

❖腹部影像学

3D texture analysis based on portal vein phase CT images for evaluating biological activity of hepatic alveolar echinococcosis

LI Jiawei¹, ZHANG Yuan², LIU Wenya^{1*}

(1. Department of Imaging Center, the First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi 830054, China; 2. Department of Radiology, the Affiliated Hospital of Traditional Chinese Medicine, Xinjiang Medical University, Urumqi 830000, China)

[Abstract] **Objective** To explore the value of 3D texture analysis based on portal vein phase CT images for evaluating biological activity of hepatic alveolar echinococcosis (HAE). **Methods** Data of upper abdominal CT and PET/CT of 110 patients with HAE diagnosed by postoperative pathology were retrospectively analyzed. The patients were divided into active group ($n=55$) or inactive group ($n=55$) according to PET/CT findings. MaZda software was used to delineate lesion ROI layer by layer on portal vein stage CT images, then lesion volume of interest (VOI) was generated, and its histogram 3D texture feature parameters were extracted and compared between groups, and parameters with significant differences were included in logistic regression analysis. Collinearity test was then carried out among variables, and a combined model was constructed with non-collinearity variables. Receiver operating characteristic curve was drawn, and area under the curve (AUC) was calculated to evaluate the efficacy of model of each single texture feature parameter and combined model for evaluating biological activity of HAE lesions. **Results** Significant differences of the mean, variability, skewness, kurtosis, 50th percentile, 90th percentile and 99th percentile of parameters of 3D texture feature were found between groups (all $P<0.05$), among which no collinearity was found in the mean, variance, skewness, kurtosis and 99th percentile (all $P<0.05$), with AUC for evaluating biological activity of HAE lesions of 0.614—0.628, while AUC of the combined model was 0.714. **Conclusion** 3D texture analysis based on portal vein CT images had certain value for evaluating biological activity of HAE lesions.

[Keywords] echinococcosis, hepatic; tomography, X-ray computed; biological activity; texture analysis

DOI:10.13929/j.issn.1003-3289.2023.11.016

基于门静脉期 CT 图像 3D 纹理分析评估 肝泡型棘球蚴病生物学活性

李佳蔚¹, 张源², 刘文亚^{1*}

(1. 新疆医科大学第一附属医院影像中心, 新疆 乌鲁木齐 830054; 2. 新疆医科大学附属中医医院影像科, 新疆 乌鲁木齐 830000)

[摘要] **目的** 观察门静脉期 CT 图像 3D 纹理分析评估肝泡型棘球蚴病(HAE)生物学活性的价值。**方法** 回顾性分析 110 例经术后病理确诊 HAE 患者的上腹部 CT 及 PET/CT 资料,依据 PET/CT 结果将其分为活性组($n=55$)及无活性组($n=55$)。采用 MaZda 软件于门静脉期 CT 图中逐层勾画病灶 ROI,获得感兴趣容积(VOI);提取其直方图 3D 纹理特征参数并进行组间比较,将差异有统计学意义者纳入 logistic 回归分析行变量间共线性检验,以无共线性变量构建联合模型。绘制受试者工作特征曲线,计算曲线下面积(AUC),评估单一纹理特征及联合模型评估 HAE 病灶生物学活性的效能。**结果** 3D 纹理特征参数中,组间

[基金项目] 国家自然科学基金(81974263)。

[第一作者] 李佳蔚(1994—),女,新疆乌鲁木齐人,在读硕士。研究方向:腹部影像诊断学。E-mail: 792164902@qq.com

[通信作者] 刘文亚,新疆医科大学第一附属医院影像中心,830054。E-mail: 13999202977@163.com

[收稿日期] 2023-07-07 **[修回日期]** 2023-10-13

均值、变异度、偏度、峰度、第 50 百分位数、第 90 百分位数和第 99 百分位数差异均有统计学意义(P 均 <0.05);其中,均值、变异度、偏度、峰度及第 99 百分位数无共线性,单独以之判断 HAE 病灶生物学活性的 AUC 为 0.614~0.628,而联合模型的 AUC 为 0.714。**结论** 门静脉期 CT 图像 3D 纹理分析对于判断 HAE 病灶生物学活性具有一定价值。

【关键词】 棘球蚴病,肝; 体层摄影术,X 线计算机; 生物学活性; 纹理分析

【中图分类号】 R532.32; R814.42 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1003-3289(2023)11-1670-05

肝泡型棘球蚴病(hepatic alveolar echinococcosis, HAE)是多房棘球绦虫幼虫引起的人畜共患寄生虫病,病灶通常呈肿瘤样侵袭性生长,可迁移至肺、脑、脾和肾等器官,引起多种并发症,严重时危及生命^[1]。HAE 复发率较高,对未行根治性手术者应予系统性口服苯并咪唑类药物以抑制寄生虫增殖,但长期用药易产生不良反应,且治疗过程中需要定期监测病灶生物学活性,以降低复发风险,并评估药物治疗效果及指导临床治疗决策^[2]。PET/CT 是影像学评价 HAE 病灶生物学活性变化的较佳方法,但所费不赀而难以普及^[3]。纹理分析技术为新兴非侵入性图像后处理技术,可通过定量分析图像局部特征而客观精确地反映病变的异质性,发掘肉眼无法观察到的病灶内部信息,具有无创、方便、低成本、可重复及客观、定量等优势^[4]。本研究观察门静脉期 CT 图像 3D 纹理分析用于评估 HAE 病灶生物学活性的价值。

1 资料与方法

1.1 研究对象 回顾性收集 2015 年 2 月—2023 年 2 月新疆医科大学第一附属医院 110 例 HAE 患者,男 50 例、女 60 例,年龄 12~67 岁、平均 (36.7 ± 11.1) 岁。纳入标准:①经手术病理证实单发 HAE;②术前均接受上腹部 CT 增强及 PET/CT 检查,临床及影像学资料完整。排除标准:①影像学检查前曾接受肝脏有创检查或手术干预;②合并肝硬化或肝恶性肿瘤等其他肝脏弥漫性病变;③图像存在伪影或质量达不到后处理要求。检查前患者或监护人均签署知情同意书。

1.2 仪器与方法

1.2.1 CT 检查 采用 GE Discovery 750 HD CT 仪行上腹部平扫及增强扫描,扫描范围覆盖完整肝脏;参数:管电压 120~140 kV,管电流 250~300 mA,层厚及层间距均为 5 mm,螺距 1~1.5。经右侧肘正中静脉以 3~4 ml/s 流率注射对比剂碘佛醇

(320 mgI/ml, 1.5 ml/kg 体质量),延迟 25~30 s、50~60 s 分别行动脉期及门静脉期增强扫描。

1.2.2 PET/CT 检查 嘱患者扫描前禁食 4~6 h,控制其空腹血糖 <8 mmol/L。于静息态下经肘静脉注射放射化学纯度 $>95\%$ 的 ^{18}F -FDG 7.4 MBq/kg 体质量后,以 GE Discovery VCT PET/CT 机行上腹部扫描,首先采集低剂量 CT 扫描定位图,之后行 PET 扫描;以 CT 数据对 PET 图像进行衰减校正,利用有序子集最大期望值法重建,获得 PET/CT 融合图像。

1.3 分析图像

1.3.1 CT 图像 由 2 名具有 3 年以上 CT 诊断经验的主治医师观察 CT 表现,包括病灶位置(肝左叶/肝右叶/跨越左右叶)、长径,病灶内有无钙化、有无液化坏死及血管和胆道系统受侵情况。

1.3.2 PET/CT 融合图像 由 2 名具有 3 年以上核医学诊断经验的主治医师分别于 PET/CT 融合图中测量病灶及正常肝实质背景的最大标准摄取值(maximum standard uptake value, SUV_{max}),以其测值的平均值为最终结果。将 ^{18}F -FDG 显示病灶呈环形或不均匀团块状浓聚、 SUV_{max} 高于正常肝脏背景者纳入活性组($n=55$),将病灶内 ^{18}F -FDG 均匀稀疏分布或缺损、 SUV_{max} 等于或低于正常肝脏背景者归入无活性组($n=55$)。见图 1。

1.4 提取图像纹理特征参数 将门静脉期 CT 图导入

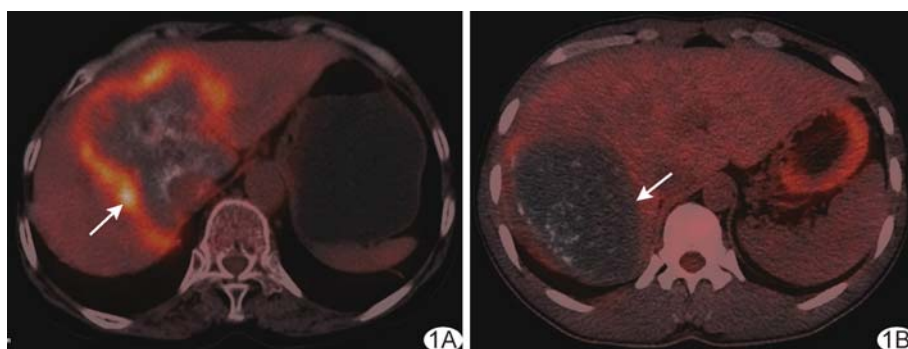


图 1 ^{18}F -FDG PET/CT 融合图示 HAE A. 患者女,60 岁,PET/CT 融合图示肝内 HAE 病灶边缘见明显环形放射性浓聚(箭), $\text{SUV}_{\text{max}}=7.59$,提示病灶具有生物学活性; B. 患者男,49 岁,PET/CT 融合图示肝右叶 HAE 病灶边缘无明显放射性分布(箭), $\text{SUV}_{\text{max}}=2.36$,提示病灶无明显生物学活性

MaZda 4.6 软件 3D 编辑器,由 3 名具有 5 年以上 CT 诊断经验的副主任医师分别以盲法沿病灶边缘手动逐层勾画 ROI,避开胆囊、肝内外胆管及邻近血管并尽量覆盖整个病灶;由另 1 名具有 15 年以上 CT 诊断经验的主任医师逐层确认勾画结果,有异议时经讨论达成一致意见。软件自动生成病灶感兴趣容积 (volume of interest, VOI, 图 2),提取其灰度直方图 3D 纹理特征参数,包

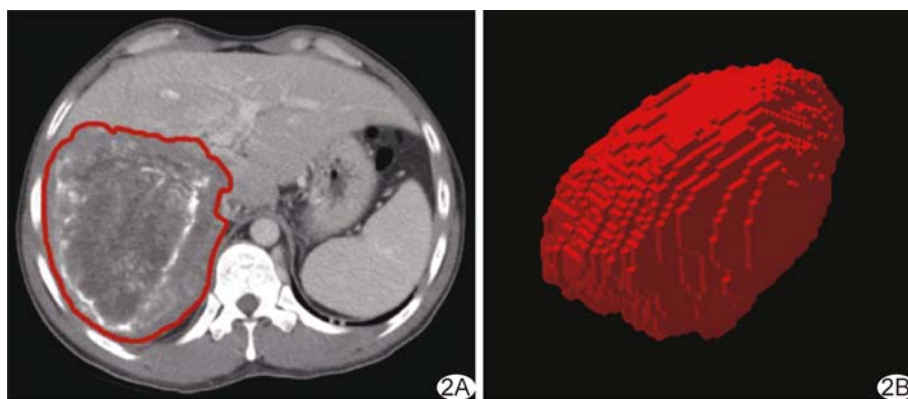


图 2 勾画 HAE 病灶 ROI 及获得 VOI 示意图 A. 采用 MaZda 软件于上腹部轴位门静脉期 CT 图中逐层勾画病灶 ROI(红线区域); B. 软件自动生成病灶 VOI

括均值、变异度、偏度、峰度、第 1 百分位数、第 10 百分位数、第 50 百分位数、第 90 百分位数及第 99 百分位数。对 3 名医师所获纹理参数结果的平均值进行分析。

1.5 统计学分析 采用 SPSS 25.0 统计分析软件。以 Kolmogorov-Smirnov 检验对计量资料进行正态性检验,以 $\bar{x} \pm s$ 表示符合正态分布且方差齐的计量资料,行独立样本 t 检验;以中位数(上下四分位数)表示不符合正态分布者,行 Mann-Whitney U 检验。采用 χ^2 检验比较计数资料。将组间差异有统计学意义的纹理特征参数纳入 logistic 回归分析行变量间共线性检验,以无共线性问题变量构建联合模型。绘制受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线,计算曲线下面积(area under the curve, AUC),评估单一纹理参数及联合模型判断 HAE 生物学活性的效能。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料及 CT 表现 组间 CT 所示 HAE 病灶累及下腔静脉程度差异有统计学意义($P < 0.05$),其余

一般资料及 CT 表现差异均无统计学意义(P 均 > 0.05)。见表 1。

2.2 3D 纹理特征参数 3D 纹理特征参数中,均值、变异度、偏度、峰度、第 50 百分位数、第 90 百分位数和第 99 百分位数组间差异均有统计学意义(P 均 < 0.05),第 1 百分位数差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 2。

2.3 诊断效能 共线性检验结果显示,3D 灰度直方图纹理参数中的均值、变异度、偏度、峰度及第 99 百分位数无共线性,其判断 HAE 病灶生物学活性的 AUC 为 0.614~0.632;以之构建的联合模型的 AUC 为 0.714,其敏感度及特异度均为 69.69%。见表 3 及图 3。

3 讨论

临床常利用¹⁸F-FDG PET/CT 评估 HAE 病灶葡萄糖摄取及显像剂浓聚,以间接观察病灶其是否处于活跃期^[5],但存在辐射。纹理分析为影像组学的重要组成部分,被称为可分析病灶性质的“虚拟活检”^[6],现已广泛用于诊断及鉴别诊断^[7]、肿瘤分期^[8]、预测复发和/或转移^[9]及评估疗效等^[10]。

表 1 110 例 HAE 患者一般资料及病灶 CT 表现比较

组别	年龄(岁)	性别(例)		病灶位置(个)			病灶长径(cm)	钙化(个)		液化、坏死(个)	
		男	女	肝左叶	肝右叶	跨越左右叶		有	无	有	无
活性组(<i>n</i> =55)	37.3±10.2	24	31	7	28	20	12.83±4.41	52	3	36	19
无活性组(<i>n</i> =55)	36.0±12.1	26	29	7	37	11	13.43±5.10	49	6	41	14
<i>t</i> / <i>Z</i> / χ^2 值	0.621	0.147		3.859			-0.661	1.089		1.082	
<i>P</i> 值	0.536	0.702		0.145			0.510	0.297		0.298	

组别	累及门静脉(例)		累及肝动脉(例)		累及肝静脉(例)		累及下腔静脉(例)		累及胆管(例)	
	有	无	有	无	有	无	有	无	有	无
活性组(<i>n</i> =55)	35	20	9	46	27	28	10	45	6	49
无活性组(<i>n</i> =55)	32	23	8	47	20	35	3	52	4	51
<i>t</i> / <i>Z</i> / χ^2 值	0.344		0.070		1.820		4.247		0.440	
<i>P</i> 值	0.558		0.792		0.177		0.039		0.507	

表 2 110 个 HAE 病灶门静脉期 CT 3D 纹理特征参数比较

组别	均值	变异度	偏度	峰度	第 1 百分位数
活性组 (n=55)	68.55(67.67,69.49)	4.42(3.03,8.42)	0.43(-1.27,2.08)	31.09(8.41,57.39)	65.00(63.00,66.00)
无活性组 (n=55)	67.95(67.25,68.84)	3.22(2.10,6.36)	1.05(0.27,2.65)	14.90(2.78,39.61)	65.00(64.00,65.00)
Z 值	-2.209	-2.161	-2.053	-2.388	-0.624
P 值	0.027	0.031	0.040	0.017	0.533

组别	第 10 百分位数	第 50 百分位数	第 90 百分位数	第 99 百分位数
活性组 (n=55)	67.00(66.00,67.00)	68.00(68.00,69.00)	71.00(70.00,72.00)	74.00(73.00,77.00)
无活性组 (n=55)	66.00(65.00,67.00)	68.00(67.00,69.00)	70.00(69.00,71.00)	73.00(71.00,77.00)
Z 值	-1.831	-2.117	-2.701	-2.332
P 值	0.067	0.034	0.007	0.020

表 3 单一门静脉期 CT 3D 纹理特征参数及联合模型判断 HAE 病灶生物学活性的效能

3D 纹理特征参数及联合模型	AUC(95%CI)	约登指数	截断值	敏感度(%)	特异度(%)	P 值
均值	0.622(0.517,0.727)	0.255	68.139	56.36	69.09	0.027
变异度	0.620(0.513,0.726)	0.254	3.447	54.55	70.91	0.031
偏度	0.614(0.508,0.719)	0.236	0.575	69.09	54.55	0.040
峰度	0.632(0.528,0.736)	0.254	19.815	63.64	61.82	0.017
第 99 百分位数	0.628(0.522,0.734)	0.291	72.500	43.64	85.45	0.021
联合模型	0.714(0.618,0.810)	0.382	0.557	69.09	69.09	<0.001

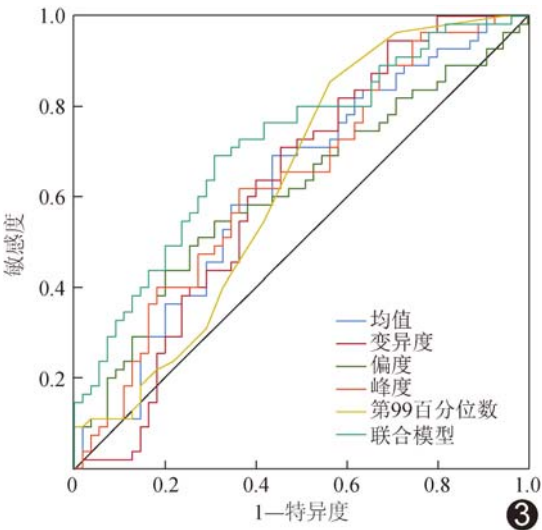


图 3 单一门静脉期 CT 3D 纹理特征参数及联合模型判断 HAE 病灶生物学活性的 ROC 曲线

HAE 病灶生物学活性与其边缘区域的新生微血管密度 (microvessels density, MVD) 密切相关。MVD 是 HAE 病灶增殖和向周围组织浸润的基础,也是评估肿瘤性病变侵袭和转移的重要指标^[11]。肝脏主要由门静脉供血。门静脉期 CT 中,肝实质强化较为明显,而 HAE 病灶内部无明显强化或仅有轻度强化。本研究基于门静脉期 CT 图像对 HAE 病灶进行 3D 纹理分析,观察图像中边界有与无生物学活性 HAE 病灶之间平均亮度与体素灰度分布的差异^[12],结果显示活性组均值、变异度、峰度及第 50、90、99 百

分位数均大于无活性组,而偏度小于无活性组。

本研究经共线性检验获得 5 个不存在共线性的 3D 纹理参数,包括均值、变异度、偏度、峰度及第 99 百分位数。峰度代表图像像素强度的峰值,可反映病灶密度变化率,变化率越大则峰度越高,提示病灶体素间纹理分布差异性较大,即异质性较高。本研究发现,单一以上述纹理参数判断 HAE 病灶生物学活性的 AUC 为 0.614~0.32,以之构建的联合模型的 AUC 为 0.714,提示门静脉期 CT 3D 纹理分析有助于判断 HAE 病灶生物学活性,但诊断效能稍低。分析可能原因:①样本量较小;②相比薄层 CT,基于层厚 5 mm CT 图像进行纹理分析可漏失部分有价值的信息;③手动勾画的病灶 ROI 难以精准与 PET/CT 图像所示病灶放射浓聚区相吻合。

综上,门静脉期 CT 图像 3D 纹理分析对于判断 HAE 病灶生物学活性具有一定价值。但本研究仅针对门静脉期 CT 进行分析,有待进一步行多期相 CT 图像高阶 3D 纹理特征分析。

[参考文献]

[1] XU X, QIAN X, GAO C, et al. Advances in the pharmacological treatment of hepatic alveolar echinococcosis: From laboratory to clinic[J]. Front Microbiol, 2022,13:953846.

[2] YAMAMOTO Y, SAKAMOTO Y, KAMIYAMA T, et al. A case of alveolar echinococcosis in the liver that ruptured into the

- pericardium treated by a combination of hepatectomy and albendazole[J]. Surg Case Rep, 2022, 8(1):63.
- [3] EBERHARDT N, PETERS L, KAPP-SCHWOERER S, et al. ^{18}F -FDG-PET/MR in alveolar echinococcosis: Multiparametric imaging in a real-world setting[J]. Pathogens, 2022, 11(3):348.
- [4] 李海峰, 徐圆, 袁为标, 等. 基于 CT 纹理特征及临床-影像学特征构建模型预测慢性硬膜下血肿钻孔引流术后复发[J]. 中国介入影像与治疗学, 2021, 18(8):484-488.
- [5] CAODURO C, POROT C, VUITTON D A, et al. The role of delayed ^{18}F -FDG PET imaging in the follow-up of patients with alveolar echinococcosis[J]. J Nucl Med, 2013, 54(3):358-363.
- [6] CRIMI F, ZANON C, CABRELLE G, et al. Contrast-enhanced CT texture analysis in colon cancer: Correlation with genetic markers[J]. Tomography, 2022, 8(5):2193-2201.
- [7] 伊慧明, 刘春蕾, 林青松, 等. CT 纹理分析鉴别诊断血液病并发侵袭性肺曲霉病或肺毛霉菌病[J]. 中国医学影像技术, 2022, 38(5):708-712.
- [8] 尹进学, 卢斌贵, 杨佩瑜, 等. 基于 T2WI 3D 纹理分析评估宫颈癌组织学分级[J]. 中国医学影像技术, 2021, 37(1):86-90.
- [9] NAKAO T, SHIMADA M, YOSHIKAWA K, et al. Computed tomography texture analysis for the prediction of lateral pelvic lymph node metastasis of rectal cancer[J]. World J Surg Oncol, 2022, 20(1):281.
- [10] 常燃, 侯芳婧, 朱海涛, 等. 基于增强 CT 影像组学特征预测难治性恶性黑色素瘤肺转移患者的免疫治疗疗效[J]. 中国医学影像技术, 2021, 37(2):225-229.
- [11] 樊霞, 王健, 夏雨薇, 等. 基于 MRI 影像组学预测肝泡型包虫病边缘微血管侵犯[J]. 中国医学影像技术, 2021, 37(12):1849-1853.
- [12] ZHANG Z, ZOU H, YUAN A, et al. A single enhanced dual-energy CT scan may distinguish lung squamous cell carcinoma from adenocarcinoma during the venous phase[J]. Acad Radiol, 2020, 27(5):624-629.

《中国介入影像与治疗学》杂志 2024 年征订启事

《中国介入影像与治疗学》杂志创刊于 2004 年,是由中国科学院主管,中国科学院声学研究所主办的国家级学术期刊,主编为肖越勇教授、李肖教授、金龙教授。刊号:ISSN 1672-8475, CN 11-5213/R。为中国精品科技期刊(第 2 届)、中国科技论文统计源期刊(中国科技核心期刊)、《中文核心期刊要目总览》收录期刊、荷兰《医学文摘》收录源期刊、WHO《西太平洋地区医学索引》(WPRIM)来源期刊、《日本科学技术振兴机构中国文献数据库》(JSTChina)收录期刊。

《中国介入影像与治疗学》杂志以报道介入影像与治疗学、介入超声学、介入材料学、药物学与护理学等方面的临床研究、基础研究及医、理、工结合的成果与新进展为主,是介入影像、介入治疗专业人员学习、交流的平台。

《中国介入影像与治疗学》为月刊,64 页,大 16 开,彩色印刷。单价:20 元,全年定价 240 元。订户可随时向当地邮局订阅,邮发代号:80-220;亦可向编辑部直接订阅,免邮资费(银行、支付宝转账均可,附言栏请注明订阅杂志名称)。

网 址 www.cjiit.com

编辑部地址 北京市海淀区北四环西路 21 号,中科院声学所大猷楼 502 室 邮编 100190

联系人 杜老师 联系电话 010-82547903 传真 010-82547903

银行账户名 《中国医学影像技术》期刊社有限公司

开户行 招商银行股份有限公司北京清华园科技金融支行

账 号 110907929010201

支付宝账号 cjmit@mail.ioa.ac.cn(账户名同银行账户名)

