

论 著

DKI结合DCE-MRI对腮腺肿瘤的鉴别诊断价值及与病理诊断的一致性

王梦莹* 王嘉麟 卫孟佳

张博文 吉小曦

秦皇岛市海港医院放射科

(河北 秦皇岛 066000)

【摘要】目的 探讨扩散峰度成像(DKI)结合动态对比增强磁共振成像(DCE-MRI)鉴别诊断腮腺肿瘤的价值及与病理诊断的一致性。**方法** 选取2021年6月至2024年7月在我院治疗的腮腺肿瘤患者70例,给予DKI、DCE-MRI检查,分析DKI、DCE-MRI及结合诊断腮腺肿瘤良恶性病变与病理诊断的一致性,探讨其临床应用价值。**结果** 70例患者,病理结果确诊恶性病变20例,良性病变50例。DKI、DCE-MRI及两者结合诊断腮腺肿瘤与病理诊断一致性Kappa值分别为0.621、0.690和0.722, $P<0.05$ 。DKI结合DCE-MRI诊断腮腺肿瘤恶性病变的敏感性、阴性预测值分别为100.00%和100.00%,高于DKI、DCE-MRI单独检查,但差异比较无统计学意义($P>0.05$)。腮腺肿瘤恶性病变平均扩散系数(MD)为 $(1.02 \pm 0.30) \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$,明显低于良性病变($P<0.05$),而平均峰度系数(MK)为 (1.18 ± 0.34) ,明显高于良性病变($P<0.05$)。腮腺肿瘤良恶性病变时间信号强度(TIC)曲线类型比较差异有统计学意义($P<0.05$),恶性病变TIC曲线C型比例较高,达到70.00%;腮腺肿瘤恶性病变血管外细胞外间隙容积比(V_e)为 (0.20 ± 0.08) ,低于腮腺肿瘤良性病变($P<0.05$)。**结论** DKI结合DCE-MRI鉴别诊断腮腺肿瘤有一定价值,与病理诊断一致性较好;DKI、DCE-MRI可为鉴别诊断腮腺肿瘤提供客观参数。

【关键词】 扩散峰度成像;
动态对比增强磁共振成像;
腮腺肿瘤; 鉴别诊断

【中图分类号】R445.2

【文献标识码】A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.02.020

The Differential Diagnostic Value of DKI Combined with DCE-MRI for Parotid Gland Tumors and Its Consistency with Pathological Diagnosis

WANG Meng-ying*, WANG Jia-lin, WEI Meng-jia, ZHANG Bo-wen, Ji Xiao-xi.

Department of Radiology, Qinhuangdao Seaport Hospital, Qinhuangdao 066000, Hebei Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the value of diffusion-kurtosis imaging (DKI) combined with dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging (DCE-MRI) in the differential diagnosis of parotid gland tumors and its consistency with pathological diagnosis. **Methods** 70 patients with parotid gland tumors treated in our hospital from June 2021 to July 2024 were selected, DKI and DCE-MRI examinations were performed to analyze the value of DKI, DCE-MRI, and their combined diagnosis of benign and malignant lesions in parotid gland tumors. **Results** In 70 patients, pathological results confirmed 20 cases of malignant lesions and 50 cases of benign lesions. The Kappa values for the consistency between DK, DCE-MRI, and their combined diagnosis of parotid gland tumors and pathological diagnosis were 0.621, 0.690, and 0.722, respectively, with $P<0.05$. The sensitivity and negative predictive value of DK combined with DCE-MRI in diagnosing malignant lesions of parotid gland tumors were 100.00% and 100.00%, respectively, which were higher than DK and DCE-MRI examinations, but the difference was not statistically significant ($P>0.05$). The mean diffusion coefficient (MD) of malignant lesions in parotid gland tumors is $(1.02 \pm 0.30) \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$, which was significantly lower than that of benign lesions ($P<0.05$), while the mean kurtosis coefficient (MK) was (1.18 ± 0.34) , which was significantly higher than that of benign lesions ($P<0.05$). There was a statistically significant difference in the type of time signal intensity (TIC) curve between benign and malignant lesions of parotid gland tumors ($P<0.05$), and the proportion of TIC curve type C in malignant lesions was higher, reaching 70.00%. The extracellular space volume ratio (V_e) of malignant lesions of parotid gland tumors was (0.20 ± 0.08) , which was lower than that of benign lesions of parotid gland tumors ($P<0.05$). **Conclusion** DKI combined with DCE-MRI has certain value in the differential diagnosis of parotid gland tumors and is consistent with pathological diagnosis. DKI and DCE-MRI can provide objective parameters for differential diagnosis of parotid gland tumors.

Keywords: Diffusion Kurtosis Imaging; Dynamic Contrast-enhanced Magnetic Resonance Imaging; Parotid Gland Tumor; Differential Diagnosis

腮腺肿瘤的发病机制较为复杂,早期症状不够显著,给诊断带来一定难度^[1-2]。穿刺活检是诊断腮腺肿瘤及鉴别良恶性的传统方法和金标准,但其属于有创检查,且有引发肿瘤散播及术后复发的风险^[3]。在此背景下,影像学检查尤其是磁共振成像(MRI)技术在腮腺肿瘤诊断中占据愈发重要的地位^[4]。常规MRI虽能清晰展示肿瘤位置及其与周围结构的解剖关系,但鉴于良恶性腮腺肿瘤在形态学上缺乏特异性表现,该方法的诊断能力受限^[5]。近年来,扩散峰度成像(DKI)作为一种新兴技术,通过量化水分子在生物组织中的非高斯扩散特性,为肿瘤微观结构评估提供新的思路。DKI在中枢神经系统疾病的应用效果已被临床证实,但在腮腺肿瘤的鉴别中的应用还较少^[6-7]。动态对比增强MRI(DCE-MRI)是一种成熟的MRI技术,能通过绘制信号强度时间曲线(TIC)及计算血流动力学参数(K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e)等指标可以反映血管通透性及血流灌注情况,从而为临床鉴别腮腺肿瘤良恶性提供半定量及定量分析数据^[8-9]。本研究旨在分析DKI与DCE-MRI联合分析腮腺肿瘤良恶性的效果,以期临床诊疗提供依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2021年6月至2024年7月在我院治疗的腮腺肿瘤患者70例,其中男性45例,女性25例;年龄32~72岁,平均年龄 (57.80 ± 9.40) 岁;病变部位:左侧29例,右侧41例。

纳入标准: 均经术后病理明确肿瘤良恶性;肿瘤横截面短径 $>10\text{mm}$;未合并头颈部其他疾病;均接受DKI、DCE-MRI检查;患者及家属知情同意。排除标准:影像图像质量欠佳;影像检查前有放疗、化疗、穿刺活检等肿瘤治疗史。

1.2 DKI检查 检查所用仪器为Philips Achieva 1.5T Initial System超导型MRI仪,配备16通道相控阵头颈联合线圈。依次实施MRI平扫、DKI及DCE-MRI扫描。MRI平扫:行轴位T1WI、T2WI及冠状T2WI序列扫描。DKI采用单次激发平面回波成像序列,参数:TR 3832ms、TE 81ms,FOV 200mm $\times$ 200mm $\times$ 105mm,层厚4mm,层间隔0.4mm,共24层,激励次数3次。DKI图像以DICOM格式导入IMAGENINE MRI Diffusion/Perfusion Toolbox Beta V2.2软件进行后处理,避开囊变、坏死及血管区域勾画ROI,确保ROI覆盖肿瘤的实性部分,软件自动生成平均扩散率(MD)和峰度(MK)图。每个ROI

【第一作者】王梦莹,女,主治医师,主要研究方向:放射治疗。E-mail: mengying6799@163.com

【通讯作者】王梦莹

测量三次后取平均值，以获取该病灶的MD和MK定量值。某恶性病变患者DKI图像，见图1。

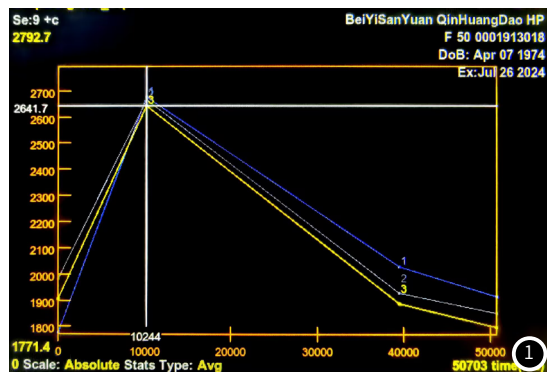


图1 某恶性病变患者DKI图像。

1.3 DCE-MRI检查 采用THRIVE序列进行DCE-MRI扫描，参数：TR 16ms，TE 3.4ms，FOV 240mm×180mm×66mm，层厚6mm，层间距3mm，共22层，1次激励，采集65个期相，每期相扫描时长6.2s，总扫描时间6min43s。以2.5mL/s速率注射剂量为0.1mmol/kg的对比剂(Gd-DTPA)，先行3个期相的空扫，然后在第4期相开始时手动触发对比剂注射，注射完毕后以20mL生理盐水冲洗。将DCE-MRI数据导入均值曲线应用软件，选择与DKI相同的实性强化区域手动勾画ROI，记录并分析时间-信号强度曲线(TIC)类型，包括A型(持续型)、B型(廓清型)、C型(平台型)和D型(平坦型)。A、B、D型曲线常见于腮腺良性肿瘤。而C型曲线则多见于腮腺恶性肿瘤^[10]。在Siemens syngo MRD13图像后处理工作站上，利用tissue 4D软件进行DCE-MRI定量参数分析。通过Tofts两室血流动力学模型计算转运常数(K^{trans})、回流常数(K_{ep})及血管外细胞外间隙容积比(V_e)，每个参数取3个ROI的平均值作为最终测量结果。某恶性病变患者DCE-DWI图像，见图2。

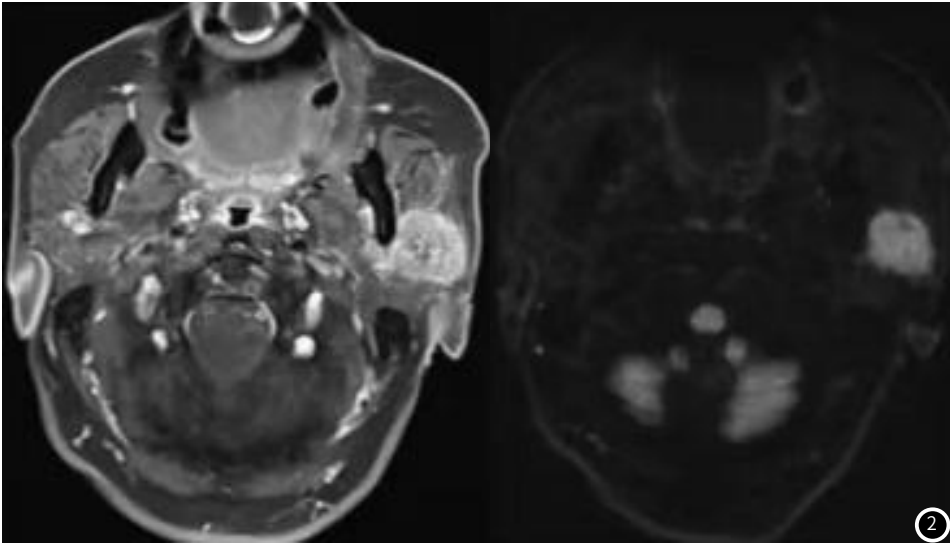


图2 某恶性病变患者DCE-DWI图像。

1.4 病理检查 通过穿刺活检或手术采集肿瘤组织，进行常规固定、脱水、包埋及HE染色等操作。于显微镜下观察细胞形态学特征、排列方式、核分裂活性、核异型程度、肿瘤边界以及是否存在坏死、出血等病理改变。判定标准如下，良性肿瘤：细胞形态均一，排列有序，核分裂象少，且肿瘤边界清晰可辨。恶性肿瘤：细胞异型性，核分裂象较多，细胞排列杂乱无章，边界模糊不清^[11]。

1.5 统计学处理 数据分析采用SPSS 22.0软件，计量资料以($\bar{x} \pm s$)形式表示，t检验分析组间差异；计数资料以n(%)表示，

χ^2 检验分析组间差异；一致性采用Kappa检验分析；检验水准： $P=0.05$ 。

2 结 果

2.1 病理结果 70例患者，病理结果确诊恶性病变20例，其中淋巴瘤9例，黏液表皮样癌7例，涎腺导管癌3例，鳞状细胞癌1例；良性病变50例，其中多形性腺瘤29例，Warthin瘤17例，基底细胞腺瘤4例。良恶性病变患者性别、年龄等一般资料比较差异无统计学意义($P>0.05$)，见表1。

表1 良恶性病变患者一般资料比较

组别	例数	性别		平均年龄(岁)	体质量指数(kg/m ²)		病变部位
		男	女		左侧	右侧	
良性病变	50	30(60.00)	20(40.00)	57.18±8.90	22.11±2.10	20(40.00)	30(60.00)
恶性病变	20	15(75.00)	5(25.00)	58.20±9.33	22.09±2.22	9(45.00)	11(55.00)
t/ χ^2		1.400		-0.427		0.035	0.147
P		0.237		0.671		0.972	0.701

2.2 DKI、DCE-MRI及结合诊断与病理诊断一致性 DKI、DCE-MRI及两者结合诊断腮腺肿瘤与病理诊断一致性Kappa值分别为0.621、0.690和0.722， $P<0.05$ ，见表2。

2.3 DKI、DCE-MRI及结合诊断腮腺肿瘤恶性病变价值比较 DKI结合DCE-MRI诊断腮腺肿瘤恶性病变的灵敏性、阴性预测值高于DKI、DCE-MRI检查，但差异比较无统计学意义($P>0.05$)；DKI、DCE-MRI及结合诊断腮腺肿瘤恶性病变的特异性、准确率和阳性预测值比较差异无统计学意义($P>0.05$)。见表3。

2.4 腮腺肿瘤良恶性病变DK定量参数比较 腮腺肿瘤恶性病变MD明显低于良性病变($P<0.05$)，而MK明显高于良性病变($P<0.05$)。见表4。

2.5 腮腺肿瘤良恶性病变DCE-MRI参数比较 腮腺肿瘤恶性病变TIC曲线类型比较差异有统计学意义($P<0.05$)，恶性病变TIC曲线C型比例较高，达到70.00%；腮腺肿瘤恶性病变 V_e 低于腮腺肿瘤良性病变($P<0.05$)。见表5。

表2 DKI、DCE-MRI及结合诊断与病理诊断一致性

病理结果	DKI		DCE-MRI		DKI结合DCE-MRI	
	恶性	良性	恶性	良性	恶性	良性
恶性	15	5	16	4	20	0
良性	6	44	5	45	9	41
Kappa	0.621		0.690		0.722	
P	0.000		0.000		0.000	

表4 腮腺肿瘤良恶性病变DK定量参数比较

组别	例数	MD($\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$)	MK
恶性病变	20	1.02 $\pm$ 0.30	1.18 $\pm$ 0.34
良性病变	50	1.58 $\pm$ 0.29	0.64 $\pm$ 0.20
t		-7.228	8.255
P		0.000	0.000

表3 DKI、DCE-MRI及结合诊断腮腺肿瘤恶性病变价值比较

方法	灵敏性	特异性	准确率	阳性预测值	阴性预测值
DKI	75.00(15/20)	88.00(44/50)	84.29(59/70)	71.43(15/21)	89.80(44/49)
DCE-MRI	80.00(16/20)	90.00(45/50)	87.14(61/70)	76.19(16/21)	91.84(45/49)
DK结合DCE-MRI	100.00(20/20)	82.00(41/50)	87.14(61/70)	68.97(20/29)	100.00(41/41)
χ^2	6.115	1.500	0.32	0.051	4.608
P	0.062	0.472	0.852	0.975	0.095

表5 腮腺肿瘤良恶性病变DCE-MRI参数比较

组别	例数	TIC曲线		
		A型	B型	C型
恶性病变	20	2(10.00)	4(20.00)	14(70.00)
良性病变	50	30(60.00)	12(24.00)	8(16.00)
χ^2		14.133		
P		0.001		

续表5

组别	例数	$K^{\text{trans}}(\text{min}^{-1})$	$K_{\text{ep}}(\text{min}^{-1})$	V_e
恶性病变	20	0.32 $\pm$ 0.09	1.33 $\pm$ 0.21	0.20 $\pm$ 0.08
良性病变	50	0.31 $\pm$ 0.08	1.25 $\pm$ 0.30	0.34 $\pm$ 0.10
t		0.456	1.088	-5.580
P		0.650	0.280	0.000

3 讨 论

MRI是诊断腮腺肿瘤的常用方法，但是不同腮腺肿瘤在常规MRI征象上存在重叠性，给腮腺肿瘤的诊断，特别是良恶性鉴别带来一定困难。近年来，DCE-MRI、DKI等功能性MRI检查方法逐渐被应用于临床^[12]。本研究旨在探究探讨DKI结合DCE-MRI鉴别诊断腮腺肿瘤的价值。

本研究结果显示：DKI、DCE-MRI及两者结合诊断腮腺肿瘤与病理诊断一致性Kappa值分别为0.621、0.690和0.722， $P<0.05$ 。

该结果提示DKI、DCE-MRI在腮腺肿瘤的诊断中与病理诊断表现出较高的诊断一致性，且联合诊断的价值更高。DKI技术弥补了传统MRI只能反映组织解剖和病理解剖信息的局限，能反映其功能变化^[13]。DCE-MRI通过注入对比剂能够反映肿瘤的血供特点和血管生成状态。当DKI与DCE-MRI联合使用时可发挥互补作用：DKI提供肿瘤内部微观结构的信息；DCE-MRI着重于反映肿瘤的血供特点和血管生成状态^[14]。两者联合显著提高了诊断一致性。DKI结

合DCE-MRI诊断腮腺肿瘤恶性病变的灵敏性、阴性预测值分别为100.00%和100.00%，高于DKI、DCE-MRI检查，这主要得益于两种成像技术的互补性。但是组间差异比较无统计学意义($P>0.05$)，分析该结果与研究样本量相对较小有关。此外，成像技术的诊断性能还可能受到患者个体差异等因素的影响^[15]。

MD和MK是DKI中的两个重要的定量指标。MD值反映水分子在多个方向上的平均扩散能力，而MK值可反映所有梯度方向上扩散分布的峰度^[16]。研究称^[17]，MK值与肿瘤细胞的密度、新生血管等组织结构特性紧密相关；而MD值则主要反映水分子在组织中的扩散自由度。本研究聚焦于腮腺肿瘤，发现恶性病变的MD值显著低于良性病变($P<0.05$)，这主要是因为恶性肿瘤内部细胞密度增加、组织结构紧密，水分子受限显著。MD降低是恶性肿瘤的典型特征，与恶性细胞增殖活性增强、核浆比增大及细胞外间隙减少密切相关^[18]。同时，恶性病变的MK值显著高于良性病变($P<0.05$)，表明水分子在恶性肿瘤内部扩散时遇到的障碍更多，扩散路径复杂且不规则。这通常与恶性肿瘤内部微观结构的异质性、细胞形态的不规则性以及细胞外基质的变化有关。因此，DKI的MD和MK定量指标在腮腺肿瘤良恶性鉴别中具有一定的价值。

DCE-MRI获取的TIC曲线能够提供一些反映组织血流动力学的半定量指标。本研究对比了腮腺肿瘤良恶性病变间相关指标，发现恶性病变中C型TIC曲线的比例显著高于良性病变。C型TIC曲线的特征是信号强度在早期显著增加，进入平台期后缓慢降低，这种特征与恶性肿瘤的血管生成速度快、血管数量多及血流灌注量大有关。恶性肿瘤内部的新生血管生成时结构及功能异常，使得血流灌注不均匀，使得造影剂易在此处聚集，这使得早期信号强度增加^[19]。随着间质压力的增加及血管渗漏，造影剂扩散受阻，信号强度稳定后逐渐降低，最终形成了C型TIC曲线。与先前的研究相比，本研究不仅证实了TIC曲线类型在腮腺肿瘤鉴别诊断中的有效性，还精确统计了不同病变性质中曲线类型的具体比例，具有一定的实用价值。

本研究表明，腮腺肿瘤的恶性病变 V_e 值显著低于良性病变($P<0.05$)， V_e 数值代表单位体积组织内血管外细胞外间隙(EES)的大小，是鉴别肿瘤良恶性的有效指标。 V_e 值增大说明EES容积增加，与肿瘤坏死加重或细胞分化降低相关。本研究中，恶性腮腺肿瘤中 V_e 值偏低，原因在于恶性肿瘤快速增殖压缩EES空间，且其血管生成异常，新生血管结构混乱、功能不足，导致血液灌注减少和造影剂在EES中分布受限。因此， V_e 值的显著降低是腮腺恶性肿瘤的一个特征。

目前国内研究中已有较多学者将DCE-MRI半定量分析应用到腮腺肿瘤的诊断及鉴别诊断，但尚未有DKI及DCE-MRI定量分析技术联合应用到腮腺肿瘤检查的报告^[20]。本研究创新性地结合了DKI与DCE-MRI定量分析技术，通过分析MK、MD值及TIC曲线、 K^{trans} 、 K_{ep} 、 V_e 等参数在良恶性腮腺肿瘤中的差异，探讨其在腮腺肿瘤诊断与鉴别诊断中的效果。然而，本研究样本量较少，尤其是恶性肿瘤病例较少，且没有对腮腺肿瘤类型进行划分，研究结果可能存在偏倚。未来将进一步扩大样本量，对肿瘤类型进行划分，以期完善本研究结论。

综上所述，DKI结合DCE-MRI鉴别诊断腮腺肿瘤有一定价值，与病理诊断一致性较好；DKI、DCE-MRI可为鉴别诊断腮腺肿瘤提供客观参数。

参考文献

- [1] Kim SY, Borner U, Lee JH, et al. Magnetic resonance imaging of parotid gland tumors: a pictorial essay[J]. BMC Med Imaging, 2022, 22(1): 191-193.
- [2] Sunnetci KM, Kaba E, Celiker FB, et al. Deep network-based comprehensive parotid gland tumor detection[J]. Acad Radiol, 2024, 31(1): 157-167.
- [3] Gökçe E. Multiparametric magnetic resonance imaging for the diagnosis and differential diagnosis of parotid gland tumors[J]. J Magn Reson Imaging, 2020, 52(1): 11-32.
- [4] Juan CJ, Huang TY, Liu YJ, et al. Improving diagnosing performance for malignant parotid gland tumors using machine learning with multifeatures based on diffusion-weighted magnetic resonance imaging[J]. NMR Biomed, 2022, 35(3): e4642.
- [5] Qi J, Gao A, Ma X, et al. Differentiation of benign from malignant parotid gland tumors using conventional MRI based on radiomics nomogram[J]. Front Oncol, 2022, 12(8): e937050.
- [6] Li Y, Kim MM, Wahl DR, et al. Survival prediction analysis in glioblastoma with diffusion kurtosis imaging[J]. Front Oncol, 2021, 11(7): e690036.
- [7] Chen Y, Huang N, Zheng Y, et al. Characterization of parotid gland tumors: Whole-tumor histogram analysis of diffusion weighted imaging, diffusion kurtosis imaging, and intravoxel incoherent motion - a pilot study[J]. Eur J Radiol, 2024, 170(4): e111199.
- [8] Stoia S, Lenghel M, Dinu C, et al. The value of multiparametric magnetic resonance imaging in the preoperative differential diagnosis of parotid gland tumors[J]. Cancers (Basel), 2023, 15(4): 1325-1326.
- [9] Deng D, Dong H. Advantages of contrast-enhanced CT combined with DCE-MRI in identifying malignant parotid tumor[J]. Am J Transl Res, 2022, 14(12): 9047-9056.
- [10] 文宝红, 程敬亮, 张勇. 定量动态对比增强磁共振成像鉴别诊断腮腺肿瘤的价值[J]. 临床放射学杂志, 2023, 42(7): 1081-1086.
- [11] 杨英来, 赵建广, 陈赫, 等. 细针穿刺细胞块技术联合免疫组化在腮腺肿瘤诊断中的应用[J]. 现代口腔医学杂志, 2022, 36(1): 23-26.
- [12] 吴梦苇, 魏培英, 邵畅, 等. MRI多参数联合对腮腺腺淋巴瘤与多形性腺瘤的鉴别诊断价值[J]. 中国临床医学影像杂志, 2022, 33(3): 162-165.
- [13] 孙爽, 尹映丽. 多模态磁共振成像技术对腮腺Warthin瘤与多形性腺瘤的鉴别价值[J]. 江苏大学学报(医学版), 2022, 32(2): 167-171.
- [14] 李学兵, 王交运, 王晋, 等. MRI多参数成像在腮腺良性肿瘤鉴别诊断中的价值[J]. 实用放射学杂志, 2023, 39(12): 1931-1935.
- [15] 李星锐, 赖宇林, 文海洋, 等. 多模态MRI影像特征与腮腺肿瘤良恶性判定的关系及病理结果对比[J]. 中国临床医学影像杂志, 2021, 32(11): 777-780.
- [16] 朱凌, 王灿, 杨功鑫, 等. 腮腺肿瘤性病变的影像学诊断思路及功能MRI价值评估[J]. 中华放射学杂志, 2022, 56(5): 587-590.
- [17] Gunduz E, Alçin OF, Kizilay A, et al. Deep learning model developed by multiparametric MRI in differential diagnosis of parotid gland tumors[J]. Eur Arch Otorhinolaryngol, 2022, 279(11): 5389-5399.
- [18] Huang N, Chen Y, She D, et al. Diffusion kurtosis imaging and dynamic contrast-enhanced MRI for the differentiation of parotid gland tumors[J]. Eur Radiol, 2022, 32(4): 2748-2759.
- [19] Xu Z, Chen M, Zheng S, et al. Differential diagnosis of parotid gland tumours: Application of SWI combined with DWI and DCE-MRI[J]. Eur J Radiol, 2022, 146(3): e110094.
- [20] Yabuuchi H, Kamitani T, Sagiya K, et al. Characterization of parotid gland tumors: added value of permeability MR imaging to DWI and DCE-MRI[J]. Eur Radiol, 2020, 30(12): 6402-6412.

(收稿日期: 2024-08-13)

(校对编辑: 姚丽娜)