

❖ 头颈部影像学

Texture analysis based on MR contrast-enhanced T1WI for distinguishing lacrimal lymphoma and lacrimal inflammatory pseudotumor

WANG Youhong¹, LIU Yong², HAN Tingting², HAN Lei^{2*}

(1. Department of Medical Imaging, Huaian First People's Hospital, Huaian 223300, China;

2. Department of Medical Imaging, Huaian Second People's Hospital, Huaian 223001, China)

[Abstract] **Objective** To investigate the value of texture analysis based on MR contrast-enhanced T1WI (CE-T1WI) for differentiating lacrimal lymphoma and lacrimal inflammatory pseudotumor. **Methods** Orbital MRI data of 21 patients with lacrimal lymphoma (lymphoma group) and 25 patients with lacrimal inflammatory pseudotumor (inflammatory pseudotumor group) confirmed by pathology were retrospectively analyzed. Totally 279 feature parameters of lesions, including histogram, gray-level co-occurrence matrix, gray-level run length matrix, absolute gradient, autoregressive mode and wavelet transform were extracted based on CE-T1WI. Then the optimum texture features were screened by using comparison between groups, intra-class correlation coefficient (ICC) and least absolute shrinkage and selection operator (LASSO) regression. And support vector machine (SVM) classification models with kernel function of linear kernel (LK), polynomial kernel (PK) and radial basis function kernel (RBFK) were established, respectively, to screen the optimal kernel function, which was used to establish a combined model based on MRI manifestations being significant different between groups and the optimum texture features. Finally, receiver operating characteristic (ROC) curves were drawn to evaluate the efficacies of models for differential diagnosis of lacrimal lymphoma and lacrimal inflammatory pseudotumor. **Results** Compared those in inflammatory pseudotumor group, lesions in lymphoma group had clearer boundary and more uniform enhancement (both $P < 0.01$), while no significant difference of other MRI features was found between groups (all $P > 0.05$). Totally 201 texture features were statistical different between groups, among which 10 optimum texture features could be used to establish SVM classification models. PK showed the optimal kernel function, and the corresponding SVM classification model had the best performance for differentiating lacrimal lymphomas and lacrimal inflammatory pseudotumor, with the sensitivity, specificity, accuracy of 90.47%, 88.00%, and 89.13%, respectively, and the area under the curve (AUC) of 0.93. The sensitivity, specificity, accuracy of combined model was 95.23%, 92.00% and 93.47%, respectively, and AUC was 0.96. There was no significant difference in AUC between the combined model and the best SVM classification model ($P = 0.33$). **Conclusion** Texture analysis based on MR CE-T1WI could effectively distinguish lacrimal lymphoma and lacrimal inflammatory pseudotumor.

[Keywords] lacrimal gland; lymphoma; inflammatory pseudotumor; magnetic resonance imaging; texture analysis

DOI:10.13929/j.issn.1003-3289.2022.06.011

[第一作者] 王友红(1971—),女,江苏淮安人,硕士,主治医师。研究方向:头颈部影像诊断。E-mail: wangyouhong0924@163.com

[通信作者] 韩雷,淮安市第二人民医院影像科,223001。E-mail: sqm8993@163.com

[收稿日期] 2021-11-01 [修回日期] 2022-03-08

基于 MR 对比增强 T1WI 纹理分析鉴别 泪腺淋巴瘤与泪腺炎性假瘤

王友红¹, 柳 勇², 韩婷婷², 韩 雷^{2*}

(1. 淮安市第一人民医院影像科, 江苏 淮安 223300; 2. 淮安市第二人民医院影像科, 江苏 淮安 223001)

[摘要] **目的** 观察基于 MR 对比增强 T1WI(CE-T1WI)纹理分析鉴别诊断泪腺淋巴瘤与泪腺炎性假瘤的价值。**方法** 回顾性分析经病理证实的 21 例泪腺淋巴瘤(淋巴瘤组)和 25 例泪腺炎性假瘤(炎性假瘤组)的眼眶 MRI 表现, 基于 CE-T1WI 提取病灶直方图、灰度共生矩阵、灰度游程矩阵、绝对梯度、自回归模型和小波变换 6 种共 279 个纹理特征参数, 采用组间比较、组内相关系数(ICC)及最小绝对收缩和选择算子(LASSO)回归筛选最佳纹理特征, 建立核函数分别为线性核(LK)、多项式核(PK)和径向基函数核(RBFC)的支持向量机(SVM)分类模型, 筛选最优核函数。针对最佳纹理特征及组间差异有统计学意义的 MRI 表现, 以最优核函数建立联合模型; 并以受试者工作特征(ROC)曲线评估各模型鉴别诊断泪腺淋巴瘤与泪腺炎性假瘤的效能。**结果** 相比炎性假瘤组, 淋巴瘤组病灶边界更清晰、强化更均匀(P 均 <0.01), 组间其余 MRI 表现差异无统计学意义(P 均 >0.05)。共 201 个纹理特征组间差异有统计学意义, 经筛选 10 个最佳纹理特征用于建立 SVM 分类模型, 其中 PK 为最优核函数, 相应 SVM 分类模型鉴别诊断泪腺淋巴瘤与泪腺炎性假瘤的效能最佳, 其敏感度、特异度、准确率及曲线下面积(AUC)分别为 90.47%、88.00%、89.13%及 0.93, 联合模型分别为 95.23%、92.00%、93.47%及 0.96; 联合模型与最优 SVM 分类模型的 AUC 差异无统计学意义($P=0.33$)。**结论** 基于 MR CE-T1WI 纹理分析可有效鉴别泪腺淋巴瘤与泪腺炎性假瘤。

[关键词] 泪腺; 淋巴瘤; 炎性假瘤; 磁共振成像; 纹理分析

[中图分类号] R777.2; R445.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2022)06-0837-05

眼附属器淋巴瘤约占结外淋巴瘤的 8%, 其中约 1/4 发生于泪腺, 且发病率逐年升高^[1-2]。泪腺炎性假瘤是非特异性炎性病变, 其常规 MRI 表现与淋巴瘤相似^[3-4]而治疗方案大为不同^[3,5]。已有研究^[6-7]将 MR 弥散成像及灌注成像等技术用于鉴别诊断泪腺炎性假瘤与淋巴瘤。纹理分析可定量分析医学图像中的灰阶信息, 获取肉眼无法观察的灰度分布等信息^[8]。本研究观察基于 MR 对比增强 T1WI(contrast-enhanced T1WI, CE-T1WI)纹理分析鉴别泪腺淋巴瘤与泪腺炎性假瘤的价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析淮安市第一人民医院及淮安市第二人民医院 2013 年 1 月—2021 年 8 月经病理确诊的 21 例泪腺淋巴瘤(淋巴瘤组)和 25 例泪腺炎性假瘤(炎性假瘤组)患者。淋巴瘤组男 15 例, 女 6 例, 年龄 14~80 岁, 平均(60.3±12.9)岁; 炎性假瘤组男 14 例, 女 11 例, 年龄 13~77 岁, 平均(51.2±10.7)岁。纳入标准: ①检查前均未接受药物或手术治疗; ② CE-T1WI 资料完整且图像质量良好; ③无其他肿瘤病史。排除肿块体积较小而无法勾画病灶 ROI 者。

1.2 仪器与方法 采用 GE Discovery MR750 3.0T 超导 MR 仪及 Siemens Spectra 3.0T 超导 MR 仪、8

通道头颈联合线圈行眼眶扫描。于常规平扫后以快速自旋回波序列采集轴位 CE-T1WI, 采用高压注射器经肘正中静脉以 2.0 ml/s 流率团注钆喷酸葡胺(Gd-DTPA, 0.1 mmol/kg 体质量)后进行扫描, TR 600 ms, TE 6.8 ms, 层厚 3 mm, 层间距 0.6 mm, FOV 180 mm×180 mm, 矩阵 256×256。

1.3 影像学特征与纹理分析 由 2 名具有 10 年头颈部影像学诊断经验的主治医师分别阅片, 观察病灶影像学特征, 包括是否双侧发病、呈分叶状与否、是否包绕眼球及边界清晰与否, 评估病灶强化程度(轻/中/重)及强化方式(均匀/不均匀); 双侧均存在病灶时, 选取横截面积大者进行分析。以 MaZda ver. 4.6 软件于轴位 CE-T1WI 显示病灶最大层面图像上沿病灶边缘勾画 ROI(图 1), 使之包含整个肿瘤; 将 ROI 信号强度标准化为 $\mu \pm 3\sigma$ (μ 为信号强度平均值, σ 为标准差), 之后提取病灶的直方图、灰度共生矩阵(gray-level co-occurrence matrix, GLCM)、灰度游程矩阵(gray-level run length matrix, GLRLM)、绝对梯度、自回归模型和小波变换共 6 种纹理特征, GLCM 步长为 1~5 个像素, GLCM 及 GLRLM 均包含 4 个方向(0°、45°、90°和 135°), 共获得 279 个参数, 取 2 名医师提取结果的平均值进行分析。

1.4 模型构建及统计学分析

采用 R 语言(4.0.3)分析软件。以中位数(上下四分位数)表示不符合正态分布的计量资料,行秩和检验;对计数资料采用 χ^2 检验进行比较。分别以组内相关系数(intra-class correlation coefficient, ICC)及 Kappa 检验观察观察者间提取纹理特征及评估病灶 MRI 表现的一致性,保留一致性良好(ICC > 0.75)的纹理特征^[9-10]。将组间差异有统计学意义且观察者间一致性良好的纹理特征参数归一化于(0,1)之间,采用最小绝对收缩和选择算子(least absolute shrinkage and selection operator, LASSO)回归进一步分析,以 10 折交叉验证获得 LASSO 回归模型的最优 λ 值,筛选出最佳纹理特征,构建核函数分别为线性核(linear kernel, LK)、多项式核(polynomial kernel, PK)和径向基函数核(radial basis function kernel, RBFK)的支持向量机(support vector machine, SVM)分类模型,筛选出最优核函数,以相应模型为最优 SVM 分类模型。采用最优核函数,基于纹理特征、联合组间差异具有统计学意义 MRI 表现建立联合模型,用于鉴别泪腺淋巴瘤与泪腺炎性假瘤。对 3 种 SVM 分类模型及联合模型进行 10 折交叉验证,采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线评估其诊断效能,计算曲线下面积(area under

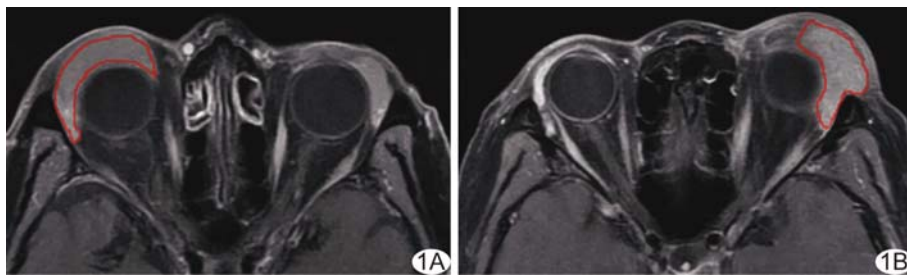


图 1 勾画泪腺淋巴瘤(A)及泪腺炎性假瘤(B)病灶 ROI(红线区域)的示意图

the curve, AUC),以 Z 检验进行比较, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者一般资料及 MRI 表现 淋巴瘤组与炎性假瘤组患者年龄($t=1.11$, $P=0.27$)及性别($\chi^2=1.17$, $P=0.28$)差异均无统计学意义。2 名医师评估病灶 MRI 表现的一致性良好(Kappa 均 > 0.75, P 均 < 0.05)。相比炎性假瘤,淋巴瘤病灶边界更清晰($P < 0.01$)、强化更均匀($P < 0.01$);2 组间其余 MRI 表现差异均无统计学意义(P 均 > 0.05)。见表 1。

2.2 筛选纹理特征 共 201 个纹理特征组间差异具有统计学意义,经 ICC 检验及 LASSO 回归分析筛选出 10 个最佳纹理特征,见表 2 及图 2、3。

2.3 SVM 分类模型及联合模型的效能 SVM 分类模型中,核函数为 PK 的 SVM 模型鉴别泪腺淋巴瘤与泪腺炎性假瘤的效能最佳(AUC 最大,为 0.93),其敏感度、特异度、准确率分别为 90.47%、88.00%及 89.13%,

表 1 淋巴瘤与炎性假瘤 MRI 表现比较(例)

组别	双侧发病	分叶状	包绕眼球	边界清晰	强化程度			强化方式	
					轻	中	重	均匀	不均匀
淋巴瘤组($n=21$)	5	5	14	19	9	7	5	15	6
炎性假瘤组($n=25$)	11	8	15	10	5	7	13	7	18
χ^2 值	2.05	0.38	0.22	12.48		4.38		8.63	
P 值	0.15	0.54	0.64	<0.01		0.11		<0.01	

表 2 淋巴瘤与炎性假瘤的最佳纹理特征比较

组别	WavEnHH_s-2	Pere. 50%	S(2,0)DifVarnc	GrSkewness	Horzl_RLNonUni
淋巴瘤组($n=21$)	0.60(0.38,0.81)	28.21(15.43,44.11)	10.60(6.68,12.48)	3.89(1.87,4.34)	1 065.36(1 056.32,1 082.58)
炎性假瘤组($n=25$)	0.73(0.47,0.88)	37.41(27.03,159.71)	13.45(8.33,16.58)	2.56(1.93,3.48)	1 045.54(1 023.21,1 057.37)
Z 值	-2.08	-3.01	-2.20	3.82	2.31
P 值	0.04	<0.01	0.03	<0.01	0.02
组别	S(3,0)AngScMom	Variance	Vertl_GLvNonU	S(5,5)SumOfSqs	Teta3
淋巴瘤组($n=21$)	0.03(0.01,0.05)	1 157.62(690.11,1 756.77)	50.11(34.55,78.43)	109.31(108.32,123.86)	0.95(0.87,1.11)
炎性假瘤组($n=25$)	0.04(0.02,0.07)	1 340.51(786.87,2 433.31)	61.33(45.84,76.56)	89.31(63.64,111.42)	0.81(0.65,0.93)
Z 值	-2.35	-5.01	-4.75	2.86	8.85
P 值	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

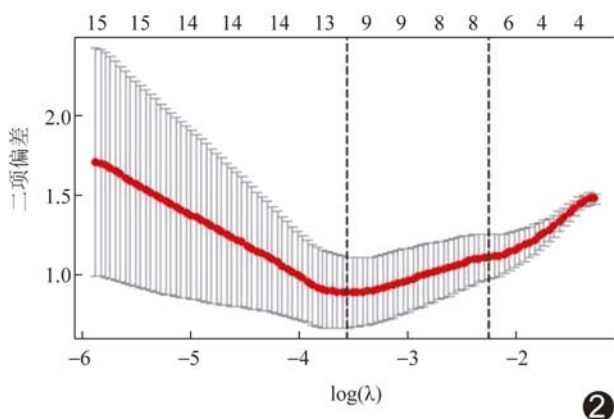


图2 以 LASSO 回归分析及 10 折交叉验证获得的最优 λ 值筛选出的最佳纹理特征数量

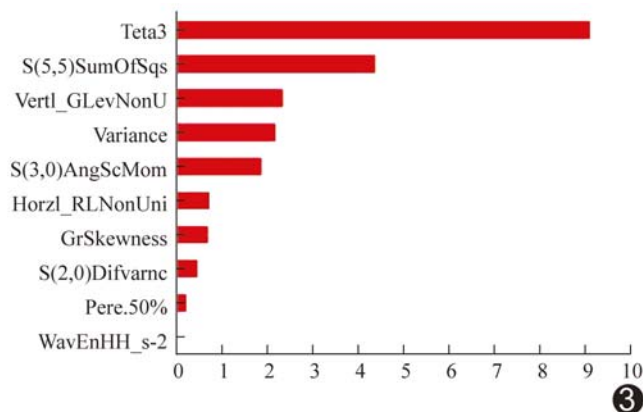


图3 筛选出的 10 个最佳纹理特征及其系数绝对值

见表 3 及图 4A; 联合模型的 AUC 为 0.96, 其敏感度、特异度及准确率分别为 95.23%、92.00% 及 93.47% (图 4B)。联合模型与最优 SVM 分类模型的 AUC 差异无统计学意义 ($Z = 0.98, P = 0.33$)。

3 讨论

纹理分析通过提取医学图像中的灰度信息而反映病灶内部的异质性, 以评估肿瘤良恶性或疾病的严重程度^[11]。增强 MRI 可反映肿块内血供及血管分布, 其纹理特征的分类效能较平扫 MRI 更佳^[12], 且可提高组织对比度, 有利于勾画病灶 ROI。本研究自泪腺淋巴瘤与炎性假瘤病灶提取的 279 个纹理特征中, 201 个纹理特征组间差异具有统计学

表 3 SVM 分类模型鉴别泪腺淋巴瘤与泪腺炎性假瘤的效能

SVM 模型	敏感度 (%)	特异度 (%)	准确率 (%)	AUC(95% CI)
LK	85.71	88.00	86.95	0.90(0.81, 0.97)
PK	90.47	88.00	89.13	0.93(0.83, 0.98)
RBFK	95.23	76.00	84.78	0.87(0.77, 0.95)

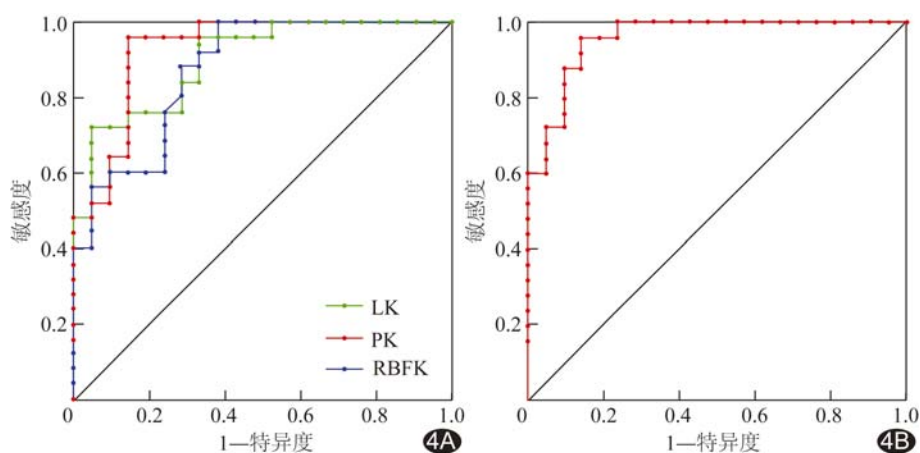


图4 SVM 模型及联合模型鉴别泪腺淋巴瘤与泪腺炎性假瘤的 ROC 曲线 A. 3 种 SVM 分类模型; B. 联合模型

意义, 提示纹理分析可为鉴别诊断二者提供参考依据; 采用 ICC 选取一致性良好的纹理特征进行分析, 以保证建立模型所用数据的稳定性。

SVM 利用医学图像的纹理特征及各种临床数据建立模型并诊断疾病, 现已广泛应用于临床研究^[13-15]。CAI 等^[13]基于胸部 CT 提取病灶影像学特征, 筛选出 6 个影像学特征用于建立 SVM 模型, 以区分表现为纯磨玻璃结节的肺原位腺癌与肺浸润性腺癌, 该模型分类效能良好, 在训练集和测试集中的 AUC 均为 0.95。HUSSAIN 等^[14]基于心电图提取时间、光谱及动态变化等多个特征, 开发多种模型以自动

识别心率变异性降低, 其中以 LK 为内核的 SVM 模型的效能最佳 ($AUC = 0.97$)。本研究基于 CE-T1WI 提取 279 个纹理特征, 筛选出 10 个最佳纹理特征, 以之建立的 3 种 SVM 分类模型均具有良好分类效果; 其中采用 PK 的 SVM 分类模型鉴别泪腺淋巴瘤与泪腺炎性假瘤的效能最佳, AUC 达 0.93。

泪腺淋巴瘤恶性程度低, 少见向周围组织浸润性生长; 影像学上多表现为边界清晰, 且不易引起周围骨质压迫与破坏^[4,6,16]。泪腺炎性假瘤含大量新生毛细血管, 且病灶内组织结构松散, 长期慢性炎症使多种炎性物质经过通透性高的血管壁到达周围组织间隙, 导

致脂肪间隙模糊^[3,6]。本研究结果显示,相比泪腺炎性假瘤,泪腺淋巴瘤边界更为清晰,与上述文献结果一致;且淋巴瘤强化更均匀,推测主要原因在于其病灶主要由弥漫性生长的肿瘤细胞构成,少见囊变、坏死及钙化,对比剂更易均匀分布于其内^[4,16]。以最佳纹理特征联合泪腺淋巴瘤与泪腺炎性假瘤之间差异有统计学意义的 MRI 特征建立联合模型可使鉴别效能进一步提高,其 AUC 达 0.96,敏感度、特异度及准确率分别为 95.23%、92.00% 及 93.47%。

综上所述,基于 CE-T1WI 纹理分析可有效鉴别泪腺淋巴瘤与泪腺炎性假瘤,结合病灶 MRI 特征可提高诊断效能。本研究的局限性:①样本量较少;②仅基于 CE-T1WI 提取病灶纹理特征,而未对其他序列图像进行分析;③仅利用纹理特征建立 SVM 分类模型,有待完善。

[参考文献]

- [1] HSU C R, CHEN Y Y, YAO M, et al. Orbital and ocular adnexal lymphoma: A review of epidemiology and prognostic factors in Taiwan[J]. Eye (Lond), 2021, 35(7):1946-1953.
- [2] MOSLEHI R, DEVESA S S, SCHAIRER C, et al. Rapidly increasing incidence of ocular non-hodgkin lymphoma[J]. J Natl Cancer Inst, 2006, 98(13):936-939.
- [3] 冯莉莉,周红悦.泪腺炎性假瘤的 MRI 特征分析[J].广东医学, 2017, 38(19):2992-2996.
- [4] 郭鹏德,鲜军舫,陈光利,等.眼部淋巴瘤临床表现、病理及 MRI/CT 影像分析[J].中华医学杂志, 2015, 95(11):814-818.
- [5] 朱丽娟,朱豫.眼附属器黏膜相关淋巴瘤组织淋巴瘤的临床分析[J].中华眼外伤职业眼病杂志, 2019, 41(7):481-485.
- [6] 李靖,林毅,王紫仪,等.泪腺 IgG4 相关性病变与易混淆泪腺炎性假瘤及淋巴瘤的磁共振扩散加权成像对比分析[J].临床放射学杂志, 2019, 38(12):2275-2279.
- [7] 聂嘉敏,何茜,邵举薇,等.扩散加权成像结合动态对比增强扫描对鉴别诊断眼眶淋巴瘤和炎性假瘤的价值[J].实用放射学杂志, 2019, 35(11):1739-1742, 1839.
- [8] CASTELLANO G, BONILHA L, LI L M. Texture analysis of medical images[J]. Clin Radiol, 2004, 59(12):1061-1069.
- [9] 李世兰,牟安娜,车思雨,等.不同 b 值条件下心脏体素内不相干运动成像相关参数的一致性[J].中国介入影像与治疗学, 2021, 18(1):42-46.
- [10] 连细华,张颖,朱志兴,等.三种经胸部超声检查技术诊断间质性肺疾病的可重复性及一致性[J].中国医学影像技术, 2020, 36(5):702-706.
- [11] HE X, ZHOU J, YE S, et al. Differences in tumour heterogeneity based on dynamic contrast-enhanced MRI between tumour and peritumoural stroma for predicting Ki-67 status of invasive ductal carcinoma[J]. Clin Radiol, 2021, 76(6):470.e13-470.e22.
- [12] 吕燕,叶靖,凌俊.纹理分析评估肺磨玻璃结节样腺癌的浸润性:基于 CT 平扫与增强图像的对照研究[J].放射学实践, 2021, 36(12):1503-1508.
- [13] CAI J, LIU H, YUAN H, et al. A radiomics study to predict invasive pulmonary adenocarcinoma appearing as pure ground-glass nodules[J]. Clin Radiol, 2021, 76(2):143-151.
- [14] HUSSAIN L, AWAN I A, AZIZ W, et al. Detecting congestive heart failure by extracting multimodal features and employing machine learning techniques [J]. Biomed Res Int, 2020, 2020:4281243.
- [15] MAHATO S, GOYAL N, RAM D, et al. Detection of depression and scaling of severity using six channel EEG data[J]. J Med Syst, 2020, 44(7):118.
- [16] LECLER A, DUTON L, ZMUDA M, et al. Intravoxel incoherent motion (IVIM) 3T MRI for orbital lesion characterization[J]. Eur Radiol, 2021, 31(1):14-23.