•综述•

多模态磁共振成像预测弥漫性中线胶质瘤 H3 K27M 基因突变状态的研究进展

梁寿衡 综述 崔光彬 审校

【摘要】 WHO 第4版《中枢神经系统肿瘤分类》将H3 K27M 改变弥漫性中线胶质瘤列为新的胶 质瘤亚型,属于WHO 4级胶质瘤。H3 K27M 基因状态对于该肿瘤的诊断、靶向药物治疗具有重要作 用。目前对于H3 K27M 基因状态的确定主要是通过免疫组织化学法测定,而获得肿瘤组织存在有创 和假阴性等缺点。多模态磁共振成像已经广泛应用于胶质瘤的诊断分级、预后判断、疗效评价、基因分 子标记物预测等方面。因此,本文主要就多模态磁共振成像在预测弥漫性中线胶质瘤组蛋白H3 K27M 基因突变状态的应用进行综述,为临床应用及研究提供新思路。

【关键词】 磁共振成像;脑肿瘤;多模态磁共振;H3 K27M;弥漫中线胶质瘤

【中图分类号】R445.2;R739.41 【文献标志码】A 【文章编号】1000-0313(2023)11-1462-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2023.11.017

世界卫生组织(World Health Organization, WHO)第4版《中枢神经系统肿瘤分类》^[1]将"H3 K27M 突变弥漫性中线胶质瘤"列为新的胶质瘤亚型, 属于 WHO 4 级胶质瘤。脑肿瘤诊断和分类标准的国 际合作项目(central nervous system interobserver agreement and diagnostic target, cIMPACT)第2版更 新^[2]对该肿瘤做出定义:①肿瘤弥漫浸润性生长;②肿 瘤位于中线区结构,包括丘脑、桥脑、下丘脑等;③组蛋 白 H3 基因中 27 位赖氨酸被蛋氨酸取代(K27M 突 变)^[3]。WHO 第 5 版分类^[4]基于肿瘤发病机制的基 础研究结果修订了肿瘤命名,将"H3 K27M 突变弥漫 性中线胶质瘤"更改为"H3 K27M 改变弥漫性,中线 胶质瘤(diffuse midline glioma,H3 K27 altered-type, DMG-A)",以强调肿瘤发生发展机制中可能存在的多 种基因状态变化^[5]。基因组学研究发现,H3 K27M 基因突变对 IDH1/2 基因突变具有排斥作用,即 H3 K27M 基因存在突变时, IDH1/2 表现为野生状 态^[6,7],中线区胶质母细胞瘤(glioblastoma, IDH wildtvpe,GBM) 无H3 K27M 基因突变。当肿瘤发生在中 线区,从传统组织学角度分析 DMG-A 和 GBM 有可 能存在交叉,此时必须通过基因分子学检测确定有无 H3 K27M 突变或其它特征性的基因分子标记物。研 究表明中线区弥漫性胶质瘤 H3 K27M 改变型和野生 型(diffuse midline glioma,H3 K27 wild-type,DMG-W)存在不同的生存和预后,DMG-A 患者的中位生存

作者单位:710038 西安,空军军医大学第二附属医院放 射科,陕西省功能与分子影像重点实验室

作者简介:梁寿衡(1991-),男,陕西西安人,硕士研究生, 主治医师,主要从事中枢神经系统疾病影像诊断工作。

通讯作者:崔光彬,E-mail:cgbtd@163.com

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



期更短,预后更差^[8,9]。中线区弥漫性胶质瘤发生 H3 K27M 基因突变比例高达 80%,儿童与青少年该基因 突变比例高于成人^[6,10]。中线区胶质瘤最大程度手术 切除难度大^[11],对于无法手术患者,靶向和免疫治疗 需要考虑特定的基因分子标志物^[12],明确是否存在 H3 K27M 基因突变对选择治疗方案至关重要^[13,14]。 肿瘤位于脑深部中线区使得穿刺活检具有较高的风险 和难度^[15],同时活检仅可以获得有限的肿瘤组织,可 能导致样本不具有代表性^[16],出现假阴性结果。而磁 共振成像(magnetic resonance imaging,MRI)作为一 种非侵入性的检查手段广泛应用于脑肿瘤的诊断分 级、预后判断、疗效评价、基因分子标记物预测等方面。 因此,本文主要就多模态磁共振成像在预测弥漫性中 线胶质瘤组蛋白 H3 K27M 基因突变状态的应用进行 综述,为临床应用及研究提供新思路。

DMG-A的 MRI 影像征象

Thust 等^[17]通过分析 15 例青少年和成人 DMG-A 的 T₁ 加权成像(T₁WI)、T₂ 加权成像(T₂WI)、液体 反转恢复序列(fluid attenuated inversion recovery, FLAIR)、T₁WI 对比增强(contrast enhanced T₁WI, T₁CE)和扩散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)图像,发现肿瘤位于幕上时多见于丘脑,幕下多 见于桥脑,肿瘤内部可见出血和囊肿形成;肿瘤强化可 表现为轻度至重度强化,也可以表现为斑片状强化或 环形强化,肿瘤内强化成分占肿瘤全部体积较少。肿 瘤内部实性成分表现为轻中度扩散受限,肿瘤内最小 ADC 值(ADC_{min})为(0.84±0.15)×10⁻³ mm²/s,肿瘤 平均 ADC 值(ADC_{men})为(1.12±0.25)×10⁻³ mm²/s,

基金项目:陕西省重点研发计划(2019ZDLSF02-07)

Qiu 等^[18]分析了 66 例成人(年龄≥18 岁)DMG-A 的 常规 MR 影像,发现肿瘤多位于丘脑和脑干、胼胝体、 下丘脑、大脑半球,信号均匀,肿瘤内部出血和瘤周水 肿少见;59%的病例表现为部分或无强化,41%的病例 表现为不规则环状显著强化。Meyronet 等^[19]分析了 21 例成人 DMG-A 常规 MR 影像及组织学特征,结果 表明约50%的肿瘤组织病理学与高级别胶质瘤类似, 肿瘤内部缺乏坏死出血和微血管增殖。邓达标等[20] 和彭靖等[21]分别分析了 17 例和 37 例 DMG-A 的常 规 MR 影像,研究表明多数肿瘤内实性部分 T₁WI 呈 低/稍低信号, T₂WI 呈稍高信号, 瘤内存在不同程度 坏死和出血,肿瘤边界不清晰,瘤周水肿轻微,肿瘤实 性部分呈不均匀轻度扩散受限;多数肿瘤呈不均匀轻/ 中度强化,斑点状、斑片状或环状强化模式。总之, DMG-A的形态及信号特征异质性明显,肿瘤内部可 见坏死和出血,钙化罕见,瘤周水肿较轻,强化方式多 样,可类似于低级别胶质瘤样强化。这种异质性表现 可能一方面与肿瘤所在的不同中线区位置有关,另外 一方面可能与肿瘤组织学差异大有关。研究表明 DMG-A 镜下表现可类似星形细胞瘤样、多形性黄色 星形细胞瘤样和毛黏液型星形细胞瘤样改变[22,23]。

常规 MRI 预测 H3 K27M 基因状态

Aboian 等^[24] 通过总结 33 例儿童常规 MRI,发现 DMG-A的影像学特征具有高度异质性,肿瘤内部坏 死范围、肿瘤强化模式、边界特征、瘤周水肿在突变组 和无突变组两组间均无显著差异,在儿童中常规 MRI 序列中没有可以用于预测 H3 K27M 基因状态的影像 标记物。Hohm 等^[25] 通过研究 66 例儿童影像资料, 结果表明相比于 DMG-W, DMG-A 内部 T₂WI 信号更 高,T₁WI 信号更加均匀,二者之间差异具有统计学意 义, 而在 H3.1 和 H3.3 K27M 突变肿瘤之间没有发现 显著差异的影像学特征。以上研究均只纳入了儿童患 者,并没有对儿童和成人进行分层处理,同时研究均基 于小样本量和单个研究中心,存在局限性。Kurokawa 等[26] 通过分析 37 例儿童和成人影像资料,发现 T₂WI-FLAIR 不匹配征在鉴别两类肿瘤时具有重要 意义,但是该征象的诊断效能并不高(准确度、敏感度 和特异度分别为 0.70、0.50 和 0.94),既往研究^[27]表明 T₂WI-FLAIR 不匹配征多见于 IDH 突变且 1p/19q 完 整的星形细胞瘤中,因此仍需大样本研究来证明该征 象在鉴别中线区弥漫性胶质瘤 H3 K27M 基因状态时 的有效性和可重复性。Banan 等[28] 进一步比较了 24 例 DMG-A 与 19 例中线区胶质母细胞瘤(GBM)常规 MRI,相比于 GBM, DMG-A 的瘤周水肿发生概率更 小(OR:0.10,95% CI:0.02~0.47), 且瘤内强化和坏

死程度更轻(OR:0.13,95% CI:0.02~0.62),利用影 像特征解释了 DMG-A 组织学上更轻的微血管增殖和 肿瘤坏死程度^[22]。Chauhan 等^[29]通过分析 123 例儿 童和成人影像和临床资料,发现 DMG-A 患者更年轻 (平均年龄 24.13±13.13 岁), DMG-A 瘤周水肿范围 较小,并且不易侵犯脑皮层结构,但是 DMG-A 表现出 的更大强化范围和更厚强化边缘与之前的研究结果并 不一致^[17-19]。基于常规 MRI 提取的影像特征在鉴别 H3 K27M 基因状态时尚没有发现有效的影像标记 物。总结原因,可能与研究者的分组不均衡和样本量 有关,并没有做到分层处理。其次研究者间对于征象 定义不一致,纳入的影像并没有参考统一标准或指南, 导致获得的结论可信度低,而使用伦勃朗视觉感受图 像(visually accessible Rembrandt images, VASARI) 语义特征对肿瘤进行描述则是一种规范目易于操作的 方法。

功能 MRI 预测 H3 K27M 基因状态

Kathrani 等^[30] 通过对 94 例儿童和成人患者的 DWI 和灌注加权成像(perfusion weighted imaging, PWI)资料分析,发现 DMG-A 瘤周水肿区表观扩散系 数(apparent diffusion coefficient of peritumoral edema, PT ADC)及其标准化 ADC(normalized apparent diffusion coefficient of peritumoral edema, nPT ADC)显著低于 DMG-W; DMG-A 肿瘤相对血容量 (relative cerebral blood volume, rCBV)及其标准化相 对血容量(normalized relative cerebral blood volume, nrCBV)显著高于 DMG-W; PT ADC、nPT ADC、 nrCBV 是预测 H3 K27M 突变状态的独立预测因子, 诊断阈值分别为 1.245、1.853、1.830,但是诊断效能并 不高(AUC 值分别为 0.627、0.623、0.645)。Su 等[31] 通过分析 68 例患者临床资料、ADC 和磁共振波谱 (magnetic resonance spectroscopy, MRS),发现 DMG-A的rADC、肌醇与肌酸比值(Ins/tCr)显著低 于 DMG-W,年龄、Ins/tCr 和 rADC 第 15 百分位直方 图参数组成的预测模型可预测 H3 K27M 突变状态, 在测试组和验证组中均具有较好的诊断效能(AUC 值 分别为 0.898、0.976)。Kurokawa 等^[26] 通过分析 37 例儿童和成人患者动态敏感性增强(dynamic sensitivity contrast, DSC)和 DWI 资料, 发现与 DMG-W 相 比,DMG-A标准化肿瘤相对血流量(normalized relative cerebral blood flow,nrCBF)和标准化校正相对脑 血容量(normalized corrected relative cerebral blood flow,ncrCBV)显著降低(准确度、敏感度和特异度分 别为 0.78、0.75、0.82,0.73、0.95、0.47),标准化最大 ADC(nADCmax)显著增高(准确度、敏感度和特异度分

别为 0.70、0.50 和 0.94),将 nrCBF 和 nADCmax 结合 后诊断效能较单一参数诊断效能有所提高(准确度、敏 感度和特异度分别为 0.81、0.65 和 1.00)。Chen 等^[32] 通过测量 30 例儿童和成人患者肿瘤 ADC 值参数后发 现,DMG-A 各项 ADC 参数显著低于 DMG-W,结合 最小 ADC 比值和瘤周 ADC 比值能够确定 H3 K27M 突变状态(AUC 值为 0.872)。相反, Aboian 等^[33]通 过分析 31 例儿童患者 ADC 直方图,结果表明两类肿 瘤之间的所有 ADC 参数没有显著差异,基于肿瘤位 置的亚组分析也没有显著差异。Piccardo 等^[34]通过 分析 22 例儿童患者的 DWI、氢质子磁共振波谱(proton magnetic resonance spectroscopy, H-MRS)、动脉 自旋标记成像(arterial spin labeling, ASL)和¹⁸F DO-PA-PET 成像资料,发现基于 DWI、H-MRS、ASL 获 得的参数仅能够区别组织学上高低级别胶质瘤,只 有¹⁸F DOPA-PET 是唯一能够独立于组织学区分 H3 K27M 基因突变状态的成像方法。基于功能 MRI 序 列的不同研究同样存在诊断效能不高和研究结果不一 致问题。一方面不同研究者所针对的患病群体并不一 致,并没有区分儿童与成人患者,且多数研究样本量较 少,难以达到均衡分组;另一方面不同研究之间的定量 数据测量方法及其标准化方法不统一也是导致结果不 一致的重要因素。

影像组学预测 H3 K27M 基因状态

影像组学方法[35]是近年来发展起来的一种新的 图像分析方法,可以对肿瘤全域进行定量和高通量的 数字化分析,进而获得海量肉眼无法识别的特征,利用 计算机筛选出可以反应肿瘤内生物学信息的特征。 Wu 等[36] 通过分析 107 例儿童患者常规 MRI 序列 FLAIR、T₁CE、DWI及ADC图像,采用最小冗余最大 相关法(minimum redundancy maximum relevance, MRMR)和最小绝对收缩选择算子(least absolute shrinkage and selection operator, LASSO)回归方法 筛选出 9 个有意义的影像组学特征,环状增强是唯一 具有预测 H3 K27M 突变效能的常规 MRI 征象,但是 单独使用环状增强预测 H3 K27M 突变的 AUC 值仅 为 0.68,利用影像组学特征和环状强化特征构建的诺 模图(Nomogram)在训练集和测试集上取得了很好的 诊断效能(AUC 值分别为 0.95 和 0.90)。Kandemirli 等[37]利用机器学习 XGBoost 算法对 109 例患者 T₁WI、T₂WI、FLAIR、T₁CE及ADC图像进行特征提 取,所建立的预测模型在训练集和测试集中表现出了 良好的诊断效能(AUC 值分别为 0.791 和 0.737)。Su 等[38]利用自动化机器学习方法提取 100 例患者 FLAIR 图像影像组学特征,所建立的预测模型在训练

集和测试集中具有良好的诊断效能(AUC 值分别为 0.911和 0.855)。相反, Li 等^[39]从 30 例患者的 T₂WI 图像中提取影像组学特征,采用主成分分析、单变量分 析和三种特征选择方法(方差阈值法、递归特征消除 法、弹性网法)分析影像组学特征,主成分分析结果表 明两类肿瘤的前两个主成分有明显的重叠,同时基于 T₂WI 序列的影像组学特征也无法鉴别两类肿瘤,而 基于视觉的 VASARI 特征集合中,囊肿特征在两种肿 瘤间存在显著差异,是预测 H3 K27M 突变的危险因 子(OR=7.8),该征象是否可以应用于临床仍需要大 样本研究进行验证。不同研究者采用了不同的成像设 备和序列、肿瘤分割、特征提取和预测模型构建方法, 可能是导致结果差异较大的主要原因。令人兴奋的 是,多数学者研究结果也表明基于 FLAIR 序列可以 获得有用的组学特征,也进一步证实该序列在预测 H3 K27M 基因状态的价值,提示我们基于 FLAIR 序 列开发标准化的影像组学特征工具的可行性。总之, 基于影像组学的研究结果展示了较好的诊断效能。但 不可否认的是,很多因素会影响影像组学特征提取的 可重复性和稳定性,基于计算机算法筛选出来特征在 临床中很难解释和应用,因此影像组学尚处于科研探 索阶段。

总结与展望

总结先前文献,可以发现既往的大部分研究是基 于小样本单中心的回顾性研究,不同研究者之间存在 相似或者相反的结果。分析其中原因:①多数研究纳 入的样本量不足且分组不均衡,没有考虑不同中线脑 区对于结果的影响。②在讨论 H3 K27M 基因状态 时,需要对肿瘤进行高和低级别分组,以及结合 IDH 基因状态分析。③不用研究者纳入影像征象没有统一 参考标准,定义存在偏差,临床实用性差。④不同研究 者之间或研究者内部的 MR 成像方法并不统一,对常 规 MRI 征象分析影响相对较小,但是对功能 MRI 及 其衍生的测量值影响较大。⑤影像组学研究方法缺乏 统一的执行标准。

总之,在弥漫性中线胶质瘤的 H3 K27M 基因状态预测研究方面尚无有效且易于临床适用的影像标记物。在未来我们需要有目的地搜集中线区胶质瘤患者的各方面资料,包括临床基线资料、多模态 MRI 资料和治疗方案资料,结合人工智能深入挖掘有价值的临床和影像特征。

参考文献:

[1] Louis DN, Perry A, Reifenberger G, et al. The 2016 World Health Organization classification of tumors of the central nervous system: A summary[J]. Acta Neuropathol, 2016, 131(6): 803-820.

- [2] Louis DN, Giannini C, Capper D, et al. cIMPACT-NOW update 2: diagnostic clarifications for diffuse midline glioma, H3 K27M-mutant and diffuse astrocytoma/anaplastic astrocytoma, IDH-mutant [J]. Acta Neuropathol, 2018, 135(4): 639-642.
- [3] Huang TY, Piunti A, Lulla RR, et al. Detection of Histone H3 mutations in cerebrospinal fluid-derived tumor DNA from children with diffuse midline glioma[J]. Acta Neuropathol Commun, 2017, 5(1):28.
- [4] 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.
- [5] Jansen MH, Veldhuijzen VZS, Heymans MW, et al. Commentary on "Histone H3F3A and HIST1H3B K27M mutations define two subgroups of diffuse intrinsic pontine gliomas with different prognosis and phenotypes" [J]. Acta Neuropathol, 2016, 131(5): 793-794.
- [6] Feng J, Hao S, Pan C, et al. The H3.3 K27M mutation results in a poorer prognosis in brainstem gliomas than thalamic gliomas in adults[J]. Hum Pathol, 2015, 46(11): 1626-1632.
- [7] Solomon DA, Wood MD, Tihan T, et al. Diffuse midline gliomas with histone H3-K27M mutation: A series of 47 cases assessing the spectrum of morphologic variation and associated genetic alterations[J].Brain Pathol, 2016, 26(5):569-580.
- [8] Schreck KC, Ranjan S, Skorupan N, et al. Incidence and clinicopathologic features of H3 K27M mutations in adults with radiographically-determined midline gliomas[J]. J Neurooncol, 2019, 143(1):87-93.
- [9] Park C, Kim TM, Bae JM, et al. Clinical and genomic characteristics of adult diffuse midline glioma[J].Cancer Res Treat, 2021, 53 (2):389-398.
- [10] Lulla RR, Saratsis AM, Hashizume R. Mutations in chromatin machinery and pediatric high-grade glioma[J]. Sci Adv, 2016, 2
 (3):e1501354.
- [11] Velazquez VJ,Brat DJ,Ryken TC,et al.The role of neuropathology in the management of newly diagnosed glioblastoma. A systematic review and evidence-based clinical practice guideline[J]. J Neurooncol,2020,150(2):143-164.
- [12] Ochs K, Ott M, Bunse T, et al. K27M-mutant histone-3 as a novel target for glioma immunotherapy [J]. Oncoimmunology, 2017,6(7):e1328340.
- [13] Chheda ZS, Kohanbash G, Okada K, et al. Novel and shared neoantigen derived from histone 3 variant H3.3K27M mutation for glioma T cell therapy[J].J Exp Med, 2018, 215(1):141-157.
- [14] Meel MH, Kaspers G, Hulleman E. Preclinical therapeutic targets in diffuse midline glioma[J].Drug Resist Updat, 2019, 44:15-25.
- [15] Lynes J. Acquaye AA, Sur H, et al. Variations in attitudes towards stereotactic biopsy of adult diffuse midline glioma patients: A survey of members of the AANS/CNS Tumor Section [J].J Neurooncol, 2020, 149(1):161-170.
- [16] Cage TA, Samagh SP, Mueller S, et al. Feasibility, safety, and indications for surgical biopsy of intrinsic brainstem tumors in children[J].Child Nerv Syst, 2013, 29(8):1313-1319.
- [17] Thust S, Micallef C, Okuchi S, et al. Imaging characteristics of H3 K27M histone-mutant diffuse midline glioma in teenagers and adults[J].Quant Imaging Med Surg, 2021, 11(1): 43-56.

- [18] Qiu T, Chanchotisatien A, Qin Z, et al. Imaging characteristics of adult H3 K27M-mutant gliomas[J].J Neurosurg, 2019, 133(6): 1662-1670.
- [19] Meyronet D, Esteban-Mader M, Bonnet C, et al. Characteristics of H3 K27M-mutant gliomas in adults[J]. Neuro Oncol, 2017, 19 (8):1127-1134.
- [20] 邓达标,郭珺,梁倩雯,等.弥漫性中线胶质瘤伴 H3K27M 突变的 MRI 表现[J].中华放射学杂志,2019,53(7):545-548.
- [21] 彭靖,单艺,齐志刚,等.弥漫性中线胶质瘤伴 H3 K27M 突变的 MRI 表现[J].放射学实践,2021,36(11):1351-1355.
- [22] 李海南,山常国,范冲竹,等.H3K27M 突变型弥漫性中线胶质瘤 30 例临床病理学特征和预后分析[J].中华病理学杂志,2019,48
 (3):192-198.
- [23] Meredith DM. Advances in diagnostic immunohistochemistry for primary tumors of the central nervous system [J]. Adv Anat Pathol, 2020, 27(3): 206-219.
- [24] Aboian MS. Solomon DA. Felton E. et al. Imaging characteristics of pediatric diffuse midline gliomas with histone H3 K27M mutation[J]. Am J Neuroradiol, 2017, 38(4): 795-800.
- [25] Hohm A, Karremann M, Gielen GH, et al. Magnetic resonance imaging characteristics of molecular subgroups in pediatric H3 K27M mutant diffuse midline glioma [J]. Clin Neuroradiol, 2022,32(1):249-258.
- [26] Kurokawa R,Kurokawa M,Baba A, et al. Dynamic susceptibility contrast-MRI parameters, ADC values, and the T₂-FLAIR mismatch sign are useful to differentiate between H3-mutant and H3-wild-type high-grade midline glioma[J].Eur Radiol, 2022, 32 (6); 3672-3682.
- [27] Han Z, Chen Q, Zhang L, et al. Radiogenomic association between the T₂-FLAIR mismatch sign and IDH mutation status in adult patients with lower-grade gliomas: an updated systematic review and meta-analysis[J].Eur Radiol, 2022, 32(8):5339-5352.
- [28] Banan R, Akbarian A, Samii M, et al. Diffuse midline gliomas, H3 K27M-mutant are associated with less peritumoral edema and contrast enhancement in comparison to glioblastomas, H3 K27M-wildtype of midline structures[J].Plos One, 2021, 16(8): e249647.
- [29] Chauhan RS, Kulanthaivelu K, Kathrani N, et al. Prediction of H3K27M mutation status of diffuse midline gliomas using MRI features[J].J Neuroimaging.2021.31(6):1201-1210.
- [30] Kathrani N, Chauhan RS, Kotwal A, et al. Diffusion and perfusion imaging biomarkers of H3 K27M mutation status in diffuse midline gliomas[J].Neuroradiology,2022,64(8):1519-1528.
- [31] Su X, Liu Y, Wang H, et al. Multimodal MR imaging signatures to identify brain diffuse midline gliomas with H3 K27M mutation[J].Cancer Med, 2022, 11(4):1048-1058.
- [32] Chen H, Hu W, He H, et al. Noninvasive assessment of H3 K27M mutational status in diffuse midline gliomas by using apparent diffusion coefficient measurements [J]. Eur J Radiol, 2019,114:152-159.
- [33] Aboian MS, Tong E, Solomon DA, et al. Diffusion characteristics of pediatric diffuse midline gliomas with histone H3-K27M mutation using apparent diffusion coefficient histogram analysis[J]. Am J Neuroradiol.2019,40(11):1804-1810.
- [34] Piccardo A, Tortora D, Mascelli S, et al. Advanced MR imaging

and ¹⁸F-DOPA PET characteristics of H3K27M-mutant and wild-type pediatric diffuse midline gliomas[J].Eur J Nucl Med Mol Imaging,2019,46(8):1685-1694.

- [35] Lambin P, Rios-Velazquez E, Leijenaar R, et al. Radiomics: extracting more information from medical images using advanced feature analysis[J].Eur J Cancer, 2012, 48(4): 441-446.
- [36] Wu C, Zheng H, Li J, et al. MRI-based radiomics signature and clinical factor for predicting H3K27M mutation in pediatric high-grade gliomas located in the midline of the brain[J]. Eur Radiol.2022.32(3):1813-1822.
- [37] Kandemirli SG, Kocak B, Naganawa S, et al. Machine learning-

based multiparametric magnetic resonance imaging radiomics for prediction of H3K27M mutation in midline gliomas[J]. World Neurosurg,2021,151:e78-e85.

- [38] Su X, Chen N, Sun H, et al. Automated machine learning based on radiomics features predicts H3 K27M mutation in midline gliomas of the brain[J].Neuro Oncol, 2020, 22(3): 393-401.
- [39] Li Q, Dong F, Jiang B, et al. Exploring MRI characteristics of brain diffuse midline gliomas with the H3 K27M mutation using radiomics[J].Front Oncol, 2021, 11:646267.

(收稿日期:2022-08-04 修回日期:2022-09-03)

《放射学实践》杂志微信公众平台开通啦!

遵照同行评议、价值导向、等效应用原则,国内各大学会、协会、组织机构通过科技工作者推荐、专家评议、结果公示等规定程序,《放射学实践》杂志入选中国科协发布 10 大领域《我国高质量科技期刊分级目录》业内认可的较高水平期刊。《放射学实践》杂志入选 2020 年版北京大学和北京高校图书馆期刊工作研究会共同主持的国家社会科学基金项目"学术期刊评价及文献计量学研究"研究成果——《中国核心期刊要目总览》。

《放射学实践》杂志微信公众平台立足于准确地传递医学影像领域的最新信息,致力 于为关注医学影像领域的广大人士服务。欢迎大家通过微信平台,以文字、图片、音频和 视频等形式与我们互动,分享交流最新的医学影像资讯。您还可以通过微信平台免费阅 读及搜索本刊所有发表过的论文,投稿作者可以查询稿件状态等。

您可以通过以下方式关注《放射学实践》杂志微信公众平台:

1. 打开微信,通过"添加朋友",在搜索栏里直接输入"放射学实践"进行搜索。

 在"查找微信公众号"栏里输入"放射学实践"即可找到微信公众号,点击"关注", 添加到通讯录。

3. 打开微信,点击"扫一扫",手机镜头对准下面的二维码,扫出后点击关注即可。



关注有惊喜!