

## 基于常规 MRI 的纹理分析预测低级别胶质瘤 1p/19q 共缺失状态

邓李轶, 杨甄, 张桐, 王雷, 刘勇\*

(徐州医科大学附属医院神经外科, 江苏 徐州 221002)

**摘要:** **目的** 探讨基于常规磁共振成像 (MRI) 纹理分析在预测低级别胶质瘤 (LGG) 1p/19q 共缺失状态中的价值。 **方法** 回顾性纳入 106 例低级别胶质瘤患者, 根据患者 1p/19q 共缺失状态分为 2 组, 在不同 MRI 序列图像上勾画感兴趣区域 (ROI), 并提取 ROI 参数。基于单因素分析, 使用受试者工作特征曲线 (ROC) 和多因素 Logistics 回归进行结果分析。 **结果** ROC 分析显示,  $T_2$ WI 偏度参数的灵敏度为 92.9%, 特异度为 69.4%, AUC 为 0.857;  $T_2$ WI 变异系数的灵敏度为 65.7%, 特异度为 69.4%, AUC 为 0.702。多因素 logistics 回归分析显示,  $T_2$ WI (OR = 1.004, 95% CI: 1.001~1.006,  $P=0.001$ ) 和 CE- $T_1$ WI (OR = 0.393, 95% CI: 0.206~0.748,  $P=0.004$ ) 偏度参数是低级别胶质瘤 1p/19q 共缺失状态的独立预测因素。 **结论** 基于常规 MRI 的纹理分析对预测低级别胶质瘤 1p/19q 共缺失状态具有重要价值。

**关键词:** 胶质瘤; 纹理分析; 1p/19q 共缺失; 磁共振成像; 表观扩散系数

**中图分类号:** R651.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-3882(2023)11-0831-07

**DOI:** 10.3969/j.issn.2096-3882.2023.11.010

## Predicting the co-deletion of 1p/19q in low-grade glioma based on texture analysis of conventional MRI

DENG Liyi, YANG Zhen, ZHANG Tong, WANG Lei, LIU Yong\*

(Department of Neurosurgery, the Affiliated Hospital of Xuzhou Medical University, Xuzhou, Jiangsu 221002, China)

**Abstract: Objective** To explore the value of texture analysis based on conventional magnetic resonance imaging (MRI) in predicting 1p/19q co-deletion in low-grade glioma. **Methods** A total of 106 patients with low-grade glioma were retrospectively included. According to the co-deletion of 1p/19q, they were divided into two groups. The regions of interest (ROI) were outlined in MRI images, and the parameters of ROI were extracted. The results were analyzed by the receiver operating characteristic curve (ROC) and multivariate logistics regression. **Results** According to ROC analysis, the sensitivity of  $T_2$ WI skewness parameter was 92.9%, the specificity was 69.4%, and the AUC was 0.857. The sensitivity of  $T_2$ WI coefficient of variation was 65.7%, the specificity was 69.4%, and the AUC was 0.702. Multivariate logistics regression analysis indicated that  $T_2$ WI (OR = 1.004, 95% CI: 1.001-1.006,  $P=0.001$ ) and CE- $T_1$ WI (OR = 0.393, 95% CI: 0.206-0.748,  $P=0.004$ ) skewness parameters were independent predictors of 1p/19q co-deletion in low-grade glioma. **Conclusions** Texture analysis based on conventional MRI can effectively predict the co-deletion of 1p/19q in low-grade glioma.

**Key words:** glioma; texture analysis; 1p/19q codeletion; magnetic resonance imaging; apparent diffusion coefficient

胶质瘤是最常见的中枢神经系统肿瘤。根据 WHO 最新分级标准, 二、三级胶质瘤被归纳于低级别胶质瘤 (low-grade gliomas, LGG)<sup>[1]</sup>。多项研究证实, 组织病理学分级对胶质瘤预后具有重要影响。但最近有研究发现, 某些分子和基因生物标志物在

预测临床结局方面表现出突出的潜在价值<sup>[2-3]</sup>。2016 年 WHO 首次将基因型纳入胶质瘤的诊断标准, 指出 1p/19q 共缺失状态是弥漫性 LGG 精准分类的重要分子<sup>[4]</sup>。2021 年 WHO 分类标准进一步强调 1p/19q 状态对少突胶质细胞瘤的判定至关重

**基金项目:** 国家自然科学基金 (82002632); 徐州市科技局重点研发计划 (KC20139)

\* 通信作者, E-mail: 807116507@qq.com

要<sup>[5]</sup>。研究表明,在不同 1p/19q 状态下,LGG 的发展、治疗以及预后均有不同程度的特异性<sup>[6-7]</sup>。基于此,术前无创评估胶质瘤 1p/19q 共缺失状态对少突胶质瘤的诊断、手术策略的制定具有指导意义。

目前,临床经验丰富的医师可以在磁共振成像(MRI)中,依据肿瘤的边界和信号强度等信息预测 LGG 1p/19q 共缺失状态,但在实际操作过程中会存在主观偏倚<sup>[8-9]</sup>。近年来,基于 MRI 的纹理分析(texture analysis,TA)在量化脑胶质瘤分类研究中取得较大进展,纹理分析可有效规避观察者间的主观偏倚,提供客观真实的预测指标信息。因此,本研究旨在探究基于常规 MRI 的纹理分析在预测 LGG 1p/19q 状态中的价值意义。

## 1 资料和方法

**1.1 研究对象** 本研究 159 例参与者资料均来自癌症图像档案(TCIA)中“LGG-1p19qDeletion”数据集<sup>[10]</sup>,该数据集同时提供每个病例的病理结果(即 1p/19q 共缺失状态)和术前 MRI 的影像信息。

由 2 名神经外科医师(具备 6 年和 3 年临床经验)分别独立检查目标参与者的 MRI 图像,检查内容包括病例基本信息、MRI 扫描仪参数、病例是否进行过手术或活检。

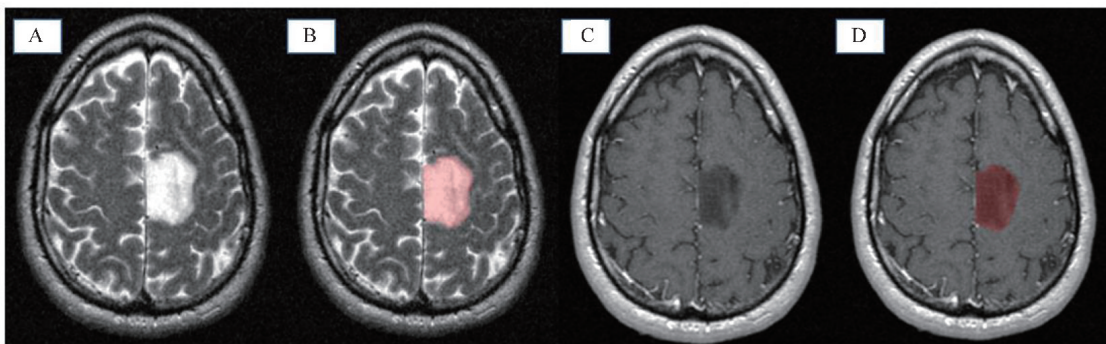
最终纳入 106 例合格病例。纳入标准:①经病理证实为原发性胶质瘤的成年患者(年龄 $\geq 18$ )岁;②经手术病理证实异柠檬酸脱氢酶(IDH)突变与 1p/19q 共缺失状态;③行 MRI 检查未行瘤内减压或放化疗;④具有完整且清晰的 MRI 影像学资料;排除标准:①非本次研究所选择的 MRI 扫描仪;②MRI 成像资料不清晰。

**1.2 MRI 参数** 本研究中所有纳入病例均包含 T<sub>2</sub>

加权(T<sub>2</sub>WI)和对比增强 T<sub>1</sub> 加权(CE-T<sub>1</sub>WI)两种 MRI 序列。T<sub>2</sub>WI 参数:TE 106 ms,TR 4 000 ms,切片厚度 3 mm,矩阵 256 $\times$ 256。CE-T<sub>1</sub>WI 参数:TE 6 ms,TR 20 ms,切片厚度 3 mm,矩阵 256 $\times$ 256。

**1.3 纹理分析** 从公共数据集下载所需 MRI 数据,使用 python 语言在 jupyter notebook 工具中对所有图像进行强度归一化的处理后导入 TA 软件(FireVoxel; CAI2R, New York University)提取纹理信息。整个提取过程遵循盲法原则,由 2 名神经外科医师在不知病理结果情况下,以 T<sub>2</sub>WI 和 CE-T<sub>1</sub>WI 相互参考,在所有包含肿瘤的切片上手工勾画感兴趣区域(ROI),包括瘤体、瘤周的水肿、瘤内囊变、坏死、出血、钙化等所有信息特征(图 1),由 TA 软件自动分析得到相关参数。

**1.4 数据分析** 采用 IBM SPSS(Mac 版本 24.0)和 RStudio(Mac 版本 4.6.1)软件处理数据, $P < 0.05$  为差异有统计学意义。采用均数 $\pm$ 标准差或中位数(四分位间距)描述连续数据分布特征,分类数据采用频数(频数百分比)描述;组间比较采用 *t* 检验、卡方检验或 Mann-Whitney *U* 检验;采用观察者间信度(ICC)衡量和评价 2 名研究员提取 TA 参数的一致性。ICC $< 0.4$  表示信度较差, $0.4 \leq \text{ICC} < 0.6$  表示信度一般, $0.6 \sim 0.8$  表示信度良好, $> 0.8$  表示信度极好。使用受试者工作特征曲线(ROC)分析计算 ROC 曲线下面积(AUC),当 AUC=0.5 时,说明试验方法完全不起作用,无诊断价值;AUC $\geq 0.70$  表示具有较好的准确度。使用多因素 logistics 回归构建相关纹理分析参数与 LGG 的 1p/19q 共缺失状态的回归模型,回归估计以比值比(OR)和 95% 的置信区间(CI)表示。



A、B. T<sub>2</sub>WI;C、D. CE-T<sub>1</sub>WI;ROI. 红色区域

图 1 某例患者的 ROI 绘制图例

2 结果

2.1 参与者特征 本研究共纳入原发 LGG 参与者 106 例。一般特征详见表 1。

2.2 观察者间信度 本研究通过计算 ICC 统计量,

衡量 2 名研究员对 LGG T<sub>2</sub>WI(肿瘤及周围水肿组织)和 CE-T<sub>1</sub>WI(整个肿块)直方图和纹理分析参数提取的一致性 or 可靠性,直方图统计量及纹理参数 ICC 均大于 0.75,结果表明观察者间信度良好。见表 2。

表 1 参与者一般特征比较[例(%)]

指标		1p/19q 非共缺失 (n=36)	1p/19q 共缺失 (n=70)	P
年龄(岁)		40.58±15.09	43.56±13.02	0.294
性别	男性	14(38.9)	36(51.4)	0.221
	女性	22(61.1)	34(48.6)	
胶质瘤的分级	WHO II级	23(63.9)	44(62.9)	0.917
	WHO III级	13(36.1)	26(37.1)	

表 2 T<sub>2</sub>WI 和 CE-T<sub>1</sub>WI 直方图参数及纹理参数 ICC 比较

参数		T <sub>2</sub> WI ICC (95% CI)	CE-T <sub>1</sub> WI ICC (95% CI)
直方图参数	平均值	0.999 (0.998, 1.000)	0.999 (0.999, 1.000)
	中位数	0.999 (0.998, 1.000)	1.000 (0.999, 1.000)
	标准差	0.994 (0.987, 0.997)	0.994 (0.988, 0.997)
	变异系数	0.789 (0.397, 0.916)	0.982 (0.962, 0.992)
纹理参数	偏度	0.964 (0.921, 0.983)	0.956 (0.908, 0.979)
	峰度	0.847 (0.698, 0.926)	0.954 (0.903, 0.978)
	熵	0.797 (0.607, 0.901)	0.974 (0.945, 0.988)

2.3 LGG T<sub>2</sub>WI 和 CE-T<sub>1</sub>WI 的直方图和纹理参数 1p/19q 非共缺失和 1p/19q 共缺失的 LGG 在 T<sub>2</sub>WI 直方图的平均值和中位数差异有统计学意义;同时,本研究发现 1p/19q 非共缺失和 1p/19q 共缺

失状态在 T<sub>2</sub>WI 上纹理参数偏度和峰度的差异有统计学意义;但是 1p/19q 是否共缺失在其纹理参数熵中差异无统计学意义(P=0.178)。见表 3。

表 3 肿瘤及瘤周水肿组织的 T<sub>2</sub>WI 直方图参数和纹理参数比较

参数	1p/19q 非共缺失 (n=36)	1p/19q 共缺失 (n=70)	Z	P
直方图参数				
平均值 (×10 <sup>-3</sup> mm <sup>2</sup> /s)	1.29 (0.61, 3.19)	1.08 (0.48, 1.58)	-2.262	0.024
中位数 (×10 <sup>-3</sup> mm <sup>2</sup> /s)	1.33 (0.65, 3.37)	1.07 (0.48, 1.62)	-2.468	0.014
标准差 (×10 <sup>-3</sup> mm <sup>2</sup> /s)	0.26 (0.11, 0.65)	0.23 (0.12, 0.35)	-1.001	0.317
变异系数	0.20 (0.17, 0.23)	0.23 (0.20, 0.27)	-3.402	0.001

续表 3

参数	1p/19q 非共缺失 (n=36)	1p/19q 共缺失 (n=70)	Z	P
纹理参数				
偏度	-0.65 (-0.99, -0.34)	-0.03 (-0.25, 0.25)	-6.004	<0.001
峰度	0.03 (-0.56, 0.74)	-0.41 (-0.66, -0.02)	-2.382	0.017
熵	4.06 (3.89, 4.18)	4.11 (3.99, 4.24)	-1.348	0.178

基于 LGG 的 CE-T<sub>1</sub>WI 的直方图和纹理参数, 本研究结果发现, 仅在直方图变异系数和纹理参数偏度上差异具有统计学意义 ( $P < 0.001$ ); 1p/19q 是

否共缺失在平均值、中位数以及纹理参数峰度上差异均无统计学意义, 这与在 LGG T<sub>2</sub>WI 中呈现的结果不同。见表 4。

表 4 肿瘤及瘤周水肿组织的 CE-T<sub>1</sub>WI 直方图参数和纹理参数比较

参数	1p/19q 非共缺失 (n=36)	1p/19q 共缺失 (n=70)	Z	P
直方图参数				
平均值( $\times 10^{-3}$ mm <sup>2</sup> /s)	0.11 (0.04, 0.24)	0.09 (0.04, 0.21)	-0.287	0.774
中位数( $\times 10^{-3}$ mm <sup>2</sup> /s)	0.10 (0.04, 0.24)	0.09 (0.04, 0.21)	-0.280	0.779
标准差( $\times 10^{-3}$ mm <sup>2</sup> /s)	0.02 (0.01, 0.04)	0.01 (0.01, 0.03)	-1.368	0.171
变异系数	0.19 (0.15, 0.26)	0.14 (0.12, 0.19)	-3.489	<0.001
纹理参数				
偏度	0.86 (0.41, 1.49)	0.29 (-0.03, 0.70)	-4.003	<0.001
峰度	2.81 (0.58, 6.85)	1.76 (0.63, 4.49)	-0.847	0.397
熵	3.42 (3.14, 3.72)	3.37 (3.18, 3.60)	-0.454	0.650

2.4 LGG T<sub>2</sub>WI 和 CE-T<sub>1</sub>WI 直方图和纹理参数的诊断价值 ROC 曲线分析结果如表 5 所示。T<sub>2</sub>WI 纹理参数偏度对 LGG 的 1p/19q 共缺失状态的诊断最具有价值, AUC 为 0.857, 以约登指数最大值 (0.623) 选取最佳临界值 (-0.420), 此时 ROC 曲线的灵敏度为 92.9%, 特异度为 69.4%, 见图 2A。此

外, T<sub>2</sub>WI 变异系数对 LGG 1p/19q 共缺失状态的诊断也具有一定意义, AUC 为 0.702, 以约登指数最大 (0.351) 值选取最佳临界值 (0.216), 此时 ROC 曲线的灵敏度为 65.7%, 特异度为 69.4%, 见图 2B。本研究结果未发现 CE-T<sub>1</sub>WI 直方图以及任何纹理参数对 LGG 的 1p/19q 共缺失状态具有诊断价值。

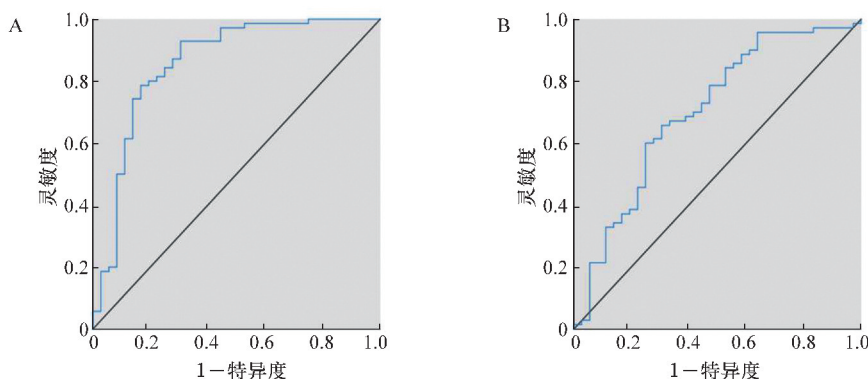
表 5 T<sub>2</sub>WI 和 CE-T<sub>1</sub>WI 直方图参数及纹理参数的 ROC 分析

参数	AUC	95%CI		P	截断值	灵敏度 (%)	特异度 (%)
		下限	上限				
T <sub>2</sub> WI 直方图参数							
平均值	0.365	0.254	0.477	0.024	NS	NS	NS
中位数	0.353	0.242	0.464	0.014	NS	NS	NS
变异系数	0.702	0.593	0.812	0.001	0.216 <sup>a</sup>	65.7	69.4

续表 5

参数	AUC	95%CI		P	截断值	灵敏度(%)	特异度(%)
		下限	上限				
T <sub>2</sub> WI 纹理参数							
偏度	0.857	0.772	0.943	<0.001	-0.420 <sup>b</sup>	92.9	69.4
峰度	0.358	0.240	0.476	0.017	NS	NS	NS
CE-T <sub>1</sub> WI 直方图参数							
变异系数	0.292	0.186	0.399	<0.001	NS	NS	NS
CE-T <sub>1</sub> WI 纹理参数							
偏度	0.262	0.166	0.358	<0.001	NS	NS	NS

<sup>a</sup> 最大约登指数为 0.351; <sup>b</sup> 最大约登指数为 0.623; NS. 差异无统计学意义



A. T<sub>2</sub> 加权偏度; B. T<sub>2</sub> 加权变异系数

图 2 T<sub>2</sub> 加权偏度和变异系数的 ROC 曲线

2.5 LGG T<sub>2</sub>WI 和 CE-T<sub>1</sub>WI 直方图和纹理参数的 logistics 回归分析 单因素 logistics 回归分析显示, T<sub>2</sub>WI 平均值( $P=0.024$ )、中位数( $P=0.014$ )、变异系数( $P=0.007$ )以及纹理分析参数偏度( $P<0.001$ )和峰度( $P=0.017$ )与 LGG 的 1p/19q 共缺失状态显著相关。将 5 个因素纳入多因素 logistics 回归后,仅偏度是 LGG 1p19q 共缺失状态的独立预测因素,OR = 1.457 (95% CI: 1.192 ~ 1.782,  $P<$

0.001)。

基于 LGG 的 CE-T<sub>1</sub>WI 直方图和纹理参数,进行单因素 logistics 分析,结果显示变异系数和偏度与 LGG 1p/19q 共缺失状态显著相关( $P<0.001$ )。多因素 logistics 回归显示(表 6),偏度也是 LGG 1p/19q 共缺失状态的独立预测因素,OR = 0.417 (95% CI: 0.232 ~ 0.748,  $P=0.003$ )。

表 6 MRI 参数与 1p/19q 共缺失状态的多因素 logistics 回归分析

参数	$\beta$	OR(95% CI)	P
T <sub>2</sub> WI			
平均值	-0.005	0.995 (0.987, 1.003)	0.221
中位数	0.004	1.004 (0.997, 1.012)	0.275
峰度	-0.331	0.718 (0.248, 2.078)	0.541
变异系数( $\times 10$ )	0.034	1.035 (0.208, 5.155)	0.967
偏度( $\times 10$ )	0.377	1.457 (1.192, 1.782)	<0.001



续表 6

参数	$\beta$	OR(95% CI)	P
CE-T <sub>1</sub> WI			
变异系数	-4.978	0.007 (0.000, 3.093)	0.110
偏度	-0.875	0.417 (0.232, 0.748)	0.003

### 3 讨论

本研究结果表明, T<sub>2</sub>WI 与 CE-T<sub>1</sub>WI 的偏度均是预测 LGG 的 1p/19q 共缺失状态的有效纹理参数。相较而言, T<sub>2</sub>WI 的预测效果优于 CE-T<sub>1</sub>WI。而基于 T<sub>2</sub>WI 及 CE-T<sub>1</sub>WI 两种临床常规序列图像, 依据一阶直方图, 提取有关肿瘤的参数进行统计分析, 具有计算量小, 结果易于重复等特点, 同时有助于研究结果的临床转化。胶质瘤作为一种实体肿瘤, 易因缺血、缺氧和水肿等原因造成肿瘤内部病理和水分子扩散呈现异质性<sup>[11]</sup>。因此本研究通过对肿瘤和瘤周水肿组织进行分析, 所勾画的 ROI 包含了肿瘤中的出血、坏死、钙化和囊性病变在内的所有成分, 一定程度上可以更加全面地反映肿瘤的表现信息。

3.1 常规 MRI 序列的 LGG 特征 既往有研究指出, 1p/19q 共缺失的肿瘤常位于额顶枕叶, 边缘通常比较模糊, 常伴有钙化以及累及皮质<sup>[12]</sup>; 而 1p/19q 未发生共缺失的肿瘤倾向于发生在颞叶和岛叶, 边缘更为光滑或锐利, 瘤内常伴有出血<sup>[13]</sup>, 这与本研究结果一致。造成肿瘤边缘差异的原因可能是 1p/19q 未发生共缺失型胶质瘤呈浸润性生长<sup>[14]</sup>, 肿瘤边缘细胞密度较大, 血供较丰富, 增强扫描呈现边缘强化, CE-T<sub>1</sub>WI 上显示边缘清楚。这也在一定程度上说明, LGG 中不同 1p/19q 共缺失状态在常规影像特征方面表现出某种差异, 未来值得在大样本、多中心的数据中进一步验证以上结果并合理推测。

在 T<sub>2</sub>WI 中, 1p/19q 未发生共缺失组的平均值和中位数均显著高于 1p/19q 共缺失组, 其原因可能是, 发生 1p/19q 共缺失的 LGG 常伴有钙化<sup>[15]</sup>, 钙化成分可能会限制水分子的运动, 导致 T<sub>2</sub>WI 平均值和中位数均较小, 同时 1p/19q 共缺失的 LGG 的肿瘤细胞更密集, 也会对水分子的运动产生限制, 进一步导致了此结果。而表现扩散系数(ADC)值是被用来描述区域内水分子扩散受限程度的定量指标, 未来可以探究不同 1p/19q 共缺失状态的 LGG 在 ADC 图上的表现, 进一步论证该假设。

3.2 纹理分析在 LGG 诊断中的价值 本研究结果

显示, T<sub>2</sub>WI 与 CE-T<sub>1</sub>WI 的偏度均能有效预测 1p/19q 共缺失状态, 且 T<sub>2</sub>WI 偏度的预测效果优于 CE-T<sub>1</sub>WI 偏度。目前, 关于具体纹理参数在预测 1p/19q 共缺失状态中的价值尚无定论。Kanazawa 等<sup>[16]</sup>发现表现 ADC 和 T<sub>2</sub>WI 偏度都与 1p/19q 共缺失有关, 而 T<sub>2</sub>WI 偏斜度对预测 1p/19q 共缺失状态更佳。Lewis 等<sup>[17]</sup>研究则发现 ADC、T<sub>1</sub> 增强和 T<sub>2</sub> 偏度与 1p/19q 共缺失相关, 具体结果显示, ADC 偏度的预测效果更佳, 其次是 CE-T<sub>1</sub> 偏度, 最后是 T<sub>2</sub> 偏度。造成这种结果不一致的可能解释是, 在具体研究实操中, 对 ROI 范围的选择和划定不同。此外可能受限于实操者的业务能力和不同核磁共振扫描仪参数。基于上述可以规避以及无法完全规避的偏倚可能, 本研究考虑纳入统一参数的 MRI 仪器; 其次, 在数据分析前, 由第 3 名研究员(对数据收集不可见)对前 2 名研究员提取纹理参数的一致性和可靠性进行检验, 最大程度上减少了可能的主观偏倚, 保证了研究结果的可靠性和可复制性。

基于 MRI 信息预测 1p/19q 共缺失状态的主题研究不断拓展和深入。在深度学习方面, Akkus 等<sup>[18]</sup>基于 MRI 图像预测 LGG 中染色体臂 1p/19q 共缺失研究, 其测试集上结果分别为 93.3% (敏感度), 82.22% (特异度) 和 87.7% (准确度)。Yan 等<sup>[19]</sup>使用深度学习从静脉注射钆造影剂后的 T<sub>1</sub>WI 和 T<sub>2</sub>WI 预测 1p/19q 共缺失状态, 训练集(AUC 为 0.999)、测试集(AUC 为 0.996)、验证集(AUC 为 0.993)均呈现出良好性能。在机器学习方面, Kocak 等<sup>[20]</sup>一项基于 MRI 的 TA 预测 1p/19q 共缺失状态的研究中, 神经网络预测 1p/19q 共缺失状态的平均 AUC 为 0.869, 准确度为 83.8%。van der Voort 等<sup>[21]</sup>利用机器学习预测 1p/19q 共缺失状态的研究中, 实现了 0.72 的 AUC。然而基于 CE-T<sub>1</sub>WI 和 T<sub>2</sub>WI 两种磁共振序列的一阶直方图研究较少, Lewis 等<sup>[17]</sup>研究结果表明, CE-T<sub>1</sub>WI 和 T<sub>2</sub>WI 的偏度可以有效预测 LGG 的 1p/19q 共缺失状态, AUC 分别为 0.736 和 0.728。本研究结果表明, T<sub>2</sub>WI 的偏度 ROC 呈现出统计学差异, AUC 为 0.857, 而 CE-T<sub>1</sub>WI 偏度 ROC 差异无统计

学意义。与此同时,多因素 logistics 回归分析结果发现,CE-T<sub>1</sub> 和 T<sub>2</sub>WI 的偏度参数对于 1p/19q 共缺失状态均具有预测价值。总的来说,本研究 and 既往相关研究<sup>[22]</sup> 都表明了 T<sub>2</sub>WI 和 CE-T<sub>1</sub>WI 偏度对预测 1p/19q 共缺失状态具有显著价值,但本研究结果呈现出的预测性能优于先前研究结果。且本研究结果支持 T<sub>2</sub>WI 偏度是最佳预测 1p/19q 共缺失状态的纹理信息。

3.3 研究的局限性 首先,本研究患者性别、年龄 2 组临床参数的差异无统计学意义,而 Yoon 等<sup>[23]</sup> 研究表明,1p/19q 共缺失状态肿瘤患者更年轻,这可能与本研究的样本量受限有关。其次,本研究的病例均来自公共数据库,所有的图像信息均是 1.5T MRI,相较于 3.0T MRI 而言,3.0T MRI 中肿瘤的境界更加清晰,可能对于 ROI 的绘制更加准确。但这并不影响对本研究结果的整体解释。最后,本研究仅包含 2 种磁共振序列,对其他序列预测 1p/19q 共缺失状态方面信息仍未知,未来有待进一步探讨、研究。

#### 参考文献:

- [1] Louis DN, Perry A, Wesseling P, et al. The 2021 WHO classification of tumors of the central nervous system; a summary[J]. *Neuro Oncol*, 2021, 23(8): 1231-1251.
- [2] Brandner S. Molecular diagnostics of adult gliomas in neuropathological practice[J]. *Acta Med Acad*, 2021, 50(1): 29-46.
- [3] 罗宸, 吴帅, 吴劲松. 分子病理指导下的脑胶质瘤手术的研究进展[J]. *中华神经外科杂志*, 2021, 37(9): 952-956.
- [4] Wesseling P, Capper D. WHO 2016 classification of gliomas[J]. *Neuropathol Appl Neurobiol*, 2018, 44(2): 139-150.
- [5] Komori T. Grading of adult diffuse gliomas according to the 2021 WHO Classification of Tumors of the Central Nervous System[J]. *Lab Invest*, 2022, 102(2): 126-133.
- [6] Mohile NA, Messersmith H, Gatson NT, et al. Therapy for diffuse astrocytic and oligodendroglial tumors in adults: ASCO-SNO guideline[J]. *J Clin Oncol*, 2022, 40(4): 403-426.
- [7] Decuyper M, Bonte S, Deblaere K, et al. Automated MRI based pipeline for segmentation and prediction of grade, IDH mutation and 1p19q co-deletion in glioma [J/OL]. *Comput Med Imaging Graph*, 2021, 88: 101831.
- [8] 樊建坤, 程勇, 黄欢, 等. T2-FLAIR 影像组学预测 WHO II ~ III 级胶质瘤 Ki-67 表达水平[J]. *中国医学影像学杂志*, 2023, 31(4): 315-320.
- [9] 张布衣, 孙崇然, 张健民. 影像-基因组学在脑胶质瘤诊疗中的应用和研究进展[J]. *中华神经外科杂志*, 2021, 37(6): 632-636.
- [10] Kha QH, Le VH, Hung TNK, et al. Development and validation of an efficient MRI radiomics signature for improving the predictive performance of 1p/19q co-deletion in lower-grade gliomas[J]. *Cancers*, 2021, 13(21): 5398.
- [11] Björkblom B, Wibom C, Eriksson M, et al. Distinct metabolic hallmarks of WHO classified adult glioma subtypes[J]. *Neuro Oncol*, 2022, 24(9): 1454-1468.
- [12] Gupta M, Gupta A, Yadav V, et al. Comparative evaluation of intracranial oligo dendroglioma and astrocytoma of similar grades using conventional and T1-weighted DCE-MRI[J]. *Neuroradiology*, 2021, 63(8): 1227-1239.
- [13] Natsumeda M, Matsuzawa H, Watanabe M, et al. SWI by 7T MR imaging for the microscopic imaging diagnosis of astrocytic and oligodendroglial tumors [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2022, 43(11): 1575-1581.
- [14] Zhang YY, Xie Y, He LQ, et al. 1p/19q co-deletion status is associated with distinct tumor-associated macrophage infiltration in IDH mutated lower-grade gliomas [J]. *Cell Oncol (Dordr)*, 2021, 44(1): 193-204.
- [15] Zhao K, Sun GC, Wang Q, et al. The diagnostic value of conventional MRI and CT features in the identification of the IDH1-mutant and 1p/19q co-deletion in WHO grade II gliomas[J]. *Acad Radiol*, 2021, 28(7): e189-e198.
- [16] Kanazawa T, Minami Y, Takahashi H, et al. Magnetic resonance imaging texture analyses in lower-grade gliomas with a commercially available software; correlation of apparent diffusion coefficient and T2 skewness with 1p/19q codeletion [J]. *Neurosurg Rev*, 2020, 43(4): 1211-1219.
- [17] Lewis MA, Ganeshan B, Barnes A, et al. Filtration-histogram based magnetic resonance texture analysis (MRTA) for glioma IDH and 1p19q genotyping[J]. *Eur J Radiol*, 2019, 113: 116-123.
- [18] Akkus Z, Ali I, Sedlár J, et al. Predicting deletion of chromosomal arms 1p/19q in low-grade gliomas from MR images using machine intelligence[J]. *J Digit Imaging*, 2017, 30(4): 469-476.
- [19] Yan J, Zhang SH, Sun QC, et al. Predicting 1p/19q co-deletion status from magnetic resonance imaging using deep learning in adult-type diffuse lower-grade gliomas: a discovery and validation study[J]. *Lab Invest*, 2022, 102(2): 154-159.
- [20] Kocak B, Durmaz ES, Ates E, et al. Radiogenomics of lower-grade gliomas: machine learning-based MRI texture analysis for predicting 1p/19q codeletion status[J]. *Eur Radiol*, 2020, 30(2): 877-886.
- [21] van der Voort SR, Incekara F, Wijnenga MMJ, et al. Predicting the 1p/19q codeletion status of presumed low-grade glioma with an externally validated machine learning algorithm [J]. *Clin Cancer Res*, 2019, 25(24): 7455-7462.
- [22] He JL, Ren JL, Niu GM, et al. Multiparametric MR radiomics in brain glioma; models comparison to predict biomarker status [J/OL]. *BMC Med Imaging*, 2022, 22(1): 137.
- [23] Yoon HJ, Ahn KJ, Lee S, et al. Differential diagnosis of oligodendroglial and astrocytic tumors using imaging results: the added value of perfusion MR imaging [J]. *Neuroradiology*, 2017, 59(7): 665-675.

收稿日期: 2023-08-23 修回日期: 2023-11-09

本文编辑: 王卿