

MRI 纹理分析+DWI 预测鼻咽癌放化疗应答性的临床研究

贡瑞敏,赵月琳,万桂伶,李蕾*

(江苏省连云港市第一人民医院,南京医科大学康达学院第一附属医院医学影像科,江苏 连云港 222000)

[摘要] **目的** 研究磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)纹理分析+弥散加权成像(diffusion-weighted imaging, DWI)预测鼻咽癌放化疗应答性的临床价值。**方法** 选取2020年7月—2023年8月江苏省连云港市第一人民医院收治的行放化疗治疗的鼻咽癌患者102例,于放化疗前行MRI纹理分析+DWI扫描。根据放化疗应答性分为应答良好组($n=46$)、不良组($n=56$)。统计2组一般资料、MRI纹理分析、DWI扫描结果,分析MRI纹理分析、DWI扫描结果与鼻咽癌放化疗应答性相关性,分析MRI纹理分析、DWI扫描结果对鼻咽癌放化疗应答性的影响及预测价值。**结果** 不良组治疗前集群突出(群集显著性) $[(816.40 \pm 220.36) vs. (492.13 \pm 163.58)]$ 、Haralick相关性 $[(12\ 834.28 \pm 875.54) vs. (10\ 025.14 \pm 783.29)]$ 、表观弥散系数(apparent diffusion coefficient, ADC) $[(0.85 \pm 0.10) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s} vs. (0.78 \pm 0.09) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}]$ 高于良好组($P < 0.05$);群集显著性、Haralick相关性、ADC与鼻咽癌放化疗应答性呈负相关($r = -0.662, -0.594, -0.597$, 均 $P < 0.05$);偏回归分析显示,治疗前群集显著性、Haralick相关性、ADC均是鼻咽癌放化疗应答性的相关因素($P < 0.05$);群集显著性+Haralick相关性+ADC联合预测鼻咽癌放化疗应答不良的曲线下面积最大,为0.938,预测敏感度为82.14%,特异度为89.13%。**结论** 鼻咽癌患者MRI纹理参数、DWI参数与放化疗应答性密切相关,群集显著性、Haralick相关性、ADC三者联合预测鼻咽癌放化疗应答不良具有较高价值。

[关键词] 鼻咽癌;MRI纹理;放化疗应答性 doi:10.3969/j.issn.1007-3205.2025.06.005

[中图分类号] R739.63 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1007-3205(2025)06-0649-07

Clinical study of MRI texture analysis + DWI in predicting the response to radiotherapy and chemotherapy in nasopharyngeal carcinoma

GONG Rui-min, ZHAO Yue-lin, WAN Gui-ling, LI Lei*

(Department of Medical Imaging, the First People's Hospital of Lianyungang City/the First Affiliated Hospital of Kangda College, Nanjing Medical University, Jiangsu Province, Lianyungang 222000, China)

[Abstract] **Objective** To investigate the clinical value of magnetic resonance imaging (MRI) texture analysis plus diffusion-weighted imaging (DWI) in predicting the response to radiotherapy and chemotherapy in nasopharyngeal carcinoma (NPC). **Methods** A total of 102 patients with NPC treated by radiotherapy and chemotherapy in the First People's Hospital of Lianyungang City from July 2020 to August 2023 were selected. MRI texture analysis and DWI scanning were performed before radiotherapy and chemotherapy. They were divided into good response group ($n = 46$) and poor response group ($n = 56$) according to the response to radiotherapy and chemotherapy. Baseline data, MRI texture analysis and DWI scanning results of the two groups were recorded to analyze the correlation of MRI texture analysis and DWI

[收稿日期]2024-10-10

[基金项目]江苏省优势学科建设工程项目(YSHL2005-141)

[作者简介]贡瑞敏(1998-),女,江苏东海人,江苏省连云港市

第一人民医院初级技师,医学学士,从事头颈部影像诊断研究。

* 通信作者。E-mail:lyglilei@163.com

scanning results with the response to radiotherapy and chemotherapy for NPC, and to analyze the impact of MRI texture analysis and DWI scanning results on the response to radiotherapy and chemotherapy and predictive value for NPC. **Results** Before treatment, the poor response group exhibited higher values in cluster significance $[(816.40 \pm 220.36) \text{ vs. } (492.13 \pm 163.58)]$, Haralick correlation $[(12\ 834.28 \pm 875.54) \text{ vs. } (10\ 025.14 \pm 783.29)]$, and apparent diffusion coefficient (ADC) $[(0.85 \pm 0.10) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s} \text{ vs. } (0.78 \pm 0.09) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}]$ compared with the good response group ($P < 0.05$). Cluster significance, Haralick correlation and ADC were negatively correlated with the response to radiotherapy and chemotherapy ($r = -0.662, -0.594, -0.597$, all $P < 0.05$). Partial regression analysis showed that cluster significance, Haralick correlation and ADC were correlated with the response to radiotherapy and chemotherapy before treatment ($P < 0.05$). The area under the curve of cluster significance + Haralick correlation + ADC in combination for predicting poor response to radiotherapy and chemotherapy for NPC was the largest (0.938), with sensitivity of 82.14% and specificity of 89.13%. **Conclusion** MRI texture parameters and DWI parameters are closely related to the response to radiotherapy and chemotherapy in patients with NPC. The combination of cluster significance, Haralick correlation and ADC has high value in predicting the poor response to radiotherapy and chemotherapy in NPC patients.

[Key words] nasopharyngeal carcinoma; MRI texture; response to chemoradiotherapy

鼻咽癌是常见头颈部恶性肿瘤,2020年全球癌症数据显示,我国鼻咽癌新发病例约为13.3万例,死亡病例为8.0万例^[1]。鼻咽癌发病率具有地域性、种族性,多发生在中国南部地区、东南亚国家,黄种人是高发群体,我国南部地区发病率为每年15~50/10万^[2]。由于鼻咽癌多位于鼻咽后壁,头颈部解剖位置复杂,外科手术暴露困难,难以彻底清除病灶,而放化疗是治疗鼻咽癌的主要方法,部分患者能获得预期效果,5年预后总体生存率为74%~89%^[3]。磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)在鼻咽癌T分期诊断中具有较高的价值,同时在早期和预测鼻咽癌疗效方面也具有较高价值^[4]。MRI纹理分析是一种定量研究方法,在不额外增加扫描时间前提下,通过提取图像像素强度和空间特征等信息,经数学和统计学计算出一些特征参数,有临床研究^[5]显示,MRI纹理分析在肿瘤疗效评估和预测预后方面广泛应用。扩散加权成像(diffusion-weighted imaging, DWI)是MRI一种功能成像技术,能测量活体水分子运动情况,研究^[6]显示,DWI预测鼻咽癌患者放化疗敏感度、近期疗效方面价值较高。但临床关于MRI纹理分析+DWI与鼻咽癌放化疗应答的研究未见报道。本研究为评估鼻咽癌放化疗应答性提供参考,通过收集102例患者,进一步探究MRI纹理分析+DWI预测鼻咽癌放化疗应答性的价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2020年7月—2023年8月江苏省连云港市第一人民医院收治的行放化疗治疗的鼻咽癌患者102例,其中男性70例,女性32例;年龄23~72岁,平均 (47.86 ± 12.36) 岁;体重指数22.0~25.3,平均 23.71 ± 0.85 ;合并症为高脂血症19例,糖尿病16例,冠心病10例,高血压28例;T分期为T1期3例,T2期11例,T3期41例,T4期47例;N分期为N0期2例,N1~3期100例;病理类型为非角化性癌85例,非角化性癌17例。

本研究经医院伦理委员会批准,所有患者均知情同意且签署知情同意书。

1.2 纳入标准与排除标准 纳入标准:①满足鼻咽癌诊断标准^[7],经病理学证实为鼻咽癌;②均行MRI常规平扫、增强DWI检查,无检查禁忌证。排除标准:①肝肾功能不全;②检查前行放、化疗或射频消融等干预性治疗;③免疫系统疾病;④图像质量较差、存在严重伪影,影响结果判读;⑤其他恶性肿瘤;⑥妊娠期或哺乳期女性;⑦存在药物滥用史或严重酗酒史;⑧凝血功能障碍或血液系统疾病;⑨严重智力、语言障碍,不能交流沟通。

1.3 方法

1.3.1 放化疗方法 化疗方案:顺铂(dichlorodiammine platinum, DDP)+多西紫杉醇(taxotere, TOXEL)方案,即第1天静脉滴注

130 mg/m² 剂量 TOXEL(江苏恒瑞医药股份有限公司, 国药准字 H20020543, 20 mg), 第 1~3 天静脉滴注 80 mg/m² 剂量 DDP(南京制药厂有限公司, 国药准字 H20030675, 20 mL:20 mg); DDP+吉西他滨(gemcitabine, GEM)方案, 即第 1~3 天静脉滴注 80 mg/m² 剂量 DDP, 第 1~8 天静脉滴注 1 g/m² 剂量 GEM(哈尔滨誉衡药业股份有限公司, 国药准字 H20063675, 1.0 g)。放射治疗: 均行强调, 用 6MV X 线直线加速器, 剂量 2 Gy/次, 原发灶 68~76 Gy, 颈部阳性淋巴结 66~70 Gy, 颈部预防区 50~56 Gy。5 次/周, 放疗时注意保护眼、脊髓、脑、垂体等重要器官。3 周为 1 个周期。48 例同步放疗患者在放疗当天接受化疗, 54 例序贯放疗患者在放疗 2 周后开始接受化疗。

患者在接受 2~4 个周期放化疗后评估疗效, 参考实体瘤疗效评价标准^[8]分为完全缓解、部分缓解、疾病稳定、疾病进展, 根据放化疗应答性分组, 将完全缓解、部分缓解归为良好组 46 例, 疾病稳定、疾病进展归为不良组 56 例。

1.3.2 资料收集 收集分析 2 组年龄、T 分期(T1~T4)、性别、体重指数、N 分期(N0、N1~3)、吸烟史、病理类型(非角化性癌、非角化性癌)、高脂血症、化疗方案(DDP+TOXEL、DDP+GEM)、糖尿病、化疗周期(2 周期、3 周期、4 周期)、冠心病、放化疗方式(同步放化疗、序贯放化疗)、高血压。

1.3.3 MRI 扫描方法 2 组分别在放疗前行 MRI 纹理分析+DWI 扫描。用德国 Siemens Skyra 3.0T MRI 进行颅底及颈部扫描, 取仰卧位, 自颞叶中部至胸廓开始扫描。平扫参数横断位压脂 T2 加权成像(T2-Weighted MRI, T2WI)、横断位 T1 加权成像(T1-Weighted MRI, T1WI)、横断位 DWI 序列扫描。T1WI 参数: 重复时间(time of repetition, TR) 250 ms、回波时间(time of echo, TE) 2.46 ms、层厚 4 mm、视野(Field of view, FOV) 22 cm×22 cm、矩阵 320×320、层间距 1.2 mm, NEX=2; 横断位压脂 T2WI 参数: TR 3 330 ms、TE 42 ms、层厚 4 mm、FOV 24 cm×24 cm、矩阵 256×256、层间距 1.2 mm、激励次数为 2。平扫结束后行 DWI 扫描, 经肘静脉注射剂量 0.2 mmol/kg 团注对比剂, 流速 2.0 mL/s。DWI 参数: TR 6 600 ms、TE 91 ms、矩阵 192×192、FOV

24 cm×24 cm、层厚 3 mm、层间距 1.0 mm, b 值=0~800 s/mm²。

扫描结束后, 将图像数据传送至 Syngo via 工作站, 2 名影像科副主任医师以双盲法阅片, 在肿瘤最大层面勾画感兴趣区(region of interest, ROI), 手动测量表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC), 避开出血、囊变区、坏死及颅底骨质等。勾画横断位压脂 T2WI 的 ROI, 用 Omni-Kinetics 分析纹理参数, 包括最小强度值(min intensity)、群集显著性(群集显著性)、最大强度值(max intensity)、均值(mean value)、标准差(std deviation)、方差(variance)、容积分数(volume count)、均方根值(RMS)、灰度范围(range)、平均标准差(mean deviation)、峰度(kurtosis)、均质度(uniformity)、熵(entropy)、第 5 百分位数(quantile5)、第 25 百分位数(quantile25)、第 75 百分位数(quantile75)、灰度共生矩阵熵(glcmm entropy)、聚类突(群集显著性)、Haralick 相关性(Haralick 相关性)、和熵(hara Entropy)、熵和(sum entropy)、长游程高灰度因子(long run emphasis)。

1.4 统计学方法 应用 SPSS 25.0 统计软件分析数据。Kolmogorov-Smirnova 法行正态检验、Levene 法行方差齐性检验, 计量资料比较采用 *t* 检验; 计数资料比较采用 χ^2 检验, 等级资料采用秩和检验; Spearman 分析 MRI 纹理分析参数、DWI 参数与鼻咽癌放化疗应答性相关性, Logistics 直线回归分析 MRI 纹理参数、DWI 参数对鼻咽癌放化疗应答性的影响; 受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic curve, ROC)及曲线下面积(area under the curve, AUC)评估 MRI 纹理分析、DWI 预测鼻咽癌放化疗应答性的价值。P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 2 组一般资料比较 不良组年龄、性别等一般资料与良好组比较差异无统计学意义(P>0.05)。见表 1。

2.2 2 组治疗前 MRI 纹理分析+DWI 扫描结果比较 不良组治疗前群集显著性、Haralick 相关性、ADC 高于良好组, 差异有统计学意义(P<0.05)。见表 2。

表 1 2组一般资料比较

Table 1 Comparison of baseline data between the two groups

组别	例数	性别(例数)		年龄	体重指数	高脂血症	糖尿病	冠心病
		男性	女性	($\bar{x} \pm s$, 岁)	($\bar{x} \pm s$)	(例数, %)	(例数, %)	(例数, %)
不良组	56	41	15	48.60±10.14	23.69±0.83	9(16.07)	11(19.64)	8(14.29)
良好组	46	29	17	46.95±12.06	23.74±0.77	10(21.74)	5(10.87)	2(4.35)
$\chi^2/t/U$ 值		1.213		0.751	0.313	0.535	1.470	1.809
P 值		0.271		0.455	0.755	0.464	0.225	0.179

组别	例数	高血压	吸烟史	肿瘤最大径	T 分期(例数, %)			
		(例数, %)	(例数, %)	($\bar{x} \pm s$, cm)	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
不良组	56	13(23.21)	34(60.71)	3.48±1.03	1(1.79)	7(12.50)	20(35.71)	28(50.00)
良好组	46	15(32.61)	23(50.00)	3.29±1.10	2(4.35)	4(8.70)	21(45.65)	19(41.30)
$\chi^2/t/U$ 值		1.119	1.176	0.899			0.629	
P 值		0.290	0.278	0.371			0.530	

组别	例数	N 分期(例数, %)		病理类型(例数, %)		化疗方案(例数, %)	
		N ₀	N ₁₋₃	非角化性癌(未分化型)	非角化性癌(分化型)	DDP+TOXEL	DDP+GEM
不良组	56	1(1.79)	55(98.21)	44(78.57)	12(21.43)	50(89.29)	6(10.71)
良好组	46	1(2.17)	45(97.83)	41(89.13)	5(10.87)	38(82.61)	8(17.39)
$\chi^2/t/U$ 值		0.333		2.027		0.951	
P 值		0.564		0.154		0.330	

组别	例数	化疗周期(例数, %)			放疗方式(例数, %)	
		2 周期	3 周期	4 周期	同步放疗	序贯放疗
不良组	56	44(78.57)	6(10.71)	6(10.71)	28(50.00)	28(50.00)
良好组	46	35(76.09)	9(19.57)	2(4.35)	20(43.48)	26(56.52)
$\chi^2/t/U$ 值		0.217			0.431	
P 值		0.829			0.511	

表 2 2组 MRI 纹理分析+DWI 扫描结果比较

Table 2 Comparison of MRI texture analysis + DWI scanning results between the two groups

组别	例数	纹理分析				
		最小强度值	最大强度值	均值	标准差	方差
不良组	56	384.50±101.25	1 175.82±380.06	751.33±248.93	116.28±29.79	15 265.33±2 256.25
良好组	46	401.28±112.94	1 284.56±395.28	816.94±252.07	115.30±33.15	15 907.56±2 013.42
t 值		0.791	1.412	1.317	0.157	1.501
P 值		0.431	0.161	0.191	0.875	0.137

组别	例数	纹理分析				
		容积分数	均方根值	灰度范围	平均标准差	峰度
不良组	56	2 759.22±564.48	760.25±247.16	797.57±263.00	-496.03±162.29	3.59±0.92
良好组	46	2 970.87±580.01	830.47±252.38	818.40±268.93	-513.25±170.35	3.82±1.14
t 值		1.861	1.414	0.394	0.521	1.128
P 值		0.066	0.160	0.694	0.603	0.262

组别	例数	纹理分析					
		均质度	熵	第 5 百分位数	第 25 百分位数	第 75 百分位数	灰度共生矩阵熵
不良组	56	0.86±0.26	2.12±0.64	560.28±183.51	748.11±246.22	828.15±265.50	4.60±1.51
良好组	46	0.84±0.28	2.15±0.61	620.49±192.04	752.34±251.78	823.66±255.93	4.37±1.44
t 值		0.373	0.241	1.615	0.085	0.086	0.782
P 值		0.710	0.810	0.110	0.932	0.931	0.436

组别	例数	纹理分析					DWI ADC
		群集显著性	Haralick 相关性	和熵	熵和	长游程高灰度因子	($\times 10^{-3}$ mm ² /s)
不良组	56	816.40±220.36	12 834.28±875.54	0.12±0.03	0.18±0.06	1.02±0.30	0.85±0.11
良好组	46	492.13±163.58	10 025.14±783.29	0.11±0.04	0.18±0.07	1.01±0.32	0.78±0.09
t 值		8.279	16.901	1.442	<0.001	0.163	3.466
P 值		<0.001	<0.001	0.153	1.000	0.871	0.001

2.3 MRI 纹理分析+DWI 扫描结果与鼻咽癌化疗应答性相关性 群集显著性($r = -0.662$)、Haralick 相关性($r = -0.594$)、ADC($r = -0.597$)

与鼻咽癌化疗应答性均呈负相关(均 $P < 0.05$)。见图 1。

2.4 MRI 纹理分析、DWI 扫描结果对鼻咽癌放化

疗应答性的影响 以鼻咽癌放化疗应答性为因变量(良好=0,不良=1),纳入 2.1 和 2.2 中 $P < 0.05$ 的资料:群集显著性、Haralick 相关性、ADC,作为自

变量(按实测值赋值),进行偏回归分析显示,治疗前群集显著性、Haralick 相关性、ADC 均是鼻咽癌放化疗应答性的相关因素($P < 0.05$)。见表 3。

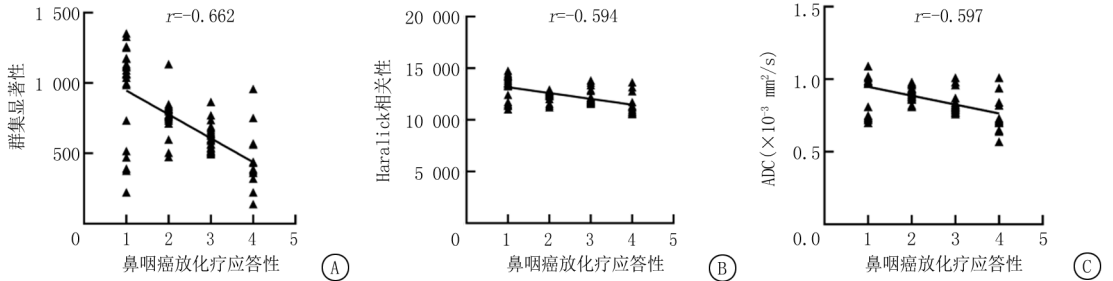


图 1 MRI 纹理分析 + DWI 扫描结果与鼻咽癌放化疗应答性相关性(赋值:完全缓解 = 4、部分缓解 = 3、疾病稳定 = 2、疾病进展 = 1)

A.群集显著性与疗效应答性的相关性;B.Haralick 相关性与疗效应答性的相关性;C.ADC 与疗效应答性的相关性

Figure 1 Correlation between MRI texture analysis + DWI scanning results and response to radiotherapy and chemotherapy for nasopharyngeal carcinoma (assignment: complete response = 4, partial response = 3, disease stability = 2, disease progression = 1)

表 3 Logistics 直线回归分析

Table 3 Logistics linear regression analysis

影响因素	回归系数	标准误差	回归系数(标准化)	t 值	P 值
常量	7.849	—	—	—	—
群集显著性	-0.879	0.042	-0.851	-20.928	<0.001
Haralick 相关性	-0.835	0.038	-0.829	-21.974	<0.001
ADC	-0.864	0.051	-0.840	-16.941	<0.001

2.5 MRI 纹理分析、DWI 预测鼻咽癌放化疗应答性的价值 ROC 分析治疗前群集显著性、Haralick 相关性、ADC 预测鼻咽癌放化疗应答不良的 AUC 中,ADC 的最大,Haralick 相关性预测敏感度最高(82.14%),ADC 预测特异度最高(78.26%),见图 2、表 4。

2.6 MRI 纹理分析、DWI 预测鼻咽癌放化疗应答性的价值 将治疗前群集显著性、Haralick 相关性、ADC 原始数据集按照 6:4 划分为训练集、验证集,以训练集训练出模型,以验证集验证模型,获得最佳模型,再以训练集 + 验证集训练出一个新模型作为最终模型,以 Logistic 回归拟合法,返回预测概率 $\logit(p)$ 作为独立检验变量,得到群集显著性 + Haralick 相关性 + ADC 的 ROC 曲线显示,其 AUC 为 0.938($P < 0.05$),预测敏感度为 82.14%,特异度

为 89.13%,见图 3。

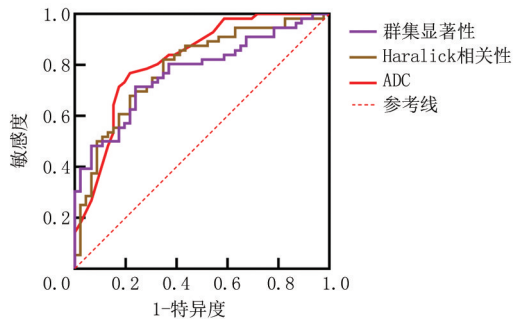


图 2 MRI 纹理分析、DWI 预测鼻咽癌放化疗应答性 ROC 曲线

Figure 2 ROC curve of MRI texture analysis and DWI in predicting the response to radiotherapy and chemotherapy for nasopharyngeal carcinoma

表 4 MRI 纹理分析、DWI 预测鼻咽癌放化疗应答性 ROC 分析结果

Table 4 ROC analysis results of MRI texture analysis and DWI in predicting the response to radiotherapy and chemotherapy for nasopharyngeal carcinoma

指标	AUC	95%CI	cut-off 值	敏感度(%)	特异度(%)	P 值
群集显著性	0.771	0.678~0.849	734.51	71.43	76.09	<0.001
Haralick 相关性	0.790	0.698~0.864	12 162.54	82.14	65.22	<0.001
ADC	0.821	0.733~0.890	$0.86 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$	76.79	78.26	<0.001

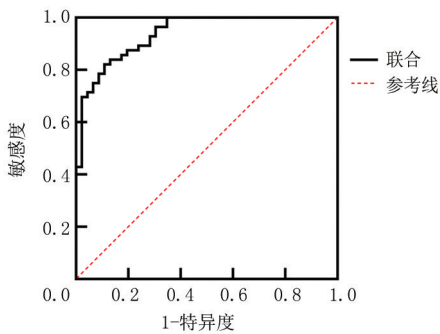


图3 MRI纹理分析+DWI预测鼻咽癌放化疗应答性的ROC曲线

Figure 3 ROC curve of MRI texture analysis + DWI in predicting the response to radiotherapy and chemotherapy for nasopharyngeal carcinoma

3 讨论

鼻咽癌具有明显种族差异性、地域聚集性和遗传易感性,是常见头颈部恶性肿瘤^[9]。由于鼻咽部解剖学位置比较复杂,放化疗是鼻咽癌公认的治疗手段,针对局部晚期患者,单纯放疗5年生存率较低,局部复发和远处转移是治疗失败的主要诱因,同步放化疗或序贯放化疗能提高患者客观缓解率,并有效改善患者预后^[10]。可见早期评估放化疗效果是影响鼻咽癌疗效的关键,有助于帮助临床医师制定、及时调整治疗方案,改善患者生活质量和预后。

目前MRI或CT影像学检查结果是评估鼻咽癌放化疗效果的重要依据^[11]。MRI能多方位、多参数成像,是临床评估鼻咽癌肿瘤T分期的主要手段^[12]。在鼻咽癌患者N分期中,常规MRI主要依据淋巴结大小、坏死等形态学特征进行诊断,多依靠临床医师经验进行判断,具有一定主观性^[13]。近年来随着影像组学技术的发展,从肿瘤图像中挖掘数据量化肿瘤异质性,纹理分析是一种利用数学运算原理客观性分析图像各像素与相邻像素间灰度变化规律,能发现一些肉眼无法识别的纹理特征,作为一种新型机器算法,在乳腺癌、结直肠癌及头颈部等肿瘤已凸显出独特优势,能量化肿瘤异质性,在肿瘤分期分级、疗效和预后评估方面具有重要意义^[14-16]。袁虎等^[17]研究显示,基于T2WI图像纹理分析在鉴别诊断鼻咽癌与鼻咽部炎性增生性疾病方面具有良好应用价值。故本研究在此基础上主要评估鼻咽癌患者放化疗情况,不良组治疗前群集显著性、Haralick相关性明显高于良好组,这与Nafir^[18]研究观点相符,本研究还发现,群集显著性、Haralick相关性与鼻咽癌放化疗应答性呈负相关,是患者放化疗应答性的影响因素,提示T2WI图像纹理参数

与鼻咽癌放化疗应答性密切相关。群集显著性为集群突出,此类纹理特征主要基于灰度共生矩阵获得,是衡量分布不对称性、偏度的表达形式,数值大小与图像对称性、偏度有关^[19],若群集显著性数值较低表明灰度级上图像值也接近平均值,越高表示图像值越不对称,即集群突出值离散度较高,病灶组织异质性越高^[20]。Haralick相关性主要描述灰度共生矩阵行或列元素之间的相似程度,反映某种灰度值沿某方向的延伸长度,能准确评估灰度线性关系,Haralick相关性越大表现延伸越长,相关性也越大,表明矩阵图像像素恢复值相似程度越小,病灶组织异质性越高^[21]。本研究放化疗不良患者群集显著性、Haralick相关性较高,可见病灶组织异质性较高,患者恶性程度较高,对放化疗不敏感,影响患者疗效。

DWI是MRI无创成像技术,有研究指出,DWI从分子水平反映肿瘤生物学特点,是唯一能观察活体水分子微观运动的方法,在预测鼻咽癌放化疗方面广泛应用^[22]。DWI主要通过ADC测定,评估水分子扩散受限程度的量化指标^[23]。本研究结果显示,治疗前放化疗不良患者ADC高于良好组,ADC与鼻咽癌放化疗应答性呈负相关,这与陈业媛等^[24]研究观点一致,但与King等^[25]研究观点不一致。与既往文献报道的差异,笔者认为可能有以下原因:①肿瘤放化疗个体间存在明显异质性,部分患者接受放化疗后可能会产生放疗抵抗或(和)化疗耐药,在肿瘤细胞凋亡、增殖分化及染色体程度等存在明显差异^[26];②鼻咽癌患者放化疗方式存在不一,放化疗方案、治疗周期存在明显差异;③勾画ROI存在一定主观性,勾画区域不同,对ADC结果有一定影响。通过绘制ROC曲线,发现群集显著性+Haralick相关性+ADC联合预测鼻咽癌放化疗应答不良的AUC最大,为0.938,明显高于群集显著性、Haralick相关性、ADC单独预测,说明三者联合在预测鼻咽癌放化疗应答不良中有良好参考价值。

综上所述,鼻咽癌患者MRI纹理参数群集显著性、Haralick相关性、DWI参数与放化疗应答存在一定关联性,群集显著性、Haralick相关性、ADC联合预测鼻咽癌放化疗应答不良具有较高价值,为临床预测鼻咽癌放化疗应答性提供参考。

[参考文献]

- [1] Morgan E, Soerjomataram I, Rumgay H, et al. The global landscape of esophageal squamous cell carcinoma and esophageal adenocarcinoma incidence and mortality in 2020

and projections to 2040: new estimates from GLOBOCAN 2020[J]. *Gastroenterology*,2022,163(3):649-658.e2.

[2] Qiao H, Tan XR, Li H, et al. Association of intratumoral microbiota with prognosis in patients with nasopharyngeal carcinoma from 2 hospitals in China[J]. *JAMA Oncol*,2022,8(9):1301-1309.

[3] Chen YP, Ismaila N, Chua MLK, et al. Chemotherapy in combination with radiotherapy for definitive-intent treatment of stage II-IV A Nasopharyngeal carcinoma: CSCO and ASCO guideline[J]. *J Clin Oncol*,2021,39(7):840-859.

[4] Yang SS, Wu YS, Pang YJ, et al. Development and validation of radiologic scores for guiding individualized induction chemotherapy in T3N1M0 nasopharyngeal carcinoma[J]. *Eur Radiol*,2022,32(6):3649-3660.

[5] Capelli G, Campi C, Bao QR, et al. 18F-FDG-PET/MRI texture analysis in rectal cancer after neoadjuvant chemoradiotherapy[J]. *Nucl Med Commun*,2022,43(7):815-822.

[6] Tangyoosuk T, Lertbutsayanukul C, Jittapiromsak N. Utility of diffusion-weighted magnetic resonance imaging in predicting the treatment response of nasopharyngeal carcinoma[J]. *Neuroradiol J*,2022,35(4):477-485.

[7] Tang LL, Chen YP, Chen CB, et al. The Chinese society of clinical oncology (CSCO) clinical guidelines for the diagnosis and treatment of nasopharyngeal carcinoma [J]. *Cancer Commun (Lond)*,2021,41(11):1195-1227.

[8] 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.

[9] Wong KCW, Hui EP, Lo KW, et al. Nasopharyngeal carcinoma: an evolving paradigm[J]. *Nat Rev Clin Oncol*,2021,18(11):679-695.

[10] Zhang Y, Chen L, Hu GQ, et al. Final overall survival analysis of gemcitabine and cisplatin induction chemotherapy in nasopharyngeal carcinoma: a multicenter, randomized phase III trial[J]. *J Clin Oncol*,2022,40(22):2420-2425.

[11] Ak S, Kiliç C, Özlügedik S. Correlation of PET-CT, MRI and histopathology findings in the follow-up of patients with nasopharyngeal cancer[J]. *Braz J Otorhinolaryngol*,2021,87(6):643-648.

[12] Dulaney C, Dover L. PROshot: weekly cisplatin versus every-3-weeks cisplatin, screening spine magnetic resonance imaging in prostate cancer, total neoadjuvant therapy for rectal cancer, and omitting the elective low neck in nasopharyngeal cancer[J]. *Pract Radiat Oncol*,2022,12(4):261-264.

[13] Marlina YS, Novirianthy R, Beočanin A. Palliative radiotherapy for leptomeningeal metastases after photon-based intensity-modulated radiotherapy in a nasopharyngeal cancer patient[J]. *Narra J*,2023,3(3):e266.

[14] Sun DQ, Wu XJ, Wang LH, et al. Distinguishing T1-2 and T3a tumors of rectal cancer with texture analysis and functional MRI parameters[J]. *Diagn Interv Radiol*,2022,28(3):200-207.

[15] 张建平,章英剑.18F-脱氧葡萄糖 PET/CT 影像纹理分析在颈部和食管肿瘤研究中的进展[J].*肿瘤影像学*,2017,26(2):91-96.

[16] 曾乔,柯梦梦,周享媛,等.DCE-MRI 纹理分析在乳腺癌诊疗及预后判断方面的应用进展[J].*实用癌症杂志*,2022,37(1):172-174.

[17] 袁虎,叶靖,蔡俊辉,等.基于 T2WI 图像的纹理分析对鼻咽癌与鼻咽部炎性增生性疾病的鉴别诊断价值[J].*肿瘤影像学*,2020,29(1):27-31.

[18] Nafir AJ.磁共振图像纹理分析在晚期鼻咽癌分期中的应用及对鼻咽癌治疗反应的预测价值[D].大连:大连医科大学,2018.

[19] Rui WT, Pang HP, Xie Q, et al. Association between histopathology and magnetic resonance imaging texture in grading gliomas based on intraoperative magnetic resonance navigated stereotactic biopsy[J]. *J Comput Assist Tomogr*,2021,45(5):728-735.

[20] Chou Y, Peng SH, Lin HY, et al. Radiomic features derived from pretherapeutic MRI predict chemoradiation response in locally advanced rectal cancer[J]. *J Chin Med Assoc*,2023,86(4):399-408.

[21] Polat DS, Xi Y, Hulsey K, et al. Radiomics analysis of contrast-enhanced breast mri for optimized modelling of virtual prognostic biomarkers in breast cancer[J]. *Eur J Breast Health*,2024,20(2):122-128.

[22] Fu SN, Li YX, Han YQ, et al. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging-guided dose painting in patients with locoregionally advanced nasopharyngeal carcinoma treated with induction chemotherapy plus concurrent chemoradiotherapy: a randomized, controlled clinical trial [J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*,2022,113(1):101-113.

[23] Lee MK, Choi Y, Jung SL. Diffusion-weighted MRI for predicting treatment response in patients with nasopharyngeal carcinoma: a systematic review and meta-analysis [J]. *Sci Rep*,2021,11(1):18986.

[24] 陈业媛,郑威,邓峰,等.3.0T MRI 扩散加权成像评估鼻咽癌放疗化疗近期及远期疗效的价值[J].*实用临床医学*,2023,24(4):52-56,140.

[25] King AD, Chow KK, Yu KH, et al. Head and neck squamous cell carcinoma: diagnostic performance of diffusion-weighted MR imaging for the prediction of treatment response [J]. *Radiology*,2013,266(2):531-538.

[26] Li JJ, Zhu CM, Zhang Y, et al. Incidence and risk factors for radiotherapy-induced oral mucositis among patients with nasopharyngeal carcinoma: a meta-analysis[J]. *Asian Nurs Res (Korean Soc Nurs Sci)*,2023,17(2):70-82.

(本文编辑:何祯)