

论 著

磁共振DTI成像技术在弥漫性轴索损伤临床诊断及病情评估中的应用研究*

谢晶美¹ 朱志敏¹ 陈苗苗¹
郭宝琴¹ 刘 浩¹ 李宏荣^{2,*}

1.陕西省榆林市第二医院磁共振
(陕西 榆林 719000)

2.陕西省榆林市第二医院影像中心
(陕西 榆林 719000)

【摘要】目的 探讨磁共振扩散张量(DTI)成像技术在弥漫性轴索损伤(DAI)中的诊断效能,并分析其对预后病情评估的临床价值。方法 回顾性选取2017年2月至2020年2月榆林市第二医院收治的DAI患者87例,均符合纳入标准并进行磁共振DTI成像检查,了解神经轴索情况,以手术病理结果为金标准,计算磁共振DTI成像技术在DAI中的诊断效果;随访半年后根据格拉斯哥昏迷量表(GOS)将入组患者分为轻度组(GOS 13~15分, n=49例)与中度组(GOS 9~12分, n=25例)与重度组(GOS 3~8分, n=13例),测量并比较三组大脑半球不同感兴趣区(胼胝体膝部、胼胝体压部、内囊前肢、内囊后肢、外囊)各向异性(FA)值之间的差异,分析其在预后病情评估中的价值。结果 87例DAI患者中病理诊断结果显示阳性82例,阴性5例;磁共振DTI成像技术显示阳性80例,阴性4例,其灵敏度、特异度、准确率及阳性和阴性预测值分别为98.77%、66.67%、96.55%、97.56%、80.00%;随访半年后进行检查发现三组5个感兴趣区FA值比较均存在显著性差异($P<0.05$)。结论 磁共振DTI成像技术用于DAI中,能及时发现轴索纤维束破损情况,并确认有无出血病灶;另外还能通过比较感兴趣区FA值的差异,在病情严重程度及预后评估中发挥重要作用。

【关键词】磁共振扩散张量成像技术;弥漫性轴索损伤;诊断效能;预后病情评估

【中图分类号】R445.2

【文献标识码】A

【基金项目】陕西省卫生计生科研基金项目;
基于磁共振功能成像技术对脑损伤修复演变过程的研究(2016D098)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.03.016

Application of DTI in Clinical Diagnosis and Condition Evaluation of Diffuse Axonal Injury*

XIE Jing-mei¹, ZHU Zhi-min¹, CHEN Miao-miao¹, GUO Bao-qin¹, LIU Hao¹, LI Hong-rong^{2,*}.

1.Magnetic Resonance, The Second Hospital of Yulin City, Yulin 719000, Shaanxi Province, China
2.The Second Hospital of Yulin City, Shaanxi Province, Imaging Center, Yulin 719000, Shaanxi Province, China

ABSTRACT

Objective To investigate the diagnostic efficiency of diffusion tensor imaging (DTI) for diffuse axonal injury (DAI), and analyze its clinical value in condition evaluation. **Methods** 87 patients with DAI admitted to Yulin Second Hospital between February 2017 and February 2020 were retrospectively selected. All met the inclusion criteria and underwent DTI. Surgical pathological results were taken as the golden standard to calculate the diagnostic efficiency of DTI for DAI. After half a year of follow-up, patients enrolled were divided into mild group (13-15 points, n=49), moderate group (9-12 points, n=25) and severe group (3-8 points, n=13) according to the Glasgow Outcome Scale (GOS) score. Comparison was made among the 3 groups in terms of fractional anisotropy (FA) values of different regions of interest in cerebral hemisphere (genu of corpus callosum, splenium of corpus callosum, anterior limb of internal capsule, posterior limb of internal capsule and external capsule). The value of DTI in condition evaluation was analyzed. **Results** Pathological results showed 82 positive cases and 5 negative cases. DTI showed 80 positive cases and 4 negative cases. The sensitivity, specificity, accuracy, positive and negative predictive values of DTI were 98.77%, 66.67%, 96.55%, 97.56%, and 80.00%, respectively. Half a year of follow-up found that FA values of the 5 regions of interest showed statistically significant differences among the 3 groups ($P<0.05$). **Conclusion** DTI can detect damage of axonal fiber bundles in time and confirm whether there are bleeding lesions. In addition, FA values of different regions of interest play an important role in condition evaluation of the patients.

Keywords: Diffusion Tensor Imaging; Diffuse Axonal Injury; Diagnostic Efficiency; Condition Evaluation

弥漫性轴索损伤(DAI)作为临床脑外伤疾病之一,也是导致神经功能障碍的常见因素,通常是由于事故、殴打、坠落等特殊外力作用使头部受到外伤,进而引起以轴索损伤为主要特征的原发性脑实质损伤,常表现为意识障碍、呼吸不畅、瞳孔涣散等,病情严重者可引起脑疝、肺部感染等严重并发症^[1]。据相关数据表明DAI临床表现缺乏特异性,且具有非出血性病灶及针尖样出血点,若只通过简单的体格体检检查可能无法准确鉴别,加上其死亡率在脑损伤中的占比较高^[2],因此如何提高其诊断效率已成为我院的重要课题之一。以往对于DAI的诊断需要依赖于CT、MRI等影像学技术,但对于小型病灶的DAI患者而言,常规于CT及MRI依然存在较高的漏诊率^[3]。随着我国影像学技术的完善及多种模型的建立,磁共振扩散张量(DTI)成像技术的出现为该病诊断及治疗提供了有利条件,其能通过水分子扩散差异性的原理反映纤维束走向及神经细胞连接情况,目前在DAI、脑白质疏松、梨状肌综合症、脑缺血等疾病中得到了广泛应用^[4-5]。但由于DAI病情多样且预后不良,为减少致残致死的出现,寻找一种早期预测方法也成为现阶段临床研究的重难点之一,但目前尚无统一标准且关于磁共振DTI成像在病情评估中的研究也较少。鉴于此,我院将87例DAI患者作为研究对象,通过分析磁共振DTI成像在诊断及预后评估中的作用,以期临床诊治及病情判断提供参考依据。现将结果报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性选取2017年2月至2020年2月榆林市第二医院收治的DAI患者87例。

纳入标准:均经组织病理学确诊为DAI^[6],常规CT扫描可见颅内小病灶;所有患者均有不同程度的昏迷、意识障碍、呼吸困难、大脑强直等症状,多伴有较明显的神经功能障碍后遗症或持续性植物状态生存;所有患者均允许进行磁共振DTI成像检查;研究符合伦理道德。排除标准:既往有脑部疾病;合并脑疝;影像图像质量较差;配合意识差;预计生存期<60天。根据格拉斯哥昏迷量表(GOS)将入组患者分为轻度组(GOS 13~15分, n=49例)与中度组(GOS 9~12分, n=25例)与重度组(GOS 3~8分, n=13例)。三组一般资料相比无统计学意义($P>0.05$),具有可比性。见表1。

1.2 仪器与方法 磁共振DTI成像检查方法:患者检查前一天禁食禁水,术前常规消毒铺巾患者取舒适仰卧位,采用德国Siemens Avanto 1.5 T超导型磁共振扫描仪进行扫描,选用8通道通道相控阵头颅线圈扫描,常规MR扫描序列包括:TSE序列T₁WI(执行时间间隔300 ms、回波时间2.48ms)、T₂WI(执行时间间隔6000 ms、回波时间90ms)、TSE序列T₁WI矢状位(执行时间间隔440 ms、回波时间2.48 ms),参数设置:矩阵

【第一作者】谢晶美,女,主治医师,主要研究方向:临床、成人DTI相关内容。Email: xjm20211118@163.com

【通讯作者】李宏荣,男,主治医师,主要研究方向:新生儿胸部影像诊断、X线乳腺诊断。Email: 634453384@qq.com

512×256 mm、视野为 230×230 mm、层厚为4.0 mm、层间距为2.0 cm、扩散敏感因子为1500 s/mm²，常规序列扫描时间为235 s，DTI扫描时间为252 s，连续扫描25层。需要注意的是扫描期间应尽量避免开邻近颅底骨组织及脑脊液。DAI图像标准：损伤部位多位于脑中轴部位两侧白质，且大脑灰白质、胼胝体、基底节的鞍部位可见斑点状出血灶(直径<2 cm)，脑室脑池缩小或消失，近中线部位多发灶状出血。

1.3 图像处理与评估 分析图像并利用Syngo-Neuro 3D软件处理病灶相关数据。由计算机生成扩散系数图及部分各向异性图，由两名专业的影像学诊断医师分别阅片，选取海马中轴线两侧胼胝体膝部、胼胝体压部、内囊前肢、内囊后肢及外囊5个区域测量其各向异性(FA)值，各参数连续测量2~3次，取其平均值。

1.4 观察指标 (1)与手术病理学结果为金标准，计算磁共振DTI成像在DAI中的灵敏度、特异度、准确率及阳性和阴性预测值，其中灵敏度=真阳性/(真阳性+假阴性)；特异度=真阴性/(假阳性+真阴性)；准确率=(真阳性+真阴性)/总例数；阳性预测值=真阳性/(真阳性+假阳性)；阴性预测值=真阴性/(真阴性+假阴性)；(2)经规范化治疗后半年，根据GOS标准^[7]比较不同病情分组之间大脑半球感兴趣区FA值的差异，分析其在病情评估中的价值。(3)案例分析。

1.5 统计学方法 采用SPSS 22.0软件进行处理，以率(%)、平均数±标准差($\bar{x} \pm s$)分别代表计数资料、计量资料，行 χ^2 检验、F检验；以P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 磁共振DTI成像在DAI中的诊断效能 87例DAI患者中病理诊断结果显示阳性82例，阴性5例；磁共振DTI成像检查显示阳性80

例，阴性4例，其灵敏度、特异度、准确率及阳性和阴性预测值分别为98.77%、66.67%、96.55%、97.56%、80.00%，见表2。

2.2 不同病情分组之间大脑半球感兴趣区FA值比较 三组胼胝体膝部、胼胝体压部、内囊前肢、内囊后肢及外囊FA值比较均存在显著性差异(P<0.05)，即GOS评分越低，其病情程度越严重，感兴趣FA值越小，见表3。

2.3 案例分析 选取我院6例患者进行分析，其图像多以脑中轴部位两侧白质损伤严重，且大脑灰白质、胼胝体、基底节等部位可见斑点状出血，部分可见脑室脑池缩小或消失。见图1~图6。

表1 三组一般资料(n)

分组	例数	男/女	平均年龄(岁)	平均病程(月)
轻度组	49	30/19	40.20±11.87	10.17±3.15
中度组	25	18/7	39.37±11.19	9.25±2.88
重度组	13	8/5	38.61±9.54	11.06±2.34
F/ χ^2		0.891	0.117	1.698
P		0.640	0.889	0.189

表2 磁共振DTI成像在DAI中的诊断效能

磁共振DTI成像	病理结果		合计
	阳性(82例)	阴性(5例)	
阳性	80	1	81
阴性	2	4	6
合计	82	5	87

表3 不同病情分组之间大脑半球感兴趣区FA值比较

分组	例数	胼胝体膝部	胼胝体压部	内囊前肢	内囊后肢	外囊
轻度组	49	0.65±0.02	0.76±0.05	0.58±0.03	0.63±0.04	0.48±0.02
中度组	25	0.63±0.03	0.73±0.03	0.53±0.04	0.60±0.03	0.45±0.04
重度组	13	0.58±0.05	0.68±0.05	0.50±0.03	0.56±0.04	0.41±0.03
F值		30.164	16.857	38.829	19.474	33.481
P		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

3 讨论

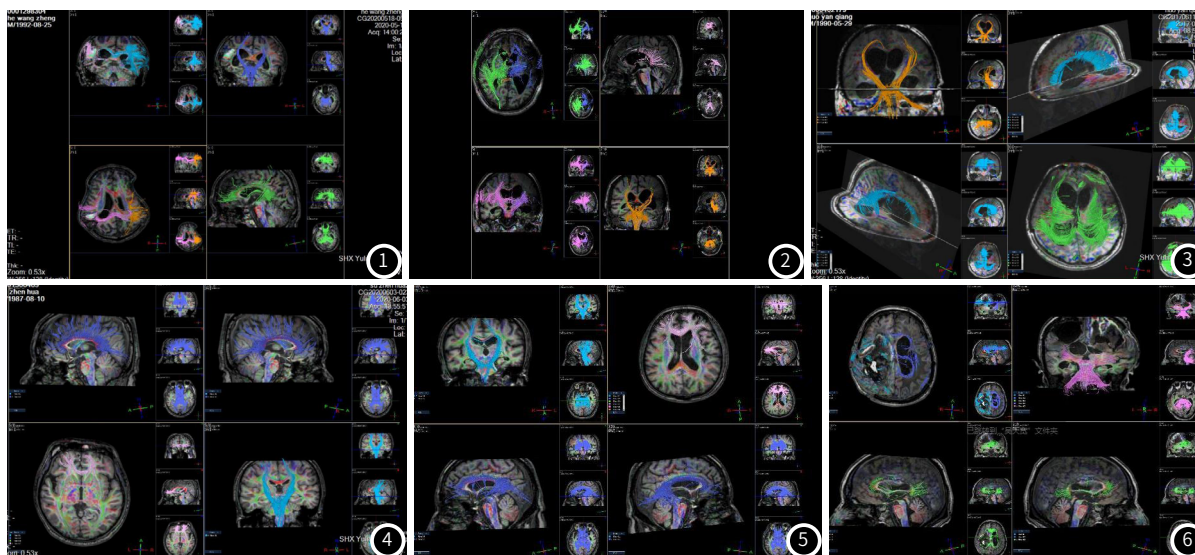
DAI作为临床闭合性脑损伤疾病之一，也是国际学术界所公认的重要的脑外伤，由于其病情危重，昏迷时间长，致死率及致残率均较高，且恢复后常伴有不同程度的认知障碍、肢体残疾、视野模糊等现象，目前已成为临床治疗的难点之一^[8]。因此改善DAI患者预后的关键就在于早期诊断，通过尽早对其进行干预，以减少损伤程度，减少致残致死率。现有的临床诊断方法包括CT、MRI等，其中CT作为临床最常用的影像学检查方法，能凭借精确准直的X线束、超声波等技术及高灵敏度的探测器对病灶部位进行断面扫描，实时显像颅脑可疑性病变及颅内小病灶，通过观察大脑白质密度、界线、双侧脑室等情况为临床治疗提供重要参考信息，具有扫描时间短，图像清晰等特点，但对软组织的分辨率较低，易出现漏诊误诊^[9]；MRI则是利用磁场及射频电波反映图像，可以直观地发现形态结构及其信号强度变化，加上其能通过多方位、多序列参数成像，在一定程度上能部分弥补CT应用的缺陷^[10]。虽然二者在DAI早期诊断中均能发挥自己独特优势，但在显示索本身损伤程度的效果却并不理想。

近年来随着MRI技术的不断发展，磁共振DTI成像技术在临床其他领域已经取得了实质性进展^[11]，为此本研究将其用于DAI诊断及病情评估中，经结果显示磁共振DTI成像技术的灵敏度、特异度、准确率及阳性和阴性预测值分别为98.77%、66.67%、96.55%、97.56%、80.00%，表明磁共振DTI成像技术可作为临床DAI诊断的首选方法，能最大限度地弥补常规CT及MRI的不足，是由于磁共振DTI成像技术能在病理状态下反映各组织内水分子运动交换状态，提供脑部细微结构的可靠信息，而且还能对

人体组织空间信息进行活体研究，直观的显示脑白质纤维束的走行方向及脑组织的病理性改变^[12]，因此其对于DAI的临床诊断及治疗指导具有重要意义。

据相关研究表明神经电生理学可直接反映DAI神经功能，通过检测脑干、皮质、通路等诱发电位，帮助临床医师动态监测及指导治疗，能为临床评价疗效及预后判断提供客观依据^[13]，加上该病情复杂多变，需要定期对其进行有效监测，控制并延缓病情发展，因此DAI患者病情评估也是改善其预后的重要部分，本研究结果显示三组5个感兴趣区FA值比较均存在显著性差异，说明不同病情分组之间的其脑白质FA值也存在明显不同，且随着GOS评分降低而降低，曹付强^[14]等的研究显示磁共振DTI成像在DAI患者预后判断及结局预测中具有优势，与本研究结果具有一致性，分析原因可能是FA值主要反映水分子的扩散方向，间接描述神经纤维多寡及完好程度，且不同人体组织结构其水分子扩散运动在各方向上也会有明显差异，当其在DAI患者中时，会受到细胞水肿或神经纤维的影响，使得水分子沿神经纤维束方向异向性扩散降低^[15]，因此临床可通过比较不同感兴趣区的FA值对其病情状态做出初步判断。但由于本研究还存在以下局限性：患者数量较少，且测量次数较少，可能会导致该研究的结果受到影响，因此还需加大样本量，多次计算FA值求出平均值，以期获得更可靠的数据。

综上所述，磁共振DTI成像技术用于DAI患者中，不仅能提高其诊断效能，还能通过对比FA值的差异为临床病情评估提供重要参考信息，值得推广。



参考文献

- [1] 张有友, 刘良, 任亮. 弥漫性轴索损伤病理改变及病理生理机制的研究进展[J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2021, 19(1): 73-76.
- [2] 李民涛, 贾竹亭, 冀连峰, 等. 弥漫性轴索损伤102例预后及相关因素分析[J]. 天津医药, 2019, 47(1): 63-66.
- [3] 张军强, 杜红艳, 刘连峰, 等. 脑弥漫性轴索损伤患者颅脑CT和MRI表现及其与病情严重程度的关系[J]. 临床医学研究与实践, 2020, 5(35): 136-138.
- [4] 刘宇, 王薇, 韩涛, 等. 磁共振成像技术对梨状肌综合征诊断价值研究[J]. 创伤与急危重病医学, 2017, 5(3): 161-163, 167.
- [5] 杨巍, 孙永新. 磁共振扩散张量成像技术下运动功能康复锻炼在脑梗死患者术后的应用[J]. 中国医学装备, 2021, 18(5): 69-73.
- [6] 樊月, 董磊, 欧阳斌, 等. 原发性CD5阳性的弥漫性大B细胞淋巴瘤的临床病理学特征[J]. 中华病理学杂志, 2020, 49(5): 448-453.
- [7] 林芸, 尚娟, 曹海泉. 弥漫性轴索损伤患者颅脑CT表现及与GCS评分、临床预后的关系分析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2020, 18(9): 31-33.
- [8] 杨艺, 党圆圆, 徐琨, 等. 弥漫性轴索损伤致慢性意识障碍患者意识恢复的影响因素分析[J]. 中华神经外科杂志, 2020, 36(10): 998-1003.
- [9] 阮娇妮, 宋黎涛. 颅脑损伤后弥漫性轴索损伤的CT表现与患者神经元水通道蛋白表达的相关性[J]. 中国实验诊断学, 2021, 25(1): 93-97.
- [10] 吴晓芬, 王璐, 吴晨颖. CT与MRI在弥漫性颅脑轴索损伤诊断中的应用价值评价[J]. 临床和实验医学杂志, 2020, 19(2): 209-211.
- [11] 施璐, 李红叶. 多模态功能磁共振成像对脑瘫儿童诊治的指导作用[J]. 中国CT和MRI杂志, 2019, 17(1): 31-33.
- [12] 于洪福, 尹超, 姜云飞. 磁共振扩散张量成像联合1H-MRS技术在HIE诊断及病情评估中的应用[J]. 分子诊断与治疗杂志, 2021, 13(7): 1063-1066, 1070.
- [13] 陈宋育, 董艳, 高亮. 弥漫性轴索损伤的诊断、预后评估和治疗进展[J]. 中华创伤杂志, 2020, 36(5): 463-469.
- [14] 曹付强, 李经纶, 王本瀚. DTI及DTT技术在弥漫性轴索损伤预后判断中的作用[J]. 中华神经创伤外科电子杂志, 2020, 6(5): 304-307.
- [15] 冯枫, 周波, 王磊, 等. 阿尔茨海默病及遗忘型轻度认知功能损害中海马-丘脑功能连接和结构连接的相关性研究[J]. 中华内科杂志, 2019, 58(9): 662-667.

(收稿日期: 2021-11-14)

(校对编辑:)

(上接第 32 页)

分析其可能原因为扫描层厚较厚或CT高密度征出现时间短暂有自行消失趋势, 导致敏感度不佳^[18]。本研究应用在CT平扫后进行增强扫描, 共检出颅内血栓38例(DSA检出50例), 灵敏度和特异度分别70.00%、93.18%, 与既往报道结果相符^[19], 但与DSA检查Kappa值0.516, 一致性一般。

高分辨率MRI扫描中的SWI是利用不同物质的顺磁性差异进行的现象技术, 由梯度回旋波发展而来。脑梗死早期, 颅内动脉血管内主要顺磁性物质为脱氧血红蛋白, SWI对其具有极强敏感性, 表现为低信号, 当低信号直径超过正常血管信号直径即可确诊。但国内外报道的SWI对颅脑动脉血栓诊断的灵敏度仍有较大差异^[20-21], 分析原因可能为, 纳入患者的血栓形成时间不一, 因而血栓成分中的顺磁性物质含量发生改变, 或血栓形成后发生自发性溶解; 此外, 部分研究由于重症患者出现运动伪影不符合图像标准而被剔除, 但该类患者较易形成血栓。Cube FLAIR序列由三维快速自旋回波序列发展而来, 是FLAIR的3D成像, 与常规FLAIR相比具有较多优势^[22-23], 可保证各向成像相同的分辨率, 同时不改变信噪比和噪声比; 重建图像可矫正弯曲动脉, 利于观察动脉壁和官腔结构; 在FLAIR基础上进一步减弱脑脊液流动伪影; 缩短成像时间且可进行一次性全脑扫描。本研究中SWI检出40, Cube FLAIR检出43例, 将HR-MRI的两种技术并联合进行诊断, 结果显示共检出48例, 诊断颅内血栓的灵敏度为96.00%, 特异度为100.00%, Kappa值为0.945, 提示HR-MRI与DSA检查在颅内血栓的诊断中具有高度一致性。

综上所述, HR-MRI与CT在颅脑动脉血栓中均有较高的诊断价值, 但HR-MRI SWI及Cube FLAIR对颅脑动脉血栓的诊断价值更高, 有助于缺血性脑梗死的早期诊断和治疗。

参考文献

- [1] 孔祥飞, 李涛, 宋发友, 等. 2008-2017年贵州省黔南州居民脑卒中死亡率及变化趋势分析[J]. 现代预防医学, 2019, 46(12): 2239-2242.
- [2] Ruedinger K L, Schafer S, Speidel M A, et al. 4D-DSA: Development and current neurovascular applications[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2021, 42(2): 214-220.
- [3] van Hooff R J, Gyllenberg J, Jesuratnam-Nielsen K, et al. Computed tomography perfusion showing cerebral hypoperfusion in a patient with acute cerebral venous sinus thrombosis—a case

- report[J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2020, 29(5): 104681.
- [4] Liu Y L, Yin H P, Qiu D H, et al. Multiple hypointense vessels on susceptibility-weighted imaging predict early neurological deterioration in acute ischaemic stroke patients with severe intracranial large artery stenosis or occlusion receiving intravenous thrombolysis [J]. Stroke Vasc Neurol, 2020, 5(4): 361-367.
- [5] Li M L, Xu Y Y, Hou B, et al. High-resolution intracranial vessel wall imaging using 3D CUBE T1 weighted sequence[J]. Eur J Radiol, 2016, 85(4): 803-807.
- [6] 马松华, 马丹, 陆健美, 等. 磁共振液体反转换序列与弥散加权成像不匹配对进展性脑梗死的预测价值[J]. 中国临床医学, 2020, 27(1): 95-97.
- [7] 中华医学会神经病学分会, 中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国急性缺血性脑卒中诊治指南2014[J]. 中华神经科杂志, 2015, 48(4): 246-257.
- [8] Vercluyte S, Fisch O, Colas L, et al. ASL and susceptibility-weighted imaging contribution to the management of acute ischaemic stroke [J]. Insights Imaging, 2017, 8(1): 91-100.
- [9] 许开喜, 陈新建, 左涛生, 等. FLAIR与SWI大脑中动脉血管征对急性缺血性脑卒中诊断价值研究[J]. 中国临床影像学杂志, 2017, 28(9): 609-613.
- [10] 刘建, 陈昱灿, 李俊鹏. 急性期脑梗死患者CT及MRI影像学特点分析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2019, 17(5): 22-25.
- [11] Herpich F, Rincon F. Management of Acute Ischemic Stroke[J]. Crit Care Med, 2020, 48(11): 1654-1663.
- [12] 朱燕, 熊雅, 殷志志. 3.0T MRI颈动脉斑块高分辨成像在IS患者中的应用价值分析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2019, 17(11): 7-9.
- [13] 郑哈冲, 李思睿, 李欢, 等. 颈动脉的高分辨率磁共振血管壁成像的影像分析[J]. 磁共振成像, 2020, 11(5): 343-347.
- [14] 张伊, 付昌昌, 任翠萍, 等. 高分辨率磁共振成像显示的动脉粥样硬化与颅内动脉瘤破裂风险的相关性[J]. 国际脑血管病杂志, 2020, 28(4): 271-276.
- [15] Lu T, Zou Y, Jiang T, et al. Intracranial artery injury in HIV-negative tuberculous meningitis: a high-resolution vessel wall imaging study[J]. Clin Neuroradiol, 2020, 30(2): 381-388.
- [16] Ognard J, Cheddad El Aouni M, Dissaux B, et al. Four-dimensional computed tomography angiography analysis of internal carotid arteries opacification at the skull base to detect delayed cerebral ischemia: a feasibility study[J]. Int J Comput Assist Radiol Surg, 2020, 15(12): 2005-2015.
- [17] 陆翠红, 张宝元. 老年脑出血患者颅脑电子计算机断层扫描表现及其诊断价值[J]. 实用临床医药杂志, 2019, 23(24): 8-10.
- [18] Mangesus S, Janjic T, Steiger R, et al. Dual-energy computed tomography in acute ischemic stroke: state-of-the-art[J]. Eur Radiol, 2021, 31(6): 4138-4147.
- [19] Boodt N, Compagne K C J, Dutra B G, et al. Stroke etiology and thrombus computed tomography characteristics in patients with acute ischemic stroke: a MR CLEAN registry substudy[J]. Stroke, 2020, 51(6): 1727-1735.
- [20] Wu G, Morelli J, Xiong Y, et al. Diffusion weighted cardiovascular magnetic resonance imaging for discriminating acute from non-acute deep venous Thrombus[J]. J Cardiovasc Magn Reson, 2019, 21(1): 37.
- [21] 朱晨, 邓才洪, 赵洪基, 等. 磁敏感加权成像和弥散加权成像界定脑卒中急性缺血半暗带及其与灌注加权成像的临床意义研究[J]. 中国医学装备, 2020, 17(9): 64-68.
- [22] Grøvik E, Yi D, Iv M, et al. Deep learning enables automatic detection and segmentation of brain metastases on multislice MRI[J]. J Magn Reson Imaging, 2020, 51(1): 175-182.
- [23] 闫呈新, 卫雪灵, 陈松果, 等. FLAIR血管高信号征在大脑中动脉供血区急性脑梗死中的临床价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2020, 18(4): 4-7.

(收稿日期: 2021-09-25) (校对编辑: 谢诗婷)