

论 著

多模态MRI评估急性缺血性脑梗死侧支循环的临床分析*

周 杰* 王开乐 张 欣

北京中医药大学深圳医院(龙岗)影像科
(广东 深圳 518000)

【摘要】目的 综合运用扩散加权成像(DWI)和三维伪连续动脉自旋标记(3D-PCASL)对急性缺血性脑梗死(AIS)侧支循环情况进行评估。方法 选取2020年1月至2021年1月在本医院确诊的98例AIS患者,根据影像结果显示的侧支循环情况分为有侧支循环组(n=56)和无侧支循环组(n=42)。所有AIS患者均进行磁共振常规序列、DWI和3D-ASL成像检查,测量DWI异常高信号面积(SDWI)和3D-PCASL异常灌注面积(S3D-PCASL),比较两者差异;选取DWI扩散受限及3D-PCASL灌注异常感兴趣区(ROI)和对侧镜像区,测量表观扩散系数(ADC)及脑血流(CBF)值;测定两组间不同静脉引流情况及脑血流速度增加值(Δ CBF);绘制受试者工作特征(ROC)曲线,分析ADC、CBF值及两参数联合检测对AIS侧支循环的诊断效能。结果 98例AIS患者中,病变区DWI信号均为高信号,其中S3D-PCASL/SDWI ≥ 1.1 有62例(64.17%);S3D-PCASL $\approx$ SDWI 36例(36.73%);无S3D-PCASL $<$ SDWI;有侧支循环组梗死区和镜像区ADC、CBF值均高于无侧支循环($P<0.05$);有侧支循环组显示静脉正常 Δ CBF值高于无侧支循环组,而静脉舒张 Δ CBF值低于无侧支循环组($P<0.05$);联合ADC和CBF两个参数检测AUC、灵敏度和特异度均高于单一ADC、CBF检测,分别为0.903、80.36%、92.86%。结论 多模态MRI评估AIS患者侧支循环更准确,诊断效能更高,值得临床推广。

【关键词】多模态MRI;急性缺血性脑梗死;侧支循环

【中图分类号】R445.2

【文献标识码】A

【基金项目】深圳市龙岗区经济与科技发展专项资金医疗卫生科技计划项目(扶持类)(LGKCYLWS2019000694)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2022.05.009

Clinical Analysis of Multimodal MRI in the Evaluation of Collateral Circulation in Acute Ischemic Stroke*

ZHOU Jie*, WANG Kai-le, ZHANG Xin.

Department of Imaging, Shenzhen Hospital (Longgang), Beijing University of Traditional Chinese Medicine, Shenzhen 518000, Guangdong Province, China

ABSTRACT

Objective To comprehensively evaluate the collateral circulation of acute ischemic stroke (AIS) by diffusion-weighted imaging (DWI) and three-dimensional pseudo-continuous arterial spin labeling (3D-PCASL). **Methods** A total of 98 patients with AIS confirmed in the hospital were enrolled between January 2020 and January 2021. According to presence or absence of collateral circulation in imaging results, they were divided into circulation group (n=56) and non-circulation group (n=42). All underwent routine magnetic resonance sequence, DWI and 3D-ASL examinations. The square measure of DWI (SDWI) and square measure of 3D-PCASL (S3D-PCASL) were measured, and their differences were compared. The region of interest (ROI) and contralateral mirror area of DWI diffusion limitation and 3D-PCASL perfusion abnormalities were selected to measure apparent diffusion coefficient (ADC) and cerebral blood flow (CBF) values. The different venous drainage and increment of cerebral blood flow velocity (Δ CBF) in both groups were measured. The diagnostic efficiency of ADC, CBF and combined detection for collateral circulation of AIS was analyzed by receiver operating characteristic (ROC) curves. **Results** In the 98 patients with AIS, DWI in lesion areas was all high signals. There were 62 cases (64.17%) with S3D-PCASL/SDWI ≥ 1.1 and 36 cases (36.73%) with S3D-PCASL $\approx$ SDWI. There was no one case with S3D-PCASL $<$ SDWI. ADC and CBF values of the infarct area and mirror zone in circulation group were greater than those in non-circulation group ($P<0.05$). The normal vein Δ CBF value in circulation group was greater than that in non-circulation group, while venous diastolic Δ CBF value was lower than that in non-circulation group ($P<0.05$). AUC, sensitivity and specificity of ADC combined with CBF were 0.903, 80.36% and 92.86%, greater than those of single index. **Conclusion** Multimodal MRI is more accurate in assessing collateral circulation of AIS patients, and the diagnostic efficiency is higher.

Keywords: Multimodal MRI; Acute Ischemic Stroke; Collateral Circulation

急性缺血性脑梗死(acute ischemic stroke, AIS)是临床上缺血性脑卒中最多见的一种疾病,其发病机制是由于供血动脉狭窄或闭塞以及脑部血液输入不足引起的脑组织坏死,其发病率、致残率和死亡率都很高^[1]。在AIS的产生和发展过程中,经常伴随着脑动脉侧支循环的形成和开放。侧支循环的形成和开放对于减轻缺血脑组织的损害很重要,对患者的治疗和预后有重要影响^[2]。因此,有效评估AIS侧支循环是临床医师开展研究的热点。随着现代影像学技术的不断发展,磁共振弥散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)和三维伪连续动脉自旋标记(tree-dimensional pseudo-continuous arterial spin labeling, 3D-PCASL)已广泛应用于疾病的诊断及评估中。DWI是一种非有创性的磁共振技术,可以反映患者机体病变活性组织的水分子微观动态运动情况,并可通过表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)进行定量分析,是最常用的磁共振功能成像^[3]。而3D-PCASL是近年发展起来的用于评估脑血流量(cerebral blood flow, CBF)的非有创性MRI检查序列,该序列是将动脉中存在的水分子作为内源性标记指标,对局部CBF进行测定的一种技术,并在临床取得广泛应用,具有无需注入外源性对比剂、无创等优势^[4]。本研究综合利用DWI和3D-PCASL对AIS的侧支循环情况进行评估,以期临床诊断并治疗AIS提供一定的参考依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2020年1月至2021年1月在本医院确诊的98例AIS患者,其中男55

【第一作者】周 杰,女,主治医师,主要研究方向:MRI相关。E-mail:zhoujie2006zhoujie@163.com

【通讯作者】周 杰

例,女43例,29~80岁,平均年龄(60.09 ± 0.68)岁。

纳入标准:符合《中国急性缺血性脑卒中诊治指南》^[5]诊断标准,且经影像学证实为AIS;MRI检查前未行溶栓治疗;患者属于第一次发病,即使出现既往发病史,也不存在任何后遗症。**排除标准:**合并有脑动脉瘤、脑出血、脑肿瘤、脑创伤及其他脑部病变者;合并血液系统疾病,或器官功能障碍者;对于核磁检查的会产生不良反应,或不能耐受核磁检查者。按照影像结果显示患者脑部是否存在侧支循环情况,将所有患者分为有侧支循环组和无侧支循环组,且分别为56例和42例患者。其中,34例患者显示为脑部深穿支动脉梗死,64例患者显示为颈内动脉和脑大动脉主干梗死,临床均出现肢体偏瘫、偏身感觉障碍、言语障碍和病理征阳性等病理特征。

1.2 检查方法 采用西门子1.5T MAGNETOM Avanto超导磁共振(德国西门子),使用的相控头颈线圈为8通道,并用其进行图像采集。扫描前,将患者置于仰卧位,使患者头部先进入,置于线圈正中部位导。

扫描序列及参数:(1)MRI常规扫描:自旋回波序列(Spin echo, SE)轴位T₁加权像(T₁ Weighted Image, T₁WI):回波时间(Echo Time, TE)为4.2ms,重复时间(Repetition Time, TR)为212.6ms;SE矢状位T₁WI:TE为4.2ms,TR为212.6ms;快速自旋回波序列(fast spin echo, FSE)轴位T₂加权像(T₂ Weighted Image, T₂WI):TE为98.8ms,TR为4369ms。层厚:5mm,间隔:1mm,矩阵:256×256。(2)DWI检查:SE-平面回波成像轴位:TR为4000ms,TE为72ms,视野范围(field of vision, FOV)为200mm,层厚4.0mm,无间隔扫描,矩阵140×100,采用单次激发平面回波,于3个方向(X、Y、Z)施加扩散敏感梯度脉冲,扩散敏感系数(即b值)为0、1000s/mm²。(3)3D-PCASL检查:矩阵128×128,TE为9.8ms,TR为4550ms,FOV为240mm×240mm,间距:1.5mm,层厚:4mm,激励次数(number of excitation, NEX)为4次,标记延迟时间(post label delayed, PLD):1525ms。

1.3 图像处理及分析 所有图像均由3名具有10年以上诊断经验的影像学医生单盲法处理,阅读常规MRI、DWI及3D-PCASL序列图像并进行分析。

采用GE AW 4.6工作站Functool应用软件进行图像后处理,对比测量DWI异常高信号面积(square measure of DWI, SDWI)和3D-PCASL异常灌注面积(square measure of 3D-PCASL, S3D-PCASL)。如测得S3D-PCASL/SDWI ≥ 1.1 ,可以认定缺血半暗区(Ischemic penumbra, IP)存在;0.9<S3D-PCASL/SDWI<1.1,即S3D-PCASL $\approx$ SDWI;其余情况则S3D-PCASL<SDWI。

参考DWI图像中的最高信号水平,描绘感兴趣区域(region of interest, ROI),测量患侧的ADC值,并选择大脑的中线作为轴线。采用与患侧同样的测量方式对镜像区ADC值进行测量,测量三次,然后计算平均值。采用相同的方法描绘出3D-PCASL CBF伪彩图的ROI,描绘操作需根据DWI图像所显示的ROI区域、大小和位置进行,分别测量患者的患侧和患侧镜像区的CBF值,并在3次测量后计算平均值。测量定量参数时,应尽量避免颅骨结构、脑池、脑室及血管。在3D-PCASL序列的控制图像、标记图像及DWI序列图像的梗死区及梗死镜像区域中选择相同面积的ROI,对该区域出现的信号强度进行三次测量,取测量平均值。根据既有3D-PCASL CBF计算公式^[6]计算:TI=2190ms及TI=3190ms时脑梗死区域CBF,并计算其CBF增加量(Δ CBF)。

1.4 统计学方法 本研究中,采用SPSS 22.0统计学软件对数据进行分析,采用($\bar{x} \pm s$)表示满足正态分布且方差齐的计量资料;采用两样本独立t检验比较两种序列组间差异,计数资料用率(%)表示,并以P<0.05表示两种序列之间具有统计学意义。绘制受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线,并通过Logistic回归分析,比较ADC、CBF值及两参数联合检测对AIS侧支循环的诊断效能。

2 结果

2.1 DWI与3D-PCASL诊断效果及影像学表现 AIS患者98例,梗死区在DWI序列所显示的图像上均表现为高信号,而在ADC序列所显示的图像上均表现为低信号改变;在3D-PCASL序列所显示的CBF图中,观察到低灌注的梗死区有48例,未见明确异常灌注的梗死区有29例,表现出高灌注改变的梗死区域有21例,见图1。

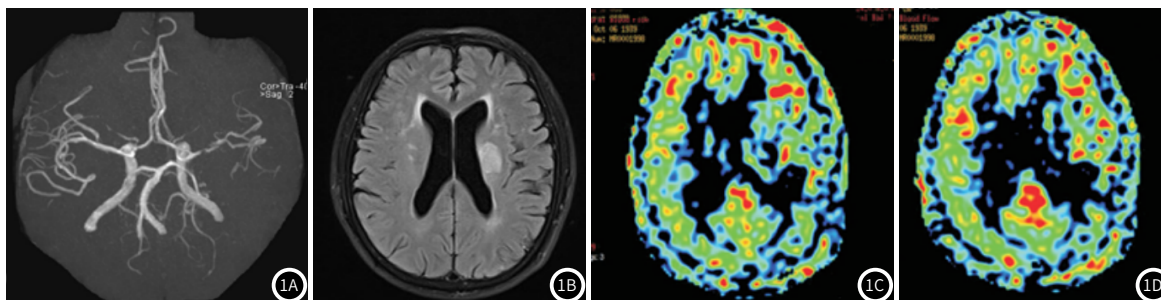


图1 同一病例,女69岁,右侧肢体无力10天、高血压病史。图1A: MRA提示左侧基底节急性脑梗死,左侧大脑中动脉M1段血管腔重度狭窄;图1B: DWI序列示左侧额顶叶见多发斑片状及大片状高信号影,ADC序列呈低信号;图1C、1D: CBF伪彩图提示左侧大脑半球皮层及皮层下见条状高灌注信号。

2.2 DWI、3D-PCASL成像对AIS梗死面积比较 98例AIS患者中,病变区DWI信号均为高信号,其中S3D-PCASL/SDWI≥1.1有62例(64.17%); S3D-PCASL≈SDWI36例(36.73%);无S3D-PCASL<SDWI。

2.3 两组病变区、镜像区ADC及CBF值比较 与镜像区相比,两组梗死区ADC、CBF值均降低,且有侧支循环组梗死区和镜像区ADC、CBF值均高于无侧支循环(P<0.05),见表1。

表1 两组病变区、镜像区ADC及CBF值比较

组别	例数	ADC(μm ² /ms)		CBF[mL/(100g·min)]	
		梗死区	镜像区	梗死区	镜像区
有侧支循环组	56	0.57±0.12	0.76±0.19	27.35±8.23	50.12±12.34
无侧支循环组	42	0.43±0.13	0.68±0.18	22.15±6.93	44.63±11.45
t		5.515	2.109	3.308	2.247
P		<0.001	0.037	0.001	0.027

2.4 两组静脉引流状态与脑血流速度增加量比较 有侧支循环组显示静脉正常△CBF值高于无侧支循环组,而静脉舒张△CBF值低于无侧支循环组(P<0.05),见表2。

表2 两组静脉引流状态与脑血流速度增加量比较

组别	例数	△CBF[mL/(min·100mg)]	
		静脉正常	静脉扩张
有侧支循环组	56	9.83±2.85	4.36±1.17
无侧支循环组	42	7.52±2.26	5.47±1.29
t		4.329	4.447
P		<0.001	0.037

2.5 ADC、CBF及两参数联合检测对AIS侧支循环诊断效能比较 ROC曲线显示ADC截断值为0.526μm²/ms,灵敏度为73.21%,特异度为76.19%,AUC为0.784; CBF截断值为24.089mL/(100g·min),灵敏度为67.86%,特异度为76.21%,AUC为0.767; 联合ADC和CBF两个参数联合检测灵敏度为80.36%,特异度为92.86%,AUC为0.903,见图2及表3。

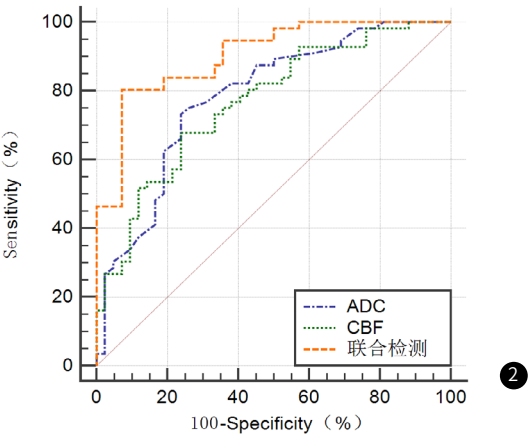


图2 ADC、CBF诊断AIS侧支循环的ROC曲线

表3 ADC、CBF诊断AIS侧支循环的ROC特征

检测方法	AUC	95%CI	截断值	灵敏度	特异度	P值
ADC	0.784	0.689~0.860	0.526	73.21	76.19	<0.001
CBF	0.767	0.671~0.846	24.089	67.86	76.21	<0.001
ADC联合CBF	0.903	0.827~0.954		80.36	92.86	<0.001

3 讨论

脑梗死是一种导致患者残疾和死亡概率较高的疾病,其包括两种类型,分别为缺血性脑梗死和出血性脑梗死。其中对于发病率而言,缺血性脑梗死高于出血性脑梗死^[7]。而缺血性卒中患者脑梗死后缺血半暗带(ischemic penumbra, IP)的血流灌注可以通过良好的脑侧支循环的建立来升高,并对缺血组织神经功能的恢复起到促进作用,获得更多的治疗时间^[8]。脑侧支循环是指当大脑提供血液的动脉变得狭窄或被阻塞时,血液通过其他血管,如刚好吻合的侧支或新形成的血管抵达血液供应不足区,使无法得到血液供应的组织进行不同程度的灌注代偿,是脑循环代偿机制之一,在急性缺血性卒中中扮演着不可替代的角色^[9]。高血压、高血糖、高血脂、高尿酸血症等均是可对侧支循环形成的产生影响的因素。侧支循环是否存在不仅对AIS患者选择静脉溶栓还是动脉溶栓具有参考价值,且对患者预后评估产生重要影响^[10]。目前,DSA、CT以及MRI都可以评估侧支循环,并在临床中得到广泛的使用。其中DSA检查是一种有创的技术,但检测需要的时间较长;CT检查虽然方便、快速,但存在一些问题,例如:辐射、对比剂过敏等;而评估侧支循环,使用MRI技术不仅具有多样性,还具有无创、全面的特点^[11]。因此,在临床检测运用中,非创性多模态MRI技术联合使用对于评估AIS患者侧支循环情况极其重要,其所呈现的评估结果对于临床治疗AIS患者方案的选择具有参考意义。

DWI是一种非有创技术,在检测动脉中水分子扩散运动状态等方面,敏感度较高^[12]。在DWI检查期间,超急性脑出血患者脑部的血肿信号会出现异常,因为超急性血肿中存在脱氧血红蛋白(deoxy hemoglobin, HHb),它是一种对磁性敏感的物质,并且处于中心部位的血红蛋白和红细胞的结构产生了改变,导致DWI信号减少或丢失,从而血肿可以清楚地图像上显示出来;同时,常规MRI序列,如T₁WI,等信号或低信号均出现在血肿中心;而在T₂WI序列上,等信号或高信号出现在血肿中心;在DWI序列上,高信号出现在血肿中心,但在周围显示低信号^[13]。3D-PCASL成像技术是一种连续式与脉冲式的有机结合,主要基于FSE,可以克服运动伪影的产生,使磁敏感伪影现象减少,从而提高图像的信噪比,获得更均匀的图

像^[14]。成像技术3D-PCASL不需要在实际使用过程中注入对比剂。它具有快速、安全和无创诊断的优点。当用于急性缺血性卒中的诊断时,可发现随时间推移的异常灌注,可以在影像学方面为临床诊断和治疗提供可靠的依据^[15]。本研究结果显示,AIS患者中64.17%的患者S3D-PCASL/SDWI ≥ 1.1 ,其机制是由于脑部大动脉以及分支血管血流受到阻塞导致侧支循环还没有被完全建立,使IP区出现,导致该区域在DWI图像上表现为低信号。而相同层面的3D-PCASL图像则表现为灌注减低,提示梗死中心区域周边的缺乏血液供应组织损伤,虽然损伤可逆但恢复会受到时间的限制。而AIS患者中36.73%的患者出现S3D-PCASL $\approx$ SDWI,可能是由于在发病早期,患者脑部出现大范围梗死,有效侧支循环没有形成,且这个损伤过程是不可逆的,或晚期病变IP已转变为梗死灶。AIS患者中无S3D-PCASL $<$ SDWI,可能是因为3D-PCASL扫描时,脑梗死血管再通(血管壁破裂形成纹路的通道)的发生或病因已排除,灌注没有表现出明显异常。

本研究结果还显示,与镜像区相比,两组梗死区ADC、CBF值均降低,且有侧支循环组梗死区和镜像区ADC、CBF值均高于无侧支循环。分析原因,这可能是由于梗死区脑组织缺血、缺氧,细胞发生毒性水肿,对应间隙减小,水分子扩散受限,且血管狭窄、闭塞造成血流灌注减低,所以梗死区ADC、CBF值降低;又因为侧支循环可以通过代偿途径维持AIS患者颅内血流动力学稳定,可以向脑组织供血,所以局部脑组织ADC、CBF值增加。提示ADC、CBF值对AIS患者是否存在侧支循环较敏感。本研究中,有侧支循环组显示静脉正常患者 Δ CBF值高于无侧支循环组患者,而静脉舒张患者 Δ CBF值低于无侧支循环组患者($P<0.05$)。说明缺乏侧支循环是导致梗死区静脉扩张的原因之一。分析原因可能是梗死区周边脑血流量减少。此时,缺血区域的神经细胞代偿性组织摄取分数获得增加,为了满足自身的血氧需求,从而直接促使在引流脑静脉内的HHb含量的增多。当侧支循环代偿被有效的建立时,血液不足区域的血液供氧逐渐恢复,引流静脉中的脱氧血红蛋白减少。通过ROC曲线分析显示,联合ADC和CBF两个参数联合检测的AUC为0.903,高于ADC(0.784)、CBF(0.767)单一使用。ADC和CBF两个参数联合检测的灵敏度和特异度较高,分别为80.36%、92.86%。说明将这两种成像技术联合使用来诊断AIS患者的侧支循环情况可以相辅相成,互相补充,提高诊断效能。

综上所述,多模态MRI评估AIS患者侧支循环准确性更高,ADC、CBF参数联合检测可以提高诊断效能,以期在临床治疗AIS方案的选择及预后的评估中提供一定的参考。

参考文献

[1] Lee T J, Roh H G, Kim J H, et al. Collateral and

- permeability imaging derived from dynamic contrast material-enhanced MR angiography in prediction of PH 2 hemorrhagic transformation after acute ischemic stroke: A pilot study[J]. *Neuroradiology*, 2021, 63(9): 1471-1479.
- [2] Joo L, Jung S C, Lee H, et al. Stability of MRI radiomic features according to various imaging parameters in fast scanned T₂-FLAIR for acute ischemic stroke patients[J]. *Sci Rep*, 2021, 11(1): 17143.
- [3] 卓丽华, 唐春耕, 周明, 等. ¹H-磁共振波谱成像联合弥散加权成像、3D-动脉内源性标记对急性脑梗死缺血半暗带的评估价值[J]. *中华临床医师杂志(电子版)*, 2019, 13(8): 596-602.
- [4] 黄文明, 闻彩云, 支海鹰. 3D-pcASL在超急性与急性缺血性脑梗死鉴别及预后评估中的应用[J]. *医学影像学杂志*, 2020, 30(4): 691-694.
- [5] 中华医学会神经病学分会脑血管病学组急性缺血性脑卒中诊治指南撰写组. 中国急性缺血性脑卒中诊治指南2010[J]. *中国全科医学*, 2011, 14(35): 4013-4017.
- [6] 惠辉. 急性脑梗死患者溶栓治疗疗效评估中3D-PCASL技术的应用[J]. *检验医学与临床*, 2020, 17(14): 2077-2079.
- [7] 史冬梅, 杨兴东, 刘磊. 急性缺血性脑梗死患者并发脑微出血的危险因素分析及其与动态动脉硬化指数的关系[J]. *山东医药*, 2021, 61(11): 70-72.
- [8] 张哲宇, 徐良额, 江秉泽, 等. 基于CT灌注成像评估侧支循环在急性缺血性脑卒中取栓前后脑梗死进展及预后评估中的应用[J]. *中华神经医学杂志*, 2021, 20(1): 8-15.
- [9] Gui X, Wang L, Wu C, et al. Prognosis of subtypes of acute large artery atherosclerotic cerebral infarction by evaluation of established collateral circulation[J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2020, 29(11): 105232.
- [10] Seyman E, Shaim H, Shenhar-Tsarfaty S, et al. The collateral circulation determines cortical infarct volume in anterior circulation ischemic stroke[J]. *BMC Neurol*, 2016, 16(1): 206-209.
- [11] 陈亚男, 何学明. 急性脑梗死侧支循环研究现状[J]. *国际神经病学神经外科学杂志*, 2019, 46(6): 680-683.
- [12] Nakajo Y, Zhao Q, Enmi J I, et al. Early Detection of Cerebral Infarction After Focal Ischemia Using a New MRI Indicator[J]. *Mol Neurobiol*, 2019, 56(1): 658-670.
- [13] Yuan T, Ren G, Quan G, et al. Maximum lesions area and orthogonal values accessed from DWI images would be alternative imaging markers for predicting the outcome of acute ischemia in the middle cerebral artery territory[J]. *Acta Radiol*, 2019, 60(5): 628-633.
- [14] 许开喜, 马先军, 陈新建, 等. SWI联合3D-PCASL对急性脑梗死预后评估的研究[J]. *实用放射学杂志*, 2016, 32(12): 1845-1849.
- [15] 杨清, 蒋代彬. 三维动脉自旋标记对急性期缺血性脑卒中患者的诊断及预后评估价值分析[J]. *实用医院临床杂志*, 2020, 17(1): 110-113.

(收稿日期: 2021-09-07)