

论 著

左心房心外膜脂肪组织体积及CT衰减在房颤射频消融术后复发的预测价值*

杨新梅 景梦园 张宏瑜
郭 钰 史佳丽 刘建莉*

兰州大学第二医院放射科、甘肃省医学影像重点实验室、兰州大学第二临床医学院、医学影像人工智能甘肃省国际科技合作基地(甘肃兰州 730030)

【摘要】目的 探究左心房(LA)心外膜脂肪组织体积(EATV)及CT衰减与心房颤动(AF)射频消融术后复发的关系。**方法** 随访AF术前接受左房肺静脉CT血管造影(LAPV-CTA)的患者,随访终点是AF复发,随访时间是1年,最终纳入110例患者(复发36例,未复发74例)。通过Siemens Synogo.Via测量总EATV、EAT CT衰减、LA-EATV及LA-EAT CT衰减,比较两组间的差异。**结果** 36例(32.7%)出现复发,与AF未复发组相比,AF复发组持续性AF比例(13%)更高,合并冠心病比例更低(28%), T-EATV [(141.08±46.28) cm³ VS (96.44±34.93) cm³, P<0.05]与LA-EATV [(16.50±6.23) cm³ VS (9.82±4.52) cm³, P<0.05]更大, AF复发组LA-EAT CT衰减 [(−74.58±3.86) HU VS (−79.48±7.27) HU, P<0.05]更高。**结论** LA-EATV、LA-EAT CT衰减是AF射频消融术后复发的独立预测因子, LA-EATV与LA-EAT CT衰减的联合模型预测AF复发的效能最高。

【关键词】 心房颤动; 心外膜脂肪组织; 射频消融术; 体层摄影术, X线计算机

【中图分类号】 R541.7+5

【文献标识码】 A

【基金项目】 甘肃省卫生行业科研计划优秀青年人才和骨干人才项目(GSWSQN2023-04); 兰州大学第二医院“萃英研究生导师”培养计划项目(CYDSPY202003)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.01.027

Predictive Value of Left Atrial Epicardial Adipose Tissue Volume and CT Attenuation Values in Recurrence after Radiofrequency Ablation of Atrial Fibrillation*

YANG Xin-mei, JING Meng-yuan, ZHANG Hong-yu, GUO Yu, SHI Jia-li, LIU Jian-li*

Department of Radiology, The Second Hospital, Lanzhou University, Key Laboratory of Medical Imaging of Gansu Province, The Second Clinical Medical School, Lanzhou University, Gansu International Science and Technology Cooperation Base for Artificial Intelligence in Medical Imaging, Lanzhou 730030, Gansu Province, China

ABSTRACT

Objective To investigate the relationship between left atrial (LA) epicardial adipose tissue volume (EATV) and CT attenuation values and recurrence after radiofrequency ablation of atrial fibrillation (AF). **Methods** Patients who underwent left atrial pulmonary vein CT angiography (LAPV-CTA) before AF procedure were followed up with the endpoint of AF recurrence for 1 year, and 110 patients were finally included (36 recurrences and 74 non-recurrences). Total EATV, EAT CT attenuation values, LA-EATV and LA-EAT CT attenuation values were measured by Siemens Synogo.Via to compare the differences between the two groups. **Results** Recurrence occurred in 36 cases (32.7%), with a higher proportion of persistent AF (13%) and a lower proportion of comorbid coronary artery disease (28%) in the AF recurrence group compared with the AF non-recurrence group, and a higher proportion of T-EATV [(141.08±46.28) cm³ VS (96.44±34.93) cm³, P<0.05] and LA-EATV [(16.50±6.23) cm³ VS (9.82±4.52) cm³, P<0.05] was greater, and LA-EAT CT attenuation value [(−74.58±3.86) HU VS (−79.48±7.27) HU, P<0.05] was higher in the AF recurrence group. **Conclusion** LA-EATV and LA-EAT CT attenuation values were independent predictors of recurrence after AF radiofrequency ablation, and the combined model of LA-EATV and LA-EAT CT attenuation values had the highest efficacy in predicting AF recurrence.

Keywords: Atrial Fibrillation; Epicardial Adipose Tissue; Radiofrequency Ablation; Tomography; X-ray Computer

房颤(atrial fibrillation, AF)是临床最常见的心律失常之一,且中国的发病率随老龄化在急剧增加^[1]。射频消融手术在有效改善症状的同时,改善了预后^[2-3],然而术后AF的再次复发,不得不对患者进行分层选择,以避免不必要的手术风险。心外膜脂肪组织(epicardial adipose tissue, EAT)是介于心肌和心包脏层之间的内脏脂肪组织,与心肌共享微循环,并由冠脉分支供血;其分泌的生物活性物质可以通过旁分泌和自分泌途径作用于冠脉和心肌组织^[4-5];其异常沉积可促进心血管疾病的发生发展。本文拟探究左心房(left atrium, LA)心外膜脂肪体积(epicardial adipose tissue volume, EATV)和LA-EAT CT衰减与AF射频消融术后复发的关系。

1 资料与方法

1.1 研究对象 本研究回顾性收集了兰州大学第二医院2021年4月至2022年12月期间的AF患者。

纳入标准: 因阵发性或持续性AF首次接受射频消融术,并于术前三天内行左心房肺静脉计算机断层血管造影(left atrial-pulmonary venous computed tomography angiography, LAPV-CTA)。排除标准: 年龄小于18岁; 随访时间少于1年; 临床和影像学资料不完整; 支架植入、搭桥或起搏器置入; 接受过瓣膜置换术、左心房封堵术和其他心脏手术; 既往有心肌梗死病史; 诊断为瓣膜性、扩张性或肥厚性心脏病; 心脏CTA图像质量差。最终纳入110名患者。本研究经兰州大学第二医院临床伦理委员会批准(编号: 2023A-702), 所有患者均签署知情同意书。

1.2 射频消融和术后随访 纳入的AF患者均接受了基于环形肺静脉隔离的消融术,并对环形肺静脉进行隔离并观察30分钟,以保证左心房和肺静脉之间的双向阻滞。每3个月使用12导联心电图和24小时动态心电图对患者进行监测,此后每3个月进行一次随访,如果患者未按计划进行随访,则通过电话进行随访,随访终点为1年。房颤复发的定义是手术3个月(空白期)后检测到任何持续时间大于30秒的房性快速心律失常(包括房性心动过速、心房扑动和房颤)。

1.3 LAPV-CTA检查 西门子双源采用前瞻性序列轴扫模式,当心率≤65次/分、心律规则时则可采用前瞻性大螺距螺旋扫描方式。按照不同心率选择最佳曝光时相,大螺距扫描时采集时相设置为60%。准直器宽度57.6 mm,螺距0.19,重建层厚0.75 mm,机架旋转时间0.25 s,单扇区时间分辨率为66 ms;管电压与管电流均为自动。经肘静脉通路注射碘海醇(欧乃派克)0.9 mL/kg,设置流速为5.0~5.5 mL/s,随后以相同速率注射40 mL生理盐水。

【第一作者】 杨新梅, 女, 住院医师, 主要研究方向: 心血管方向。E-mail: YANGXM996@163.com

【通讯作者】 刘建莉, 女, 主任技师, 主要研究方向: 医学影像新技术。E-mail: liujl_1219@163.com

1.4 图像后处理及测量 所有图像资料均使用标准算法重建,并以不同的迭代重建算法降低图像噪声;重建完成后,将图像资料传输至Siemens Synogo.Via后处理站。由1名具有5年以上心血管工作经验的诊断医师在Siemens Synogo.Via后处理工作站对EAT进行勾画,并在不同时间内勾画EAT 3次,间隔时间3-7天,每次勾画的数据在记录数据后删除,以便再次勾画时不受影响,最终取得平均值。选取增强早期图像,手动勾画总EAT范围:上至肺动脉开叉处,下至横膈膜的心包处,LA-EAT范围:左侧冠状窦和左心耳上缘之间的EAT部分,右侧的肺动脉分叉,包括房间隔,而二尖瓣环代表节段LA EAT体积的前缘^[6],并设定常用脂肪阈值范围-190HU至-30HU^[7],得到EAT CT衰减值及EATV(图1)。冠周脂肪CT衰减值的测量:完成扫描后,系统自动将每位患者的扫描图像推送至数坤冠脉分析软件[数坤(北京)网络科技有限公司,版本号:1.11.51],并自动完成图像重建。使用冠周分析软件自动计算出患者的冠周CT衰减值;分别沿主动脉根部的两个分支(左前降支[left anterior descending, LAD]、[左回旋支 left circumflex branch, LCX])的中线提取冠周脂肪组织,长度为血管近端40mm。为避免主动脉壁的影响,排除右冠状动脉(right coronary artery, RCA)近端10mm,选择主动脉根部远端10mm处到RCA血管近端50mm处。三处的横截面积设置为各自血管腔直径的3倍,脂肪阈值范围:-190HU至-30HU^[8]。

1.5 统计学方法 统计学分析使用了SPSS 27.0统计软件。用频率(%)表示分类变量,并使用卡方检验或fisher精确检验进行比较。使用均数±标准差($\bar{x} \pm s$)或中位数(四分位距)表示连续变量,并使用独立样本t检验或Wilcoxon Mann-Whitney U检验进行比较。采用逻辑回归以确定AF复发的独立危险因素,并建立联合模型。绘制受试者工作特性(receiver operating characteristic, ROC)曲线。P值<0.05(双侧)为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料 在纳入的110例患者中,阵发性AF患者88(80%)例,持续性AF患者22(20%)例,男性72(65.45%)例,平均年龄为57.53±1.13岁,AF合并冠心病患者71例;在随访中,有36(32.7%)人出现了AF复发(表1)。AF复发组持续性房颤比例(13%)高于AF未复发组(9%),差异有统计学意义(P=0.003,表1);AF复发组AF合并冠心病患者比例(28%)低于AF未复发组(43%),差异有统计学意义(P=0.043,表1);组间性别、年龄差异无统计学意义(P>0.05,表1)。

2.2 影像资料 AF复发组与AF未复发组的LA直径、LA周长、LA面积、LAD CT衰减值、LCX CT衰减值、RCX CT衰减值及T-EAT CT衰减值差异无统计学意义(P>0.05,表1)。与AF未复发组比较,AF复发组T-EATV [(141.08±46.28)cm³ VS (96.44±34.93)cm³, P<0.001]、LA-EATV [(16.50±6.23)cm³ VS (9.82±4.52)cm³, P<0.001]更大,AF复发组LA-EAT CT衰减值 [(-74.58±3.86)cm³ VS (-79.48±7.27) HU, P<0.001]更高。

2.3 AF复发的单因素和多因素回归分析 在单因素分析中,AF合并冠心病、AF类型、T-EATV、LA-EATV与LA-EAT CT衰减值与是AF复发的重要预测因子(P<0.05,表2)。将单因素有意义的参数纳入多因素分析中,LA-EATV及LA-EAT CT衰减值是AF复发的独立预测因子(P<0.05,表2)。

2.4 ROC曲线分析 对多因素分析差异有统计学意义的定量参数绘制ROC曲线(图2),其预测AF复发的效能见表3。ROC曲线结果显示LA-EATV预测AF复发的AUC为0.810(0.723~0.896);LA-EAT CT衰减值预测AF复发的AUC为0.713(0.619~0.808);而LA-EATV与LA-EAT CT衰减值的联合模型AUC达到0.844(0.770~0.918)。

表1 两组患者临床及影像资料对比

参数	复发组(n=36)	无复发组(n=72)	χ^2/t 值	P值
性别(男性,%)	22(61.11)	50(67.57)	0.446 ^a	0.504
年龄(岁)	55.64±11.20	58.45±12.05	1.173	0.244
吸烟(%)	10(27.78)	12(16.22)	2.023 ^a	0.155
饮酒(%)	2(5.56)	13(17.57)	2.967 ^a	0.085
冠心病(%)	28(77.78)	43(58.11)	4.094 ^a	0.043
高血压(%)	12(33.33)	30(40.54)	0.533 ^a	0.465
高血糖(%)	13(36.11)	29(39.20)	0.97 ^a	0.755
高血脂(%)	24(66.67)	38(51.35)	2.310 ^a	0.129
慢性阻塞性肺气肿(%)	11(30.56)	35(47.30)	2.790 ^a	0.095
短暂性脑缺血发作/中风/脑梗(%)	19(52.78)	26(35.14)	3.118 ^a	0.077
体重指数(kg/m ²)	24.55±3.48	23.88±3.32	-0.982	0.328
尿素/肌酐	0.09±0.03	0.22±1.15	0.656	0.514
房颤类型(%)			8.681 ^a	0.003
阵发性房颤	23(63.89)	65(87.84)		
持续性房颤	13(36.11)	9(12.16)		
T-EATV(cm ³)	141.08±46.28	96.44±34.93	-5.121	<0.001
LA-EATV(cm ³)	16.50±6.23	9.82±4.52	-5.738	<0.001
T-EAT CT衰减值(HU)	-86.11±7.27	-84.39±6.62	1.238	0.219
LA-EAT CT衰减值(HU)	-74.58±3.86	-79.48±7.27	-4.616	<0.001
LAD CT衰减值(HU)	-80.61±9.22	-79.12±8.79	0.821	0.414
LCX CT衰减值(HU)	-75.39±9.48	-75.58±10.35	-0.094	0.925
RCX CT衰减值(HU)	-83.61±11.28	-80.36±10.15	1.517	0.132
LA直径(mm)	36.64±6.07	36.46±5.96	-0.146	0.884
LA周长(mm)	282.38±50.93	277.40±42.35	-0.540	0.590
LA面积(mm ²)	2667.20±739.82	2716.60±844.66	0.299	0.765
AF复发(%)	36(32.7)	74(67.3)		

注: T-EATV: 总心外膜脂肪组织体积; LA-EATV: 左心房心外膜脂肪组织体积; LA-EAT: 左心房心外膜脂肪组织;

LAD: 左前降支; LCX: 左回旋支; RCA: 右回旋支; LA: 左心房。

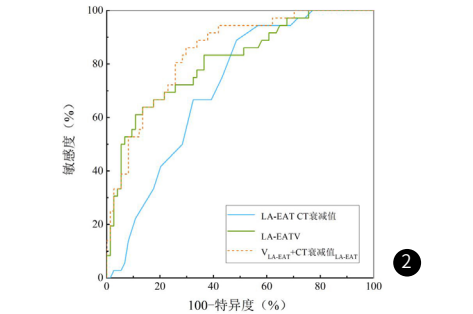
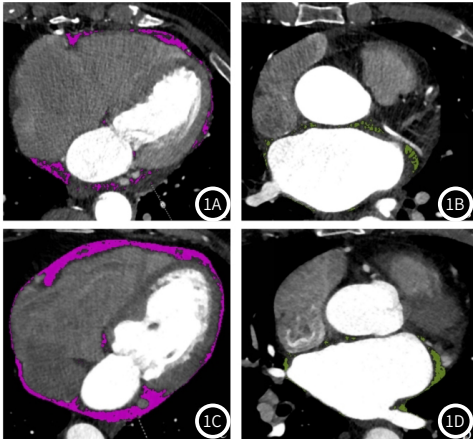


图1A-图1D AF射频消融术后复发组与未复发组T-EATV与LA-EATV的比较。1A: 未复发组T-EATV; 1B: 未复发组LA-EATV; 1C: 复发组T-EATV; 1D: 复发组LA-EATV; 其中紫色: T-EATV, 绿色: LA-EATV。

图2 LA-EAT CT衰减值与LA-EATV预测AF复发的受试者操作特征曲线。LA-EATV: 左心房心外膜脂肪组织体积; LA-EAT: 左心房心外膜脂肪组织; VLA-EAT+CT衰减值LA-EAT: LA-EATV与LA-EAT CT衰减值的联合模型。

表2 AF复发的单因素和多因素Logistic回归分析

参数	单因素Logistic分析			多因素Logistic分析		
	OR值	95% CI	P值	OR值	95% CI	P值
冠心病	2.306	0.681~7.810	0.180	-	-	-
房颤类型	2.965	0.781~11.254	0.110	-	-	-
T-EAT体积(cm ³)	1.011	0.993~1.030	0.207	-	-	-
LA-EATV(cm ³)	1.003	1.003~1.309	0.045	1.240	1.118~1.375	<0.01
LA-EAT CT衰减值(HU)	1.023	1.023~1.251	0.016	1.123	1.023~1.233	0.015

注：T-EATV：总心外膜脂肪组织体积；LA-EATV：左心房内外膜脂肪组织体积；LA-EAT：左心房内外膜脂肪组织。

表3 LA-EAT CT衰减值与LA-EATV的诊断性能

参数	AUC(95% CI)	截断值	敏感度	特异度	约登指数%
LA-EATV(cm ³)	0.810(0.723~0.896)	13.86	63.89	86.49	50.38
LA-EAT CT衰减值(HU)	0.713(0.619~0.808)	-79	88.89	51.35	40.24
V _{LA-EAT} +CT衰减值LA-EAT	0.844(0.770~0.918)	0.2475	86.11	70.33	56.38

注：LA-EATV：左心房内外膜脂肪组织体积；LA-EAT：左心房内外膜脂肪组织；

V_{LA-EAT}+CT衰减值LA-EAT：LA-EATV与LA-EAT CT衰减值的联合模型。

3 讨 论

AF是临床最常见的持续性心律失常，射频消融手术作为目前临床上AF节律控制的一线治疗手段，可以减少AF发作，改善生活质量，延缓AF从阵发性进展为持续性，并改善预后^[1,9-10]。然而，术后AF的再次复发以及手术可能产生的并发症使临床医生必须谨慎地对患者进行选择，以避免不必要的手术风险及额外的经济负担。目前，LA与AF射频消融术后复发的相关性已被证明^[11-14]，王等人^[11]的研究表明AF复发组在左房壁各个方向上的厚度显著大于非复发组(P均<0.05)；而李等人^[12]发现EATV>114.0cm³是AF患者心脏射频消融术后复发的危险因素；Ma等人^[13]的研究显示LCX的CT衰减值(OR 1.254, 95% CI 1.145~1.374)是AF射频消融术后复发的重要独立危险因素；此外，AF类型也可以预测射频消融术后的复发，杨等人^[14]证实了持续性AF患者消融术后的未复发率明显低于阵发性AF患者(76.1% vs 82.8%, P<0.05)，上述表明易于测量的EAT相关参数，可能会增加AF患者术前评估的收益。

本研究共收集了110例患者的临床及影像资料，AF复发组与未复发组患者的AF类型与AF合并冠心病的差异有统计学意义。其中，AF类型是AF消融术后复发的临床有效预测因子，这与之前的研究一致^[14]，持续性AF往往预示着更长的病程时间与更不利的LA重塑^[15]。但是本研究AF未复发组中AF合并冠心病比例要高于复发组，经随访分析，这可能是与合并冠心病的AF患者对疾病关注度及诊疗配合程度高有关，进而延缓疾病的进展，这说明了疾病管理的重要性，提倡患者早检查早治疗，以制定更精准化的诊疗方案，改善预后。

研究表明LA的重塑在AF消融术后复发起到至关重要的促进作用^[16-17]。LA重塑包括神经重塑、电重塑和结构重塑，其中结构重塑特征包括LA大小或功能学参数的改变，这些可通过影像学方法检测获得^[18-19]，如EAT厚度、体积及CT衰减值。目前，对于EATV的研究主要集中CT与MRI，从CT测量得到的EATV，或是通过MRI得到EATV相关参数，都可以预测术后AF的复发^[20-21]。其中，Ballatore等人^[20]使用3D Dixon序列评估心脏MRI量化的LA EATV，发现其量化的EAT是一种可重复的成像参数，是AF消融术后复发的独立预测指标。任等人^[21]的研究显示，AF复发组的LA-EATV较未复发组更大，这与本文研究一致，可能是较大的LA-EATV代表LA结构重塑不良，进而促进了电重塑，并推动了AF

的发生。此外，EAT CT衰减值也可以预测AF复发，Huber等人^[22]分别选择了高阈值与低阈值范围，得出不同范围内的平均CT衰减值，并定义了EAT离散度(两个EAT间隔内平均衰减值之间的差异)，最后得出结论：对比增强心脏CT扫描中较大的LA EAT离散度与AF肺静脉隔离术后复发独立相关。本研究中EAT CT衰减值是AF射频消融术后的独立预测因子，敏感度是88.89%，但特异度只有51.35%，这可能是因为本研究与其它研究选用阈值范围不同，使得CT衰减值存在一定差异。

本研究存在一些局限性。首先，本研究为单中心回顾性研究，下一步需扩大样本量。其次，目前对于EATV及CT衰减值的测量仍没有准确的标准，阈值的选择可能会导致CT衰减值存在差异，但是总体趋势，比如更大的LA-EATV与更高的LA-EAT CT衰减值可以预测AF射频消融术后的复发。最后，除AF复发外，LA-EAT还有望预测AF患者的其他预后指标，这也值得我们在未来进一步探讨。

综上所述，本研究初步探讨LA-EAT相关参数预测射频消融术后AF复发的价值，发现LA-EATV与LA-EAT CT衰减值是AF射频消融术后复发的独立预测因子，并且LA-EATV与LA-EAT CT衰减值的联合模型提高了诊断效能。

参考文献

[1]心房颤动诊断和治疗中国指南[J]. 中华心血管病杂志, 2023, 51(6): 572-618.
[2]Correction to: 2019 AHA/ACC/HRS focused update of the 2014 AHA/ACC/HRS guideline for the management of patients with atrial fibrillation: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association task force on clinical practice guidelines and the Heart Rhythm Society[J]. Circulation, 2019, 140(6): e285.
[3]Hindricks G, Potpara T, Dagres N, et al. Corrigendum to: 2020 ESC guidelines for the diagnosis and management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association for cardio-thoracic surgery (EACTS): the task force for the diagnosis and management of atrial fibrillation of the European Society of Cardiology (ESC) developed with the special contribution of the European Heart Rhythm Association (EHRA) of the ESC[J]. Eur Heart J, 2021, 42(40): 4194.
[4]Mazurek T, Zhang L, Zalewski A, et al. Human epicardial adipose tissue is a source of inflammatory mediators[J]. Circulation, 2003, 108(20): 2460-2466.
[5]Song Y, Tan Y, Deng M, et al. Epicardial adipose tissue, metabolic

参考文献

- [1] Egel RL, Miller KD, Fuchs SHE, et al. Cancer statistics, 2022. *J. Clin. Oncol*, 2022, 72 (1): 7-33.
- [2] 汪汉林, 李自凯, 梁奕, 等. DWI联合DCE-MRI对鉴别孤立性肺结节良恶性的诊断价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21 (5): 37-39.
- [3] Koh DM, Collins DJ. Diffusion-weighted MRI in the body: applications and challenges in oncology[J]. *AJR*, 2007, 18: 1622-1635.
- [4] Ye T, Deng L, Wang S, et al. Lung adenocarcinomas manifesting as radiological part-solid nodules define a special clinical subtype[J]. *J Thorac Oncol*, 2019, 14 (4): 617-627.
- [5] Shen G, Jia Z, Deng H. Apparent diffusion coefficient values of diffusion-weighted imaging for distinguishing focal pulmonary lesions and Characterizing the subtype of lung cancer: a meta-analysis[J]. *Eur Radiol*, 2016, 26, 26 (2): 556-566.
- [6] 蒋杨, 潘江峰, 应明亮, 等. 肺结节磁共振扩散加权成像技术优化[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2014, 20: 385-388.
- [7] 中华医学会呼吸病学分会. 早期肺癌诊断中国专家共识 (2023年版) [J]. 中华结核和呼吸杂志, 2023, 46 (1): 1-18.
- [8] 杨磊, 王惠芳, 张凤翔. 高场MRI多b值DWI在肺部占位性病变诊断中的应用研究[J]. 中国中西医结合影像学杂志, 2021, 19 (5): 436-439.
- [9] 潘江峰, 应明亮, 李惠民, 等. 肺结节的3T多b值磁共振扩散加权成像鉴别诊断[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2015, 21 (6): 533-537.
- [10] 李伟栋, 李东, 刘海东, 等. 3.0T MR扩散加权成像对肺实性良恶性病变的鉴别诊断效能及 b值优化探讨[J]. 中国肺癌杂志, 2011, 14: 853-857.
- [11] Liu H D, Liu Y, Yu TL, et al. Usefulness of diffusion-weighted MR imaging in the evaluation of pulmonary lesions[J]. *Eur Radiol*, 2010, 20: 807-815.
- [12] Matoba M, Tonami H, Kondou T, et al. Lung carcinoma: diffusion-weighted MR imaging-preliminary evaluation with apparent diffusion coefficient[J]. *Radiology*, 2007, 243 (2): 570-577.
- [13] 马波, 陈均, 朱进, 等. 采用MR扩散加权成像鉴别良、恶性孤立性肺结节病变的可靠性研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21 (1): 70-71.
- [14] Chen Gx, Wang MH, Zheng T, et al. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging for the detection of metastatic lymph nodes in patients with lung cancer: A meta-analysis[J]. *Mol Clin Oncol*, 2017, 6 (3): 344-354.
- [15] 翁静飞, 曾奇虎, 姚丁华, 等. 磁共振DWI检查在肺内良恶性病变鉴别诊断中的价值[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2020, 26 (1): 23-28.
- [16] Nomori H, Cong Y, Sugimura H, et al. Comparing diffusion-weighted imaging and positron emission tomography for pulmonary nodules measuring from 1 to 3 cm in size[J]. *Surg Today*, 2015, 45 (12): 1535-1541.
- [17] Ohno Y, Kauczor H U, Hatabu H, et al. MRI for solitary pulmonary nodule and mass assessment: current state of the art[J]. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 2018, 47 (Suppl 2): 1654-1656.
- [18] 顾晓雯, 崔磊. 单、双指数模型扩散加权成像鉴别肺结节和肿块良恶性的研究进展[J]. 中华放射学杂志, 2018, 52 (3): 236-239.
- [19] 洪琴, 江建芹, 崔磊, 等. 单、双指数模型DWI在良恶性肺结节鉴别诊断中的应用[J]. 放射学实践, 2018, 33 (12): 1256-1260.
- [20] 周舒畅, 夏黎明, 吴维, 等. 单b值磁共振DWI对肺部良恶性病变的诊断价值[J]. 放射学实践, 2016, 31 (8): 728-733.

(收稿日期: 2023-11-30)
(校对编辑: 姚丽娜)