
ADC 值( $\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ )	1.026 $\pm$ 0.242	1.178 $\pm$ 0.367	$t=-2.235$	0.029
D 值( $\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ )	0.820 $\pm$ 0.178	0.855 $\pm$ 0.210	$U=717.000$	0.720
D* 值( $\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ )	26.376 $\pm$ 4.749	25.422 $\pm$ 4.726	$t=0.854$	0.396
f 值(%)	20.016 $\pm$ 2.868	20.827 $\pm$ 4.106	$t=-0.911$	0.365

治疗后 ADC 值显著高于进展组( $P=0.029$ )。

截止 36 个月随访,以患者死亡为结局指标,载药微球组、碘化油组及 PVA 颗粒组分别死亡 22、17、15 例,中位随访分别为 30、19、26 个月,总平均生存时间为 25 个月,总生存时间差异有统计学意义( $P<0.01$ ),见图 1;Cox 多因素生存回归分析年龄、肝功能 Child-Pugh 分级、AFP 含量、肿瘤大小,治疗前 ADC 值、D 值、D\* 值、f 值及治疗后 ADC 值、D 值、D\* 值、f 值等 12 个参数,结果显示治疗前 D 值、D\* 值及治疗后 D 值、D\* 值、f 值是 TACE 近期疗效的独立影响因素(均  $P<0.05$ ),见表 5。

TACE 治疗前后 ROC 分析显示,治疗前 D 值和治疗后 D 值 AUC 更高(均  $P<0.01$ ),其灵敏度、特异度及 Cut-off 值见表 6,ROC 曲线见图 2。

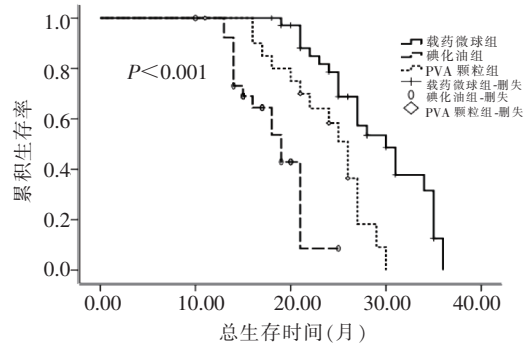


图 1 不同栓塞材料 TACE 治疗 HCC 生存曲线

表 5 Cox 多因素分析临床及 IVIM-DWI 参数

变量参数	系数值	标准误	卡方值	P 值	OR 值
年龄	0.546	0.332	2.706	0.100	1.726
肿瘤大小	0.035	0.339	0.011	0.917	1.036
Child-Pugh 分级	-0.244	0.443	0.304	0.581	0.783
AFP 含量	0.442	0.334	1.750	0.186	1.556
治疗前					
ADC 值	0.361	1.004	0.130	0.719	1.435
D 值	-1.972	1.005	3.848	0.049	7.185
D* 值	-0.091	0.044	4.275	0.039	1.096
f 值	-0.020	0.047	0.186	0.666	0.980
治疗后					
ADC 值	0.020	0.798	0.001	0.980	1.020
D 值	-2.869	1.105	6.742	0.009	0.057
D* 值	-0.125	0.059	4.411	0.036	0.883
f 值	-0.160	0.057	7.857	0.005	0.852

表 6 部分 IVIM-DWI 参数对 TACE 治疗近期疗效预测价

参数	AUC	95%CI	P 值	灵敏度 (%)	特异度 (%)	Cut-off 值
治疗前 D 值	0.878	0.804~0.951	$<0.01$	0.878	0.771	0.505
治疗前 D* 值	0.554	0.424~0.684	0.401	0.816	0.401	34.335
治疗后 D 值	0.791	0.692~0.890	$<0.01$	0.878	0.571	0.785
治疗后 D* 值	0.552	0.428~0.676	0.417	0.408	0.829	27.895
治疗后 f 值	0.467	0.341~0.593	0.605	0.959	0.086	13.675

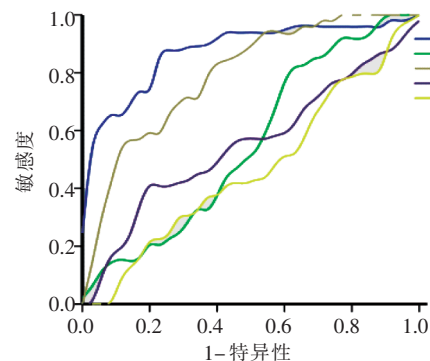


图 2 部分 IVIM-DWI 参数 ROC 曲线

### 3 讨论

病理学分析发现,HCC 瘤体血供越丰富分化越差,恶性度越高<sup>[10]</sup>。利用导管超选择至肿瘤供血动脉灌注化疗药物是 TACE 治疗基本原理,使肿瘤组



织缺血缺氧及坏死<sup>[11]</sup>。目前评价 TACE 治疗 HCC 效果的最佳 MR 功能成像技术有灌注加权成像(PWI)、MR 波谱(MRS)成像、DWI 等。MR-DWI 临床应用较广泛,通常肿瘤细胞增殖速度越快、细胞密度越高及细胞间间隙越窄,肿瘤内水分子运动受限更严重,图像上 ADC 值越低<sup>[12]</sup>。

本研究中 TACE 治疗 HCC 前后 IVIM-DWI 相关参数对比显示,术后 ADC 值、D 值均高于术前,D\* 值、f 值均低于术前,差异均有统计学意义,考虑与 TACE 后 HCC 组织缺血、缺氧,逐渐变性坏死,溶酶体酶作用下细胞间隙增大,组织内水分子运动更自由相关;TACE 后载药微球组 ADC 值显著高于 PVA 颗粒组和碘化油组,PVA 颗粒组 D 值显著高于载药微球组和碘化油组,载药微球组 D\* 值显著低于碘化油组和 PVA 颗粒组,载药微球组 f 值显著低于 PVA 颗粒组和碘化油组,表明 TACE 治疗 HCC 选择合适的载药微球栓塞,使肿瘤细胞密度和水分子运动受限降低,ADC 值和 D 值明显升高,栓塞效果可能更彻底,其原因可能是术中灌注化疗药或所载化疗药引起肿瘤细胞坏死、细胞膜完整性破坏、水分子自由度增加,而术后 D\* 值和 f 值降低,与栓塞后肿瘤毛细血管网微循环灌注降低有关。马霄虹等<sup>[13]</sup>采用 IVIM 评估肝癌 TACE 后疗效,结果显示 TACE 后 D 值变化值在稳定组与进展组间差异有统计学意义。Park 等<sup>[14]</sup>发现 HCC 患者 TACE 前 D\* 值较高,预后通常较差。本研究中稳定组中载药微球治疗效果明显优于 PVA 颗粒和碘化油,这与余磊等<sup>[15]</sup>研究结果一致,表明粒径相近的载药微球与 PVA 颗粒、碘化油相比,对靶血管末梢性永久栓塞更加彻底,肿瘤坏死更明显;而 PVA 颗粒形状不规则,与对比剂混合后出现膨胀,对末梢血管栓塞可能会不彻底,引起肝内新发侧支循环,导致肿瘤复发。本研究中不同疗效组 IVIM 参数比较显示,TACE 前后稳定组 f 值变化差异有统计学意义,主要源于 f 值受到微血管密度影响,TACE 后载药微球组病灶毛细血管微循环灌注发生改变,影响了血管生成速度,引起血管扩张、炎性改变等。有研究报道稳定组和进展组中 D 值和 D\* 值变化与 TACE 治疗 HCC 密切相关<sup>[16]</sup>,这是所选取指标和侧重点不同所致。本研究通过多因素分析发现治疗前 D 值、D\* 值及治疗后 D 值、D\* 值、f 值是 TACE 近期疗效的独立影响因素,其中 D 值对 TACE 前、后疗效的预测效能最佳(AUC 分别为 0.878、0.791),Cut-off 值分别为  $0.505 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 、 $0.785 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$  时,可预测为疗效差;因此认为治疗前后 D 值可预

测 TACE 治疗 HCC 近期效果,对临床治疗有指导意义。有研究报道 ADC 比值是 TACE 治疗 HCC 后 1 个月预后的独立预测因素<sup>[17]</sup>。但本研究中 ADC 值危险因素评估差异无统计学意义,这可能与随访时间短有关。

本研究尚存局限性:①样本量较小和化疗药物有选择;②IVIM-DWI 中 ROI 为扩散受限最明显的实性区域,未将坏死、出血等区域包含在内;③b 值选择需要进一步优化;④未分析病理类型与 IVIM-DWI 参数相关性。

#### [参考文献]

- [1] Sung H, Ferlay J, Siegel RL, et al. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. CA Cancer J Clin, 2021, 71: 209-249.
- [2] 杨秋雨,魏宁,徐浩,等. TACE 联合卡瑞利珠单抗治疗中晚期肝癌短期疗效及疗效相关性分析[J]. 医学影像学杂志, 2021, 31: 1212-1219.
- [3] An J, Kim HI, Chang S, et al. Continued value of the serum alpha-fetoprotein test in surveilling at-risk populations for hepatocellular carcinoma[J]. PLoS One, 2020, 15: e0238078.
- [4] 宋衍秋. 联合检测血清甲胎蛋白、癌胚抗原和糖类抗原 125 水平对原发性肝癌的诊断价值[J]. 中国中西医结合消化杂志, 2019, 27: 294-297.
- [5] Lee S, Kim SH, Hwang JA, et al. Pre-operative ADC predicts early recurrence of HCC after curative resection[J]. Eur Radiol, 2019, 29: 1003-1012.
- [6] Wang F, Yan CY, Wang CH, et al. The roles of diffusion kurtosis imaging and intravoxel incoherent motion diffusion-weighted imaging parameters in preoperative evaluation of pathological grades and microvascular invasion in hepatocellular carcinoma[J]. Front Oncol, 2022, 12: 884854.
- [7] Peng J, Zheng J, Yang C, et al. Intravoxel incoherent motion diffusion-weighted imaging to differentiate hepatocellular carcinoma from intrahepatic cholangiocarcinoma[J]. Sci Rep, 2020, 10: 7717.
- [8] 付强,李威,满文玲,等. TACE 栓塞材料的选择[J]. 肝癌电子杂志, 2018, 5: 22-24.
- [9] Llovet JM, Lencioni R. mRECIST for HCC: performance and novel refinements[J]. J Hepatol, 2020, 72: 288-306.
- [10] Asayama Y, Yoshimitsu K, Nishihara Y, et al. Arterial blood supply of hepatocellular carcinoma and histologic grading: radiologic-pathologic correlation[J]. AJR Am J Roentgenol, 2008, 190: W28-W34.
- [11] 徐宏伟,孙德生,徐惠亮,等. 碳酸氢钠肝动脉灌注联合 TACE 治疗中晚期原发性肝癌的疗效观察[J]. 介入放射学杂志, 2021, 30: 932-936.
- [12] Choi SY, Kim SH, Park CK, et al. Imaging features of gadoteric

- acid-enhanced and diffusion-weighted MR imaging for identifying cytokeratin 19-positive hepatocellular carcinoma: a retrospective observational study[J]. *Radiology*, 2018, 286: 897-908.
- [13] 马霄虹,王 爽,赵心明,等. 体素内不相干运动扩散加权成像对肝癌经导管肝动脉化疗栓塞治疗短期疗效预测及评估价值[J]. *磁共振成像*, 2017, 8:248-253.
- [14] Park YS, Lee CH, Kim JH, et al. Using intravoxel incoherent motion (IVIM) MR imaging to predict lipiodol uptake in patients with hepatocellular carcinoma following transcatheter arterial chemoembolization: a preliminary result[J]. *Magn Reson Imaging*, 2014, 32: 638-646.
- [15] 余 磊,唐 璠,曹志伟,等. 颗粒型栓塞材料治疗原发性肝癌的临床疗效及安全性分析[J]. *介入放射学杂志*, 2020, 29:900-906.
- [16] 朱 正,赵心明,周纯武,等. 体素内不相干运动扩散加权成像在肝癌介入治疗预后中的价值[J]. *肿瘤影像学*, 2018, 27:82-87.
- [17] Wu L, Xu P, Rao S, et al. ADC<sub>total</sub> ratio and D ratio derived from intravoxel incoherent motion early after TACE are Independent predictors for survival in hepatocellular carcinoma[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2017, 46: 820-830.
- (收稿日期:2023-02-08)  
(本文编辑:谷 珂)

·消 息·

## 国际数据库介绍

**全名:**Scopus

**所属国家及机构:**荷兰爱思唯尔(Elsevier)公司

**收录形式及规模:**目前全球规模最大的摘要和引文(A&I)数据库,收录来自全球 5000 家出版社出版的 22,000 多种同行评审的学术期刊、700 多万篇学术会议论文,15 万种图书。

**收录学科领域:**收录学科全面,涵盖四大门类 27 个学科领域(医学、农业与生物科学、物理、工程学、社会学、经济、商业与管理、生命科学、化学、数学、地球与环境科学、材料、计算机、工程技术、心理学、艺术与人文等各领域)。