

论 著

低剂量CT联合外周血循环肿瘤细胞在肺癌早期诊断中的价值研究*

蒋 浩* 曹新超 吴 桐
郭志斌

沧州市人民医院胸外科 (河北 沧州 061000)

【摘要】目的 探究低剂量CT联合外周血循环肿瘤细胞(CTC)在肺癌早期诊断中的价值。方法 选取2019年12月~2022年12月期间本院收治的75例早期肺癌患者,作为肺癌组,同期选取于本院进行治疗的59例肺部良性病变患者为对照组,收集两组患者的临床资料。所有患者均进行低剂量CT扫描,并检测CTC水平,Logistic回归分析明确影响肺癌发生的因素,根据受试者工作特征(ROC)曲线分析低剂量CT与CTC检测对肺癌早期诊断的预测价值。结果 肺癌组有分叶征、毛刺征及胸膜凹陷征人数均高于对照组($P<0.05$);肺癌组有吸烟史、CTC阳性人数均高于对照($P<0.05$);经Logistic回归分析,有吸烟史、毛刺征、胸膜凹陷征及CTC阳性是影响肺癌发生的独立危险因素($P<0.05$);经ROC分析显示,分叶征诊断肺癌早期的AUC值为0.747,95%CI为0.664~0.818;胸膜凹陷征的AUC值为0.789,95%CI为0.710~0.854,CTC预测的AUC值为0.840,95%CI为0.767~0.898,三者联合预测的AUC值为0.878,95%CI为0.811~0.928。结论 低剂量CT表现中分叶征、胸膜凹陷征及CTC对于肺癌早期诊断均有一定的参考价值,三者联合用于肺癌的早期诊断具有更高的价值。

【关键词】肺癌;低剂量CT;
外周血循环肿瘤细胞;早期诊断

【中图分类号】R734.2

【文献标识码】A

【基金项目】Myrian影像后处理系统在早期肺癌诊断中的应用研究(162777231)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.06.019

Value of Low Dose CT Combined with Peripheral Blood Circulating Tumor Cells in Early Diagnosis of Lung Cancer*

JIANG Hao*, CAO Xin-chao, WU Tong, GUO Zhi-bin.

Department of Thoracic Surgery, Cangzhou People's Hospital, Cangzhou 061000, , Hebei Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the value of low dose CT combined with peripheral blood circulating tumor cells (CTCS) in the early diagnosis of lung cancer. **Methods** 75 patients with early stage lung cancer admitted to our hospital from December 2019 to December 2022 were selected as lung cancer group. In the same period, 59 patients with benign lung lesions treated with our hospital were selected as the control group. Clinical data of patients in both groups were collected. All patients underwent low-dose CT scanning and CTC levels were detected. Logistic regression analysis was performed to determine the factors affecting the occurrence of lung cancer, and the predictive value of low-dose CT and CTC detection in the early diagnosis of lung cancer was analyzed according to receiver operating characteristic (ROC) curve. **Results** The number of patients with lobular sign, burr sign and pleural sag sign in lung cancer group was higher than that in control group ($P<0.05$). The number of patients with smoking history, positive low-dose CT and positive CTCS in lung cancer group was higher than that in control group ($P<0.05$). Logistic regression analysis showed that smoking history, positive burr sign, pleural depression sign and positive CTCS were independent risk factors for lung cancer ($P<0.05$). ROC analysis showed that the value of AUC for diagnosing early lung cancer was 0.747 and 95%CI was 0.664~0.818. The AUC value of pleural depression sign was 0.789, and 95%CI was 0.710~0.854. The AUC value predicted by CTC was 0.840, and 95%CI was 0.767~0.898. The combined predicted AUC value was 0.878, and 95%CI was 0.811~0.928. **Conclusion** The low-dose CT findings of lobular sign, pleural depression sign and CTC are of certain reference value for the early diagnosis of lung cancer, and the combination of the three is of higher value for the early diagnosis of lung cancer.

Keywords: Lung Cancer; Low-dose CT; Peripheral Blood Circulating Tumor Cells; Early Diagnosis

肺癌是一种常见的恶性肿瘤,该病表现为咳嗽、胸痛、胸闷气短等症状,与慢阻肺及其他炎症性疾病的症状类似,多数患者确诊时已发展至中晚期,延误了最佳的治疗时机,因此肺癌的早期诊断对于改善肺癌患者预后意义重大^[1-2]。CT扫描是癌症诊断的常用影像学方法,但常规CT的辐射剂量较高,对于人体具有一定的副作用^[3]。研究发现,低剂量CT与常规CT比较,图像质量及空间分辨率良好,辐射剂量更低,在多种肺部疾病中的作用均与常规CT相当,因此低剂量CT应用逐渐广泛^[4-5]。近几年有研究发现,低剂量CT进行上胸部扫描时受到噪音的影响较大,图像质量受到一定影响,为提高低剂量CT对肺部疾病诊断的准确性,应与其他指标联合检查^[6]。外周血循环肿瘤细胞(circulating tumor cell, CTC)是通过检测外周血中各类肿瘤细胞的数量,对肿瘤情况实施监测的一种方式,该方式无创、便捷,且无副作用,在多种癌症早期诊断、疗效及预后预测中均发挥重要作用^[7-8]。目前关于低剂量CT联合CTC应用于肺癌早期诊断中的研究较少,本研究通过对比早期肺癌与良性病变患者的临床资料,探究低剂量CT联合CTC对肺癌早期诊断的价值,以期提高肺癌患者早期诊断准确率,尽早治疗,改善患者预后。

1 资料与方法

1.1 临床资料 纳入早期肺癌患者75例,命为肺癌组,病例入组时间为2019年12月至2022年12月,其中男性41例,女性31例,年龄25~75岁,平均(45.86±7.05)岁,TNM分期^[9]: I期36例,II期39例,病理类型:鳞癌49例,腺癌13例,小细胞癌13例;同期选取与本院进行治疗的59例肺部良性病变患者,纳入对照组,其中男性35例,女性24例,年龄25~75岁,平均(43.88±6.28)岁,其中包括:肺炎21例,慢性阻塞性肺疾病14例,肺结核8例及良性肺肿瘤16例。两组一般资料可比($P<0.05$)。

纳入标准:参考《中华医学会肺癌临床诊疗指南》^[10],肺癌组均确诊为肺癌;肺癌患者均有病理诊断结果;患者均行低剂量CT及CTC检测;肺癌组患者TNM分期为I~II期,均无淋巴转移;患者临床资料完整。排除标准:有CT禁忌症者;患有全身性疾病者;近期进行过抗癌相关治疗;处于孕期或哺乳期者;合并其他恶性肿瘤;患有心、肝、肾等功能障碍者;患有精神类疾病者。本研究已通过本医院伦理委员会审批。

1.2 方法 低剂量CT:采用使用CT扫描仪(美国GE公司,型号:Discovery STE)进行检测,患者取仰卧位,双手向上举至头顶,对胸廓入口至肋膈角尖端范围进行扫描,扫描参数设置:管电压120kV、管电流50mA、重建层厚5.0mm,间隔0.8mm,矩阵512×512,扫描后将图像数据传至工作站。阳性标准:部分实质/实质≥5mm的非钙化结节,及非实质性≥8mm结节。

【第一作者】蒋 浩,男,副主任医师,主要研究方向:胸外科肺癌手术。E-mail: gaodasheng2028@163.com

【通讯作者】蒋 浩

CTC检测：收集患者入院时的外周静脉血6mL，依次除去血浆、红细胞及白细胞，收集血液中的肿瘤细胞，将血液样本置于抗凝管中，离心(2000 r/min，8min)，弃去上清液，并向砖红色沉淀中加入hCTC Separation Matrix 3 mL，混匀后离心(1500 r/min，8min)，吸取白膜层液体至另一离心管中(除去红细胞)，加入150 μ L Immune-magnetic beads，混匀后置于磁力架3 min取细胞悬液，离心后留1mL，其余转移至新的离心管，洗涤后再次转移至新的离心管，置于磁力架3 min后最终转移至50 mL离心管中，加入hCTC Buffer至45 mL，混匀后离心(1700 r/min，5min)，移除上清液，并加hCTC Buffer至35 mL离心，移除上清液，弃去上清液，留至100 μ L，吹打混匀后加入100 μ L Cytelligen Cytelligen Fixative，混匀后涂抹至载玻片上，并做好信息标记，32℃干燥过夜。采用细胞荧光原位杂交法及抗体染色法进行细胞鉴定，具体操作步骤参考相应试剂盒，最后于显微镜下观察并读数。阳性标准：细胞核内探针信号>2个，无血源性白细胞表面抗原(红色)的细胞视为CTC。CTC阳性：CTC数目 t >2个。

联合诊断：低剂量CT与CTC检测任意一项诊断结果为阳性，

均判定为肺癌阳性。(诊断结果由3名资深影像医师共同评估，最终得到诊断结果)。

1.3 统计学方法 采用SPSS 20.0进行数据分析，计数资料、计量资料分别采用 $n(\%)$ 、 $(\bar{x} \pm s)$ 表示，分别行 χ^2 检验及 t 检验；Logistic回归分析肺癌早期诊断的影响因素；参考受试者工作特征(ROC)曲线及曲线下面积(AUC)评估低剂量CT与CTC检测对肺癌早期诊断的预测价值；检验标准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 两组低剂量CT影像学特征比较 肺癌：75例患者中实质性结节及混合型结节52例，非实质性结节23例，7例可见空泡征，29例可见分叶征，38例可见毛刺征，39例可见胸膜凹陷征。

良性病变：59例患者中37例可见纯磨玻璃密度结节，结节内可见充实的肺实质；13可见结节密度均匀，密度稍高于磨玻璃，但明显低于实性结节；7例表现为实质性结节伴少量磨玻璃密度成分，可见空泡征；19例周围可见胸膜凹陷征，38例可见毛刺征；29例可见分叶征，见图1。

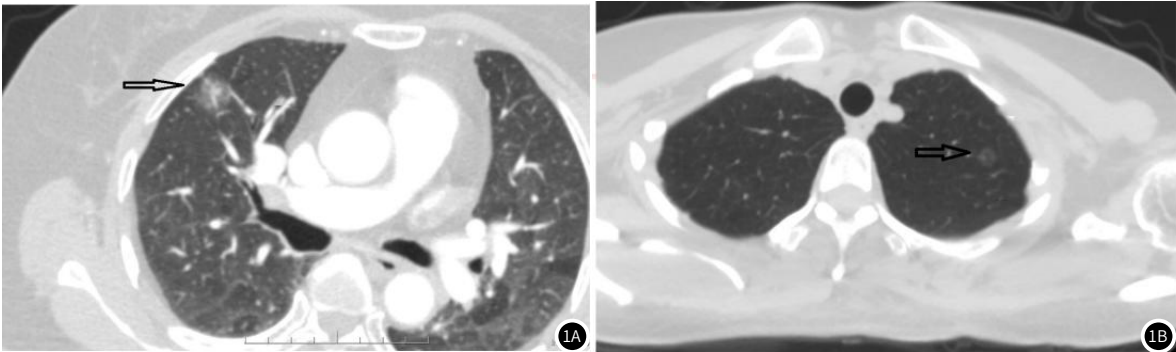


图1A-图1B 肺癌与肺部良性病变的低剂量CT图：1A：患者女，71岁，右肺上叶前段磨玻璃结节，结节约13mm，伴有实性成分超过20%，血管进入，胸膜牵拉征明显，术后病理：腺癌；1B：患者女，36岁，左肺上叶尖段磨玻璃结节，结节约8mm，密度淡薄，术后病理：不典型增生。肺癌组与对照组患者结节位置、结节直径、空泡征情况比较，差异无显著性($P>0.05$)；肺癌组有分叶征、毛刺征及胸膜凹陷征人数均高于对照组($P<0.05$)，见表1。

表1 两组低剂量CT影像学特征比较

因素	肺癌组(n=75)	对照组(n=59)	t/χ^2 值	P值
结节位置				
上叶	36(48.00%)	27(45.76%)	0.066	0.797
中下叶	39(52.00%)	32(54.24%)		
结节直径				
≥ 2 cm	47(62.67%)	29(49.15%)	2.457	0.117
< 2 cm	28(37.33%)	30(50.85%)		
分叶征				
有	29(38.67%)	11(18.64%)	6.322	0.012
无	46(61.33%)	48(81.36%)		
空泡征				
有	7(9.33%)	9(15.25%)	1.101	0.294
无	68(90.67%)	50(84.75%)		
毛刺征				
有	38(50.67%)	18(30.51%)	5.516	0.019
无	37(49.33%)	41(69.49%)		
胸膜凹陷征				
有	39(52.00%)	19(32.20%)	5.272	0.022
无	36(48.00%)	40(67.80%)		

表2 两组患者临床资料比较[n(%)]

因素	肺癌组(n=75)	对照组(n=59)	t/χ^2 值	P值
年龄				
≥ 60 岁	43(57.33%)	28(47.46%)	1.293	0.256
< 60 岁	32(42.67%)	31(52.54%)		
性别				
男	44(58.67%)	31(52.54%)	0.503	0.478
女	31(41.33%)	28(47.46%)		
BMI(kg/m ²)	22.79 $\pm$ 1.48	23.15 $\pm$ 1.33	1.461	0.146
高血压				
有	31(41.33%)	21(35.59%)	0.458	0.498
无	44(58.67%)	38(64.41%)		
糖尿病				
有	28(37.33%)	20(33.90%)	0.169	0.681
无	47(62.67%)	39(66.10%)		
高血脂症				
有	29(38.67%)	19(32.20%)	0.600	0.439
无	46(61.33%)	40(67.80%)		
吸烟史				
有	31(41.33%)	18(30.51%)	1.668	0.197
无	44(58.67%)	41(69.49%)		
饮酒史				
有	28(37.33%)	20(33.90%)	0.169	0.681
无	47(62.67%)	39(66.10%)		
合并慢性呼吸道疾病				
有	32(42.67%)	29(49.15%)	0.560	0.454
无	43(57.33%)	30(50.85%)		
肿瘤家族史				
有	17(22.67%)	9(15.25%)	1.160	0.281
无	58(77.33%)	50(84.75%)		
白细胞计数($\times 10^9/L$)	12.85 $\pm$ 2.56	13.26 $\pm$ 2.71	0.897	0.371
CTC				
阴性	10(12.00%)	48(81.36%)	64.986	< 0.001
阳性	65(88.00%)	11(18.64%)		

2.2 两组患者临床资料比较 肺癌组与对照组患者的年龄、性别、BMI、高血压、糖尿病、高脂血症、饮酒史、合并慢性呼吸道疾病、肿瘤家族史、结节位置、结节直径、结节性质、白细胞计数水平比较,差异无显著性($P>0.05$);肺癌组有吸烟史、CTC诊断阳性人数均高于对照($P<0.05$),见表2。

2.3 肺癌早期诊断的多因素分析 将分类变量吸烟史、分叶征、毛刺征、胸膜凹陷征及CTC(有=1,无=0;阳性=1,阴性=0)作为自变量,肺癌早期诊断作为因变量(肺癌=1、良性病变=0)纳入多因素Logistic回归分析模型,结果显示有吸烟史、毛刺征、

胸膜凹陷征及CTC阳性是影响肺癌早期诊断的独立危险因素($P<0.05$),见表3。

2.4 低剂量CT、CTC对肺癌早期诊断的效能 经ROC分析显示,分叶征诊断肺癌早期的AUC值为0.747,95%CI为0.664~0.818;胸膜凹陷征诊断的AUC值为0.789,95%CI为0.710~0.854,CTC诊断的AUC值为0.840,95%CI为0.767~0.898,低剂量CT分叶征、胸膜凹陷征与CTC联合诊断的AUC值为0.878,95%CI为0.811~0.928,见表4、图2。

表3 肺癌早期诊断的多因素分析

影响因素	β	SE	Wald χ^2	P	OR	95%CI
吸烟史	1.215	0.376	10.442	<0.001	3.370	1.482~7.667
分叶征	1.052	0.521	4.077	0.108	2.863	1.259~6.514
毛刺征	1.380	0.452	8.658	0.003	3.781	1.662~8.601
胸膜凹陷征	1.335	0.421	10.055	<0.001	3.800	1.670~8.644
CTC	1.284	0.387	11.042	<0.001	3.618	1.591~8.231

表4 低剂量CT表现、CTC对肺癌早期诊断的效能

指标	截断值	灵敏度	特异度	AUC	95%CI	约登指数
毛刺征	-	68.00%	81.36%	0.747	0.664~0.818	0.494
胸膜凹陷征	-	74.67%	83.05%	0.789	0.710~0.854	0.577
CTC	-	86.67%	81.36%	0.840	0.767~0.898	0.680
联合	-	96.00%	79.66%	0.878	0.811~0.928	0.757

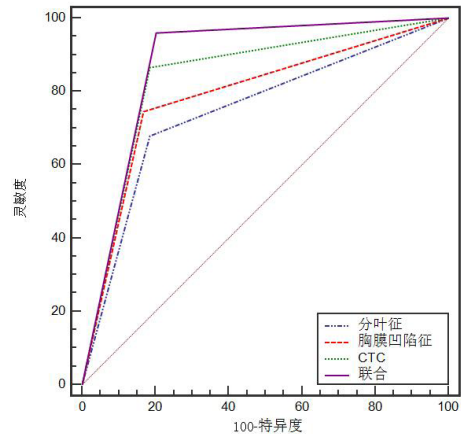


图2 低剂量CT表现、CTC对肺癌早期诊断的ROC曲线

3 讨论

随着癌症发病率的不断升高,肺癌的死亡率也随之升高,由于肺癌患者预后较差,早期诊断并及时治疗对于延长患者生存时间具有重要意义^[11]。国外一项研究证实,低剂量CT扫描用于新冠早期诊断,能够清晰显示肺部病灶的形态、密度、个数等信息,且多数患者肺部CT征象早于核酸检测结果,提示低剂量CT对肺部疾病的早期诊断具有重要的参考价值^[12-13]。随着低剂量CT的广泛应用,研究发现,低剂量CT对于肺癌诊断存在较高的假阳性率,因此临床需要联合其他筛查方法作为低剂量CT诊断早期肺癌的补充^[14]。CTC是一项非侵入性的血液检查,相较于活检更易于获得,研究发现,CTC在乳腺癌、膀胱癌中均有较高的捕获率,可用于多种癌症的早期诊断^[15-16]。基于上述研究背景,低剂量CT及CTC检测均能用于肺癌的早期诊断,本研究通过分析低剂量CT联合CTC对肺癌早期诊断的效能,以期对早期肺癌患者提供新的诊断方案。

本研究结果显示,肺癌组有分叶征、毛刺征、胸膜凹陷征人数、有吸烟史、CTC阳性人数均高于对照,经Logistic回归分析,有吸烟史、低剂量CT阳性及CTC阳性是影响肺癌发生的独立危险因素。分析原因为,低剂量CT能够通过降低管电流、电压或通过增加螺距等方法,在获得清晰图像的同时,降低CT辐射剂量,从而减少辐射暴露^[17]。低剂量CT能够显示出肺门各段的支气管,同时能够较好的呈现病灶的细微特征,尤其是对直径>3mm的结节均有较高的检出率。另外低剂量CT对于有吸烟史或患有其他肺部疾病的肺癌高危人群,能够精确诊断,但部分有炎症的良性病灶在CT中也会呈现为实质性和部分实质性的图像,导致假阳性率较高,影响诊断准确性^[18]。毛刺征是病灶边缘出现的一种棘状凸起,不与胸膜相连,该特征在肺癌病灶中较为常见,但出现毛刺征的并不一定就是肺癌,肺炎、肺结核等感染性病原体导致的肺粘膜受损,引起的病理状态与毛刺征相似,因此毛刺征单独诊断肺癌的准确性较差。胸膜凹陷征一种病灶与胸膜之前阴影,该特征是由于肿瘤病灶的瘢痕组织对周围胸膜牵拉或纤维收缩所致,良性病变也有较少情况会导致胸膜凹陷征的出现,因此需联

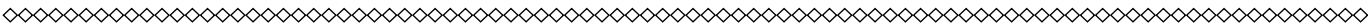
合其他指标对肺癌进行诊断。CTC是一种异质性癌细胞群体,具有一定的转移潜能,研究发现,在肿瘤病灶形成的早期,病灶脱落的CTC随血液循环进入血液,尽管CTC再血液中的含量较少,但微量的CTC能够对癌症的发展进行实时反映^[19-20]。为进一步探究低剂量CT表现、CTC对早期肺癌的诊断效能,本研究进行ROC分析,结果显示,分叶征、胸膜凹陷征及CTC诊断肺癌早期的AUC值分别为0.747、0.789及0.840,三者联合诊断的AUC值为0.878,提示联合检测能够提高低剂量CT及CTC对肺癌早期诊断的灵敏度,因此临床可同时进行低剂量CT及CTC检查,以提高对早期肺癌诊断的准确性。本研究存在样本容量的限制,同时研究对象来自单中心,为了可扩大样本量,纳入多中心的患者,提高研究结果的准确性及科学性,为肺癌早期诊断提高准确度更高的诊断方案。

综上所述,低剂量CT表现中分叶征、胸膜凹陷征及CTC对于肺癌早期诊断均有一定的参考价值,三者联合用于肺癌的早期诊断具有更高的价值。

参考文献

- [1] Kadara H, Tran LM, Liu B, et al. Early diagnosis and screening for lung cancer[J]. Cold Spring Harb Perspect Med, 2021, 11(9): a037994.
- [2] Balata H, Quaipe SL, Craig C, et al. Early diagnosis and lung cancer screening[J]. Clin Oncol (R Coll Radiol), 2022, 34(11): 708-715.
- [3] Sullivan FM, Mair FS, Anderson W, et al. Earlier diagnosis of lung cancer in a randomised trial of an autoantibody blood test followed by imaging[J]. Eur Respir J, 2021, 57(1): 2000670.
- [4] Hoffman RM, Atallah RP, Struble RD, et al. Lung cancer screening with low-dose CT: a meta-analysis[J]. J Gen Intern Med, 2020, 35(10): 3015-3025.
- [5] Li N, Tan F, Chen W, et al. One-off low-dose CT for lung cancer screening in China: a multicentre, population-based, prospective cohort study[J]. Lancet Respir Med, 2022, 10(4): 378-391.
- [6] 王俊青, 闫迪, 毛瑞. 低剂量螺旋CT联合血清VEGF、CEA、CA125水平检测在早期肺癌诊断中的价值[J]. 实用癌症杂志, 2023, 38(3): 418-421.
- [7] Maly V, Maly O, Kolostova K, et al. Circulating tumor cells in diagnosis and treatment of lung cancer[J]. In Vivo, 2019, 33(4): 1027-1037.

(收稿日期: 2023-04-21)
(校对编辑: 孙晓晴)



(上接第33页)

- [1]郭小凤,田斌斌,田雪芹.OSAI基因多态性与EV71所致中枢神经系统感染的关系[J].罕少疾病杂志,2023,30(3):13-14,19.
- [2]Feng G,Zhou L,Li F,et al.Predictors of outcome in clinically diagnosed viral encephalitis patients:a 5-year prospective study[J].Biomed Res Int,2020,2020:2832418.
- [3]Ai J,Xie Z,Liu G,et al.Etiology and prognosis of acute viral encephalitis and meningitis in Chinese children:a multicentre prospective study[J].BMC Infect Dis,2017,17(1):494.
- [4]Schaller MA,Wicke F,Foerch C,et al.Central nervous system tuberculosis :etiology,clinical manifestations and neuroradiological features [J].Clin Neuroradiol,2019,29(1):3-18.
- [5]Swamy SBG,Jaikumar V,Nagaraj NM,et al.Intracranial giant tuberculoma:a 7-year institutional experience and literature review[J].Clin Neurol Neurosurg,2023,225:107593.
- [6]Soni N,Srintharan K,Kumar S,et al.Arterial spin labeling perfusion:prospective MR imaging in differentiating neoplastic from non-neoplastic intra-axial brain lesions [J].Neuroradiol J,2018,31(6):544-553.
- [7]Soni N,Srintharan K,Kumar S,et al.Application of diffusion tensor imaging in brain lesions:a comparative study of neoplastic and non-neoplastic brain lesions [J].Neurol India,2018,66(6):1667-1671.
- [8]杜常月,齐旭红,温智勇,等.SWI、3D-ASL及IVIM鉴别高低级别脑胶质瘤的研究[J].中国CT和MRI杂志,2023,21(1):9-11,28.
- [9]Su H,Su S,Zhang X,et al.Application of arterial spin labeling and susceptibility weighted imaging in the diagnosis of ischemic cerebrovascular diseases [J].Int J Clin Exp Pathol,2020,13(12):3052-3059.
- [10]赵树立,邓克学,程传东.3.0T磁共振1H-MRS代谢产物在脑胶质瘤分级诊断中的价值及其与Ki-67蛋白的相关分析[J].中国CT和MRI杂志,2022,20(8):4-5,14.
- [11]Li H,Duan Y,Liu N,et al.Value of DWI combined with magnetic resonance spectroscopy in the differential diagnosis between recurrent glioma and radiation injury:a meta-analysis [J].Int J Clin Pract,2022,2022:1629570.
- [12]Tazaki Y.The diagnostic criteria of cerebral infarction and the differential diagnosis between cerebral infarction and cerebral hemorrhage [J].Nihon Rinsho,1993,51(1):433-439.
- [13]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.
- [14]Parry AH,Wani AH,Shaheen FA,et al.Evaluation of intracranial tuberculomas using diffusion-weighted imaging (DWI),magnetic resonance spectroscopy (MRS) and susceptibility weighted imaging (SWI) [J].Br J Radiol,2018,91(1091):20180342.

- [15] Ren Q, Guo L, Liu X, et al. Analysis of the effect of incentive nursing intervention in children with severe viral encephalitis and myocarditis during rehabilitation based on diffusion weighted MRI[J]. J Healthc Eng, 2021, 2021: 9993264.
- [16] 雷立存, 杜亚强, 刘振宇, 等. 磁共振扩散加权成像对不同时时期脑梗死的诊断意义[J]. 河北医科大学学报, 2021, 42(1): 90-94.
- [17] Momeni F, Abedi-Firouzjah R, Farshidfar Z, et al. Differentiating between Low- and high-grade glioma tumors measuring apparent diffusion coefficient values in various regions of the brain[J]. Oman Med J, 2021, 36(2): e251.
- [18] 刘晓艳. 扩散加权成像和MRS对病毒性脑炎和脑低级别胶质瘤的鉴别诊断分析[J]. 罕少疾病杂志, 2023, 30(1): 17-18.
- [19] 李瑞, 崔惠勤, 罗雪. 3D-ASL、MRA及DWI技术在诊断急性脑梗死缺血半暗带中的应用[J]. 广西医科大学学报, 2019, 36(5): 819-822.
- [20] Cao Y, Xiao N, Hu S, et al. Role of magnetic resonance three-dimensional arterial spin labeling perfusion in diagnosis and follow-up of viral encephalitis in children[J]. Int J Gen Med, 2022, 15: 8557-8565.
- [21] 卢瑞洁, 张俊成, 黄飞文, 等. 亚急性期脑梗死的体素内不相干运动扩散加权成像[J]. 中国医学影像技术, 2017, 33(8): 1181-1184.
- [22] Zhu Z, Gong G, Wang L, et al. Three-dimensional arterial spin labeling-guided sub-volume segmentation of radiotherapy in adult non-enhancing low-grade gliomas[J]. Front Oncol, 2022, 12: 914507.
- [23] Peng J, Ouyang Y, Fang WD, et al. Differentiation of intracranial tuberculomas and high grade gliomas using proton MR spectroscopy and diffusion MR imaging[J]. Eur J Radiol, 2012, 81(12): 4057-4063.
- [24] Soni N, Kumar S, Srindharan K, et al. Comparative evaluation of brain tuberculosis and metastases using combined analysis of arterial spin labeling perfusion and diffusion tensor imaging[J]. Curr Probl Diagn Radiol, 2019, 48(6): 547-553.
- [25] Kulanthaivelu K, Jabeen S, Saini J, et al. Amide proton transfer imaging for differentiation of tuberculomas from high-grade gliomas: preliminary experience[J]. Neuroradiol J, 2021, 34(5): 440-448.

(收稿日期: 2023-04-18)
(校对编辑: 翁佳鸿)