

· 论著 · 腹部 ·

全肝CT灌注成像血流动力学参数与肝癌患者TACE疗效的相关性分析*

郭孟珂 杨洁*

河南大学第一附属医院医学影像科(河南 开封 475000)

【摘要】目的 分析全肝CT灌注成像血流动力学参数与肝癌患者经动脉化疗栓塞(TACE)治疗疗效的相关性。**方法** 选取本院2022年1月至2023年1月本院收治的50例肝癌患者，患者接受均TACE术治疗，且在术前、术后均接受数字减影血管造影(DSA)检查以及全肝CT灌注成像检查。比较TACE术前术后全肝CT灌注成像血流动力学参数差异，并分析术后不同肝组织全肝CT灌注成像血流动力学参数差异。**结果** TACE术后肿瘤组织肝血容量(BV)、肝血流量(BF)、肝动脉灌注量(HAP)、肝动脉灌注指数(HPI)较TACE术前均有明显降低($P<0.05$)，术前术后毛细血管通透性(PS)、门静脉灌注量(PVP)以及平均通过时间(MTT)差异无统计学意义($P>0.05$)。残留活性组织BV、BF、HAP、HPI、PS值均明显高于正常肝组织，PVP、MTT值明显低于正常肝组织($P<0.05$)。**结论** 全肝CT灌注成像可客观、定量反应肝癌患者TACE治疗前后的血流动力学变化，可客观而准确地对TACE的疗效进行评估。

【关键词】肝癌；数字减影血管造影；全肝CT灌注成像；血流动力学参数；相关性

【中图分类号】R735.7

【文献标识码】A

【基金项目】2022年度开封市科技发展计划项目(2203032)

DOI:10.3969/j.issn.1009-3257.2025.10.024

Correlation Analysis between Hemodynamic Parameters of whole Liver CT Perfusion Imaging and TACE Efficacy in Liver Cancer Patients*

GUO Meng-ke, YANG Jie*.

Department of Medical Imaging, First Affiliated Hospital of Henan University, Kaifeng 475000, Henan Province, China

Abstract: **Objective** To analyze the correlation between hemodynamic parameters of whole liver CT perfusion imaging and the efficacy of transarterial chemoembolization (TACE) treatment in patients with liver cancer. **Methods** Fifty patients with liver cancer admitted to our hospital from January 2022 to January 2023 were selected. All patients received TACE treatment and underwent digital subtraction angiography (DSA) and whole liver CT perfusion imaging before and after surgery. Compare the differences in hemodynamic parameters of whole liver CT perfusion imaging before and after TACE surgery, and analyze the differences in hemodynamic parameters of whole liver CT perfusion imaging in different liver tissues after surgery. **Results** Showed that after TACE, the liver blood volume (BV), liver blood flow (BF), hepatic arterial perfusion volume (HAP), and hepatic arterial perfusion index (HPI) of tumor tissue were significantly reduced compared with those before TACE ($P<0.05$). There was no statistically significant difference in preoperative and postoperative capillary permeability (PS), portal vein perfusion volume (PVP), and mean transit time (MTT) ($P>0.05$). The residual active tissue BV, BF, HAP, HPI, and PS values were significantly higher than those of normal liver tissue, while PVP and MTT values were significantly lower than those of normal liver tissue ($P<0.05$). **Conclusion** Whole liver CT perfusion imaging can objectively and quantitatively reflect the hemodynamic changes in liver cancer patients before and after TACE treatment, and can objectively and accurately evaluate the efficacy of TACE.

Keywords: Liver Cancer; Digital Subtraction Angiography; Whole Liver CT Perfusion Imaging; Hemodynamic Parameters; Relevance

目前临床治疗原发性肝癌主要依靠手术治疗，而在患病初期患者临床症状不具有典型性，病情进展至中晚期后患者可出现相应消化道症状、肝部疼痛等，且此时患者往往错过了最佳的手术治疗时期，因此此类患者需要采用其他方式进行治疗^[1-2]。经动脉化疔栓塞治疗(TACE)术通过将化疗药物直接注入供血动脉，快速而具有针对性地对病灶发挥作用，也是临床治疗中晚期恶性肿瘤的重要方法之一^[3]。既往研究显示^[4]，TACE术可用于中晚期肝癌的治疗中，具有明显的治疗效果，但其单次的TACE往往不能达到理想的疗效，多数患者需要经过数次治疗。而患者是否再次接受TACE术治疗主要通过术后残留肿瘤细胞、血管活性决定。目前临床评估肝癌患者病情的“金标准”为数字减影血管造影(DSA)，但其检查是基于二维背景，因此可能存在肿瘤供血动脉

判断不理想现象^[5]。而CT灌注成像为临床常用的功能性影像学检查，可清晰显示目标组织、器官的血流动力学变化，既往在多种疾病的评估中有显著价值^[6]。鉴于此，本研究对50例肝癌患者在TACE术前术后采用全肝CT灌注成像检查，分析其血流动力学参数，探究参数与疗效的相关性，旨在为临床治疗方案制定提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取选取本院2022年1月至2023年1月本院收治的50例肝癌患者，男性29例，女性21例；年龄范围22~79岁，平均年龄(52.92±8.77)岁；单发病灶19例，多发病灶31例；肿瘤直径范围3.21~14.11cm，平均直径(6.83±1.29)

【第一作者】郭孟珂，女，技师，主要研究方向：医学影像。E-mail: ls236969@163.com

【通讯作者】杨洁，女，主治医师，主要研究方向：胸腹部影像诊断。E-mail: 408265788@qq.com

cm。本研究经本院医学伦理委员会审批。

纳入标准：年龄>18岁；患者经组织病理学诊断确诊为原发性肝癌；患者符合TACE术治疗指征且接受TACE术治疗；患者术前输欧均接受DSA及全肝CT灌注成像检查；患者和(或)家属知情同意。**排除标准：**合并其他恶性肿瘤者；合并其他重要器官功能不全者；存在影响肝脏血流灌注因素者。

1.2 检查方法 DSA检查：术前术后患者接受局麻，采用经皮股动脉穿刺术，在肝总动脉、肝固有大动脉处置入5F或4F导管，行前后位动脉造影，注射25mL碘帕醇，速率5mL/s；若存在血管解剖变异导致动脉不显影时，改用2F微导管行肝左或肝右动脉造影，对比剂注射剂量8mL，速率1.5mL/s，矩阵2048×2048。

全肝CT灌注成像：仪器选用西门子AS128排多层螺旋CT，扫描方式选择为体部脏器灌注扫描，在浅、缓、匀的条件下，先做上腹部扫描，明确肝的大小，然后行全肝灌注。采用双筒高压注射器注入50mL非离子型造影剂，以4mL/s的速度将其注入，然后以同样的速率注入20mL生理盐水，8秒后进行数据收集。以Toggling table方法对断层进行60s的动态连续扫描，在扫描结束后，以5mm的层厚和扫描层厚，对断层的横断位进行重建。将采集到的数据传送到相应的工作站，对其进行了处理和分析，并将其设定为-120~300HU。在主动脉，门脉，肝脏，脾脏中选取环形感兴趣区域，并用计算机自

动计算出其时间-密度曲线。选择离肿瘤边界2cm以上的正常肝组织，避开大血管和坏死区(即碘油沉积区域)，获取肝脏的三维灌注图像和参数。

1.3 观察指标 (1)比较TACE术前术后全肝CT灌注成像血流动力学参数，包括肝血容量(BV)、肝血流量(BF)、肝动脉灌注量(HAP)、肝动脉灌注指数(HPI)、毛细血管通透性(PS)、门静脉灌注量(PVP)以及平均通过时间(MTT)；(2)比较残留组织与正常肝组织灌注参数。DSA局部出现染色即为肿瘤存在活性，CT灌注显示局部高灌注，HAP, HPI升高，PVP下降，表明肿瘤有活动，以DSA结果为金标准进行评价。

1.4 统计学方法 采用SPSS 25.0软件进行数据统计与分析，计数资料采用例(%)表示，比较采用 χ^2 检验；计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示，比较采用t检验；检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结 果

2.1 TACE术前术后肿瘤组织灌注参数比较 TACE术后肿瘤组织BV、BF、HAP、HPI较TACE术前均有明显降低($P<0.05$)，术前术后PS、PVP以及MTT差异无统计学意义($P>0.05$)。见表1。

2.2 不同组织灌注参数比较 TACE术后23例局部肿瘤残留。残留活性组织BV、BF、HAP、HPI、PS值均明显高于正常肝组织，PVP、MTT值明显低于正常肝组织($P<0.05$)。见表2。

表1 TACE术前术后肿瘤组织灌注参数比较

时间	BV(mL/100mL)	BF(mL/min·100mL)	HAP(mL/min·100mL)	HPI(%)	PS(mL/min·100mL)	PVP(mL/min·100mL)	MTT(s)
TACE术前	23.04±5.11	231.43±92.77	55.76±17.69	65.09±12.13	38.26±12.77	22.40±12.11	10.52±3.01
TACE术后	13.88±4.08	159.37±42.59	27.84±6.81	54.83±9.82	34.59±13.28	19.53±12.71	11.02±2.58
t值	14.096	7.529	16.116	6.610	1.992	1.635	1.265
P值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	>0.05	>0.05	>0.05

表2 不同组织灌注参数比较

组织	BV(mL/100mL)	BF(mL/min·100mL)	HAP(mL/min·100mL)	HPI(%)	PS(mL/min·100mL)	PVP(mL/min·100mL)	MTT(s)
残留组织	18.23±5.05	178.53±42.13	41.74±10.32	54.63±10.56	37.26±10.58	21.88±6.41	8.72±3.11
正常肝组织	11.77±3.81	98.33±28.14	12.79±4.48	24.11±10.12	27.43±10.52	49.62±13.29	14.06±4.23
t值	6.993	10.947	18.762	14.156	4.469	13.506	6.978
P值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.05	<0.001	<0.001

3 讨 论

肝细胞癌是一种多来源的恶性肿瘤，栓塞后侧支循环的形成和栓塞不彻底，容易造成肿瘤的残余复发，常需经多个TACE术的治疗^[7]。既往临床常用DSA对肝癌组织进行检测评估，但此方式为有创检查，且无法测量并确定坏死程度^[8]。TACE术后，肿瘤局部出现缺血、低氧状态，使VEGF的表达增高，并伴随着新的血管生成，从而引起肿瘤的血流灌注增强，从而改变了肿瘤内的水分分布^[9]。CT灌注显像是一种能够直观反映肝血管及门脉血流的量化指标，是一种功能性影像学方法，在肝癌TACE术前术后均可得到较好运用^[10]。

本研究结果显示，TACE术后肿瘤组织BV、BF、HAP、HPI较TACE术前均有明显降低；上述结果表明经TACE术治疗后，上述各项指标均由明显降低，提示肝动脉为肿瘤提供血液，手术后肝动脉血流量显著下降。同时肝细胞癌特征表现包括：高动脉包围、低门静脉灌注、血管高通透性和血流速高^[11]。本研究对不同组织的血流动力学参数进行比较发现，残留活性组织BV、BF、HAP、HPI、PS值均明显高于正常肝组织，PVP、MTT值明显低于正常肝组织；这一结果符合上述结论。TACE术治疗后，瘤内、周边动脉变窄或阻塞，肝动脉血流速度减慢，肿瘤内血流量降低甚至消失，从而改变了肿瘤CT灌注参数，因此CT灌注成

像可通过血流动力学良好反应TACE疗效^[12]。全肝CT灌注显像能在较短时间内迅速获得较稳定的造影剂浓度，有利于高质量、实时、动态地显示肝动脉血流和血管三维结构。在不需要屏住呼吸的情况下，不会出现螺旋状、漂移性伪影，有利于对微小病变和血管的显示；这种方法集灌注、血管重建、增强检查于一体，使检查更加便捷^[13]。

综上所述，全肝CT灌注成像可快速、准确通过定量化分析肿瘤的血流灌注情况，实现对肿瘤活性的评估，在肝癌患者接受TACE术治疗前后可接受全肝CT灌注成像检查可对病情进行良好术前评估，也用于评价TACE术后的效果和局部复发，对于病人的后续治疗具有积极效果。

参考文献

- [1]毛应凡,李海歌.基于Gd-EOB-DTPA增强MRI的影像组学预测肝细胞肝癌术后早期复发[J].中国CT和MRI杂志,2025,23(4):115-118.
 - [2]田畅,陈艾琪,杜小萌,等.基于CT影像组学及临床多因素回归分析预测肝细胞肝癌TACE术后中重度腹痛的模型构建[J].中国CT和MRI杂志,2024,22(5):109-112.
 - [3]李臻,石洋,魏亚雯,等.载药微球经动脉化疗栓塞治疗老年消化道癌的疗效[J].实用放射学杂志,2021,37(7):1173-1177.
 - [4]王栋,张巍,钱晟,等.肝细胞癌患者经动脉化疗栓塞治疗后长期生存的影响因素分析[J].中国临床医学,2022,29(3):389-395.

- [5] 黄卫民,徐辉,汪继辉.CT增强扫描和DSA检测原发性肝癌TACE术后肿瘤残留及新发病灶[J].中国CT和MRI杂志,2016,14(9):77-79.
- [6] 梁瑞金,冼雪芳,丁玲,等.CT血流灌注结合血脑屏障标志蛋白对中毒性休克患者神经元损伤的评价价值[J].影像科学与光化学,2020,38(2):211-217.
- [7] 刘东辉,于士龙,张北光,等.雷替曲塞联合奥沙利铂及经导管动脉化疗栓塞术TACE治疗不可切除肝癌的疗效[J].中国老年学杂志,2023,43(21):5167-5170.
- [8] 任国英,张贵松,李风雷,等.DSA引导下TACE联合125I粒子植入疗法对肝癌患者血清TK1与DKK1表达的影响[J].中西医结合肝病杂志,2023,33(3):209-212.
- [9] 范晓华,陈存国,管建民,等.原发性肝癌患者行DSA引导下肝动脉化疗栓塞后疗效评估中超声造影的价值[J].中华全科医学,2022,20(2):294-297.
- [10] 华孝杨,邱瑞珍,杨福军,等.CT灌注成像对肝癌TACE术后早期反应预测价值的Meta分析[J].影像科学与光化学,2023,41(5):260-269.
- [11] 潘春涵,沈文荣,乔伟,等.肝细胞肝癌并门脉瘤栓的CT灌注成像及治疗方法概述[J].中国肿瘤外科杂志,2022,14(5):504-508.
- [12] 李真真,耿云平,任悠悠,等.CT灌注成像观察原发性肝癌TACE术后血供状态对预后的评估价值[J].肝脏,2021,26(11):1268-1271,1275.
- [13] 杨怀龙,雷霆.CT全灌注成像在肝癌TACE介入术前肝储备功能评估中的价值[J].肝脏,2020,25(3):270-272.

(收稿日期: 2024-04-19)

(校对编辑：姚丽娜)

10 of 10

本研究进一步绘制ROC曲线图，结果显示，治疗前ADC、Kep、Ktrans单独及联合检查预测乳腺癌患者NAC疗效均有一定价值，AUC值均>0.71，联合检查时AUC值最高；证实ADC、Kep、Ktrans在乳腺癌患者NAC疗效中预测价值。分析原因为，乳腺癌患者肿瘤组织中细胞较为密集，水分子运动受限，在DWI中表现为高信号，ADC值下降^[13]。经NAC治疗时，肿瘤细胞不断凋亡、坏死，肿瘤组织细胞密度下降，间隙不断扩大，进而缓解水分子运动受限情况，ADC值升高。而NAC无效的患者肿瘤组织密度仍较高，ADC值升高不明显。乳腺癌患者血运丰富，对比剂注入后到达肿瘤血管以高速率进入癌组织，导致Kep、Ktrans值升高^[14]。NAC治疗后肿瘤下拨不断凋亡，癌细胞减少，血管密度下降，降低Kep、Ktrans值，但治疗无效的患者Kep、Ktrans值下降不明显。

综上所述，ADC值联合DCE-MRI定量参数Kep、Ktrans对乳腺癌NAC疗效具有一定预测价值。

参考文献

- [1] 钟明浩, 杨志企, 姚纯, 等. 定量DCE-MRI参数, ADC值与乳腺癌p53, CK56表达状态相关性研究 [J]. 国际医学放射学杂志, 2021, 44(4): 403-407.
 - [2] 吴秀丽, 杨文明. RECIST1.1标准和MRI功能成像评价乳腺癌新辅助化疗早期疗效的价值 [J]. 甘肃医药, 2023, 42(10): 903-905.

- [3] 任继鹏, 闫海龙, 周凤梅, 等. 磁共振功能成像在乳腺癌新辅助化疗疗效评价中的应用分析 [J]. 现代医用影像学, 2019, 28 (6): 1323-1324.
 - [4] 贺春燕, 吉茹, 刘兵. 平扫MRI和DCE-MRI对乳腺癌新辅助化疗疗效的预测价值比较 [J]. 中国临床医学影像杂志, 2023, 34 (1): 24-27.
 - [5] 中国抗癌协会乳腺癌专业委员会. 中国抗癌协会乳腺癌诊治指南与规范(2019年版) [J]. 中国癌症杂志, 2019, 29 (8): 56-127.
 - [6] 郭建峰, 顾华芸, 黄敏, 等. 声脉冲触诊组织定量技术评价乳腺癌新辅助化疗后残存灶的价值 [J]. 临床超声医学杂志, 2018, 20 (6): 374-378.
 - [7] 刘永光, 马捷, 谭文勇, 等. 基于功能磁共振影像组学预测乳腺癌新辅助化疗疗效的应用研究 [J]. 肿瘤药学, 2021, 11 (3): 332-336.
 - [8] 董健, 谢宗源, 李垣婕, 等. 磁共振功能成像在进展期直肠癌新辅助放化疗疗效评估中的应用 [J]. 中国临床研究, 2020, 33 (6): 759-763.
 - [9] 王彦龙, 朱丽娜, 刘艳. 磁共振成像多参数联合对乳腺癌新辅助化疗后病理反应的预测价值 [J]. 实用放射学杂志, 2020, 36 (7): 1064-1068.
 - [10] 王洁, 唐文伟, 田忠甫, 等. 乳腺癌DCE-MRI参数及ADC与病理分子预后标记物的相关性分析 [J]. 磁共振成像, 2021, 12 (3): 76-79.
 - [11] 胡卫, 刘良进. DCE-MRI结合DWI评估肝癌介入治疗疗效的应用价值 [J]. 国际医药卫生导报, 2022, 28 (5): 719-724.
 - [12] 丁芳芳, 王巍巍, 杨素君. DCE-MRI及DWI在乳腺癌诊断及化疗效果评估中的应用 [J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21 (7): 90-92.
 - [13] 张弛, 许国辉. 基于DCE-MRI评价乳腺癌新辅助化疗疗效的研究进展 [J]. 肿瘤预防与治疗, 2023, 36 (7): 595-600.
 - [14] 孙晨, 李鲁, 雷启超, 等. DCE-MRI在乳腺癌新辅助化疗疗效评价中的价值 [J]. 浙江临床医学, 2023, 25 (9): 1366-1368.

(收稿日期: 2024-06-03)

(校对编辑：姚丽娜)