

高分辨率核磁共振血管壁成像在中枢神经系统血管炎诊疗中的应用价值--1例报道并文献复习

周青,康慧聪,王嫚

摘要 中枢神经系统(central nervous system,CNS)血管炎是导致青年卒中的少见病因之一。由于临床症状和常规影像学表现缺乏特异性,其诊断较为困难。本文报道了1例CNS血管炎导致的青年卒中的临床及影像学特征、诊断过程和治疗转归。本文重点讨论了CNS血管炎的高分辨率核磁共振血管壁成像(high resolution vessel wall image,HR-VWI)影像学特征,体现了HR-VWI在CNS血管炎诊断、鉴别诊断和治疗效果评估中的应用价值。

关键词 中枢神经系统血管炎;高分辨率核磁共振;青年卒中;诊断;治疗

中图分类号 R741;R741.04 **文献标识码** A **DOI** 10.16780/j.cnki.sjssgncj.20230231

本文引用格式:周青,康慧聪,王嫚.高分辨率核磁共振血管壁成像在中枢神经系统血管炎诊疗中的应用价值--1例报道并文献复习[J].神经损伤与功能重建,2023,18(9):543-545,549.

中枢神经系统(central nervous system,CNS)血管炎是一种少见的脑卒中病因,大约2%的15~49岁缺血性青年卒中的病因为CNS血管炎^[1,2]。CNS血管炎分为原发性中枢神经系统血管炎(primary angiitis of the central nervous system,PACNS)和继发于其他系统性疾病的中枢神经系统血管炎,如风湿性疾病、感染性疾病和肿瘤等^[3]。由于CNS血管炎尤其是PACNS的发病率极低,临床症状和影像表现复杂且缺乏特异性,导致诊断十分困难,极易漏诊、误诊。本文报道1例以短暂性脑缺血发作(transient ischemic attack,TIA)症状起病,头部MRI平扫正常,激素治疗有效的青年CNS血管炎患者的临床表现、影像学特征和诊疗过程,重点讨论高分辨率核磁共振血管壁成像(high resolution vessel wall image,HR-VWI)在CNS血管炎的诊断、病情随访和治疗效果评估中的应用。

1 资料与方法

1.1 病例资料

患者,男,21岁,因“发作性言语含糊伴右侧肢体无力12 d”就诊。无脑血管病危险因素。父母身体健康。门诊行头部MRI平扫和弥散成像未见异常(图1A、B),头部+颈部血管成像(MRA)提示左侧大脑中动脉(middle cerebral artery,MCA)M1远端节段性狭窄(图2A)。门诊给予患者阿司匹林100 mg po qd,阿托伐他汀20 mg po qd,以“短暂性脑缺血发作”收入院。患者否认发病前半年内有头痛、发热、腹泻、咽痛等症状,否认既往有包括带状疱疹、丙型肝炎等在内的特殊感染病史。体格检查全身和神经系统未见明显阳性体征。实验室检查血常规、肝肾功能、电解质、血糖、血脂(低密度脂蛋白1.98 mmol/L)、粪尿常规、凝血功能未见明显异常。入院后行头部增强MRI未见明显脑实质和脑膜强化(图1C)。脑数字减影血管造影

(digital subtraction angiography,DSA)提示左侧MCA M1段分叉后多处局限性狭窄(图2B)。为进一步明确血管情况,对DSA所示狭窄血管进行了HR-VWI,结果提示左侧MCA M1段分叉后段及M2段交界处管壁均匀增厚伴明显环状强化,受累血管轻度狭窄,考虑血管炎可能性大(图3A~E)。后续进行一系列继发性CNS血管炎相关的病因排查:血沉2 mm/h,超敏C反应蛋白0.6 mg/L,均在正常范围;T-spot试验阴性,梅毒螺旋体抗体定量0.05 S/CO阴性,HIV抗体定量阴性,丙肝抗体定量阴性;血病毒学全套抗VZV-IgM阴性;甲状腺功能全套(TSH、FT3和FT4)正常;抗中性粒细胞胞浆抗体阴性,抗核抗体阴性,抗凝脂抗体阴性,狼疮抗凝物阴性。因患者拒绝行腰椎穿刺,未行脑脊液检测。结合患者临床表现、实验室检查和影像学特点,诊断为TIA,TOAST分型为其他原因所致的缺血性卒中,考虑CNS血管炎(PACNS不排除)。在无明显禁忌证情况下,住院期间予以患者甲泼尼龙120 mg iv qd,5 d后减量为80 mg iv qd,持续5 d后减量至强的松35 mg po qd并出院。出院后继续口服强的松治疗,逐渐减量至10 mg qd维持治疗。患者于2021年8月2日(出院后4月)再次至门诊复诊,诉未再出现言语含糊、肢体无力等脑缺血发作症状,行HR-VWI复查提示左侧大脑中动脉M1段分叉后段及M2段交界处管壁增厚及强化基本消失(图3F-J)。

1.2 方法

通过PubMed数据库,输入关键词“central nervous system vasculitis”、“primary angiitis of the central nervous system”、“high resolution vessel wall image”,得到关于CNS血管炎和HR-VWI的相关临床研究和个案报道,提取与本案例临床表现、影像学特征、诊断和鉴别诊断以及治疗相关的内容,进行文献复习和总结。

作者单位

华中科技大学同济医学院附属同济医院神经内科
武汉 430030

基金项目

湖北省自然科学基金(No. 2022CFB714)

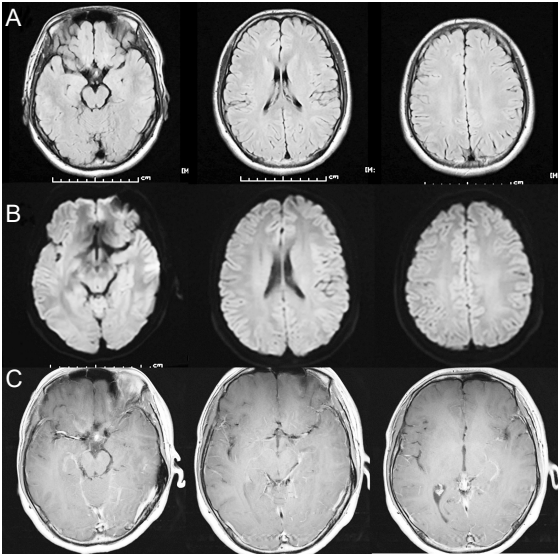
收稿日期

2023-03-30

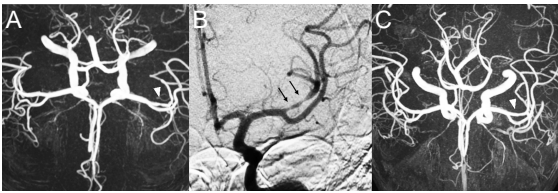
通讯作者

王嫚

wmtj068@163.com

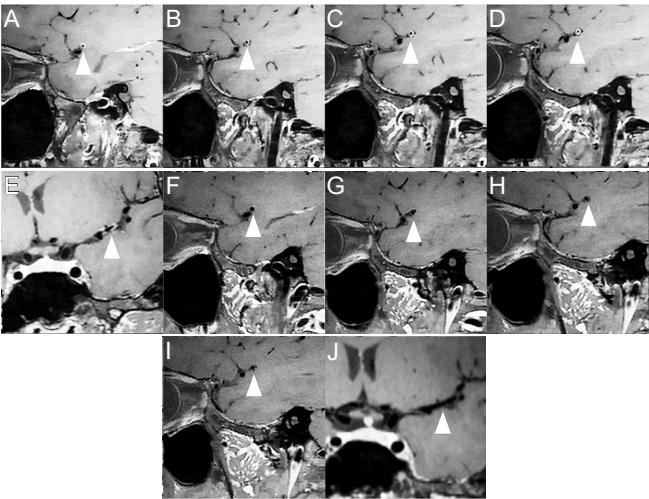


注：未见明显异常。
图1 患者头部MRI平扫(A)、弥散成像(B)和增强(C)



注：A：MRA示左侧大脑中动脉M1段分叉后多发血管狭窄。B：DSA更清晰地显示了血管狭窄部位。C：激素治疗4月后复查MRA示病变血管狭窄明显好转。白色箭头示病变血管，黑色箭头示血管狭窄处。

图2 患者头颅MRA+DSA



注：A~D：HR-VWI矢状位血管壁成像示病变血管管壁均匀增厚伴明显环状强化，受累血管向心性狭窄(左侧MCA近端至远端)。E：冠状位示左侧MCA远端多发管壁增厚强化伴血管狭窄。F~J：激素治疗4月后病变血管管壁增厚、强化和血管狭窄明显好转。白色箭头示病变血管。

图3 患者头颅HR-VWI

2 讨论

本文报道了1例少见病因的青年卒中病例,患者无脑血管病

危险因素,DSA和HR-VWI表现为CNS血管炎的典型改变,系统性和感染性疾病的一系列排查均为阴性,糖皮质激素治疗后症状和影像学明显好转,最终诊断为CNS血管炎(PACNS不排除)。

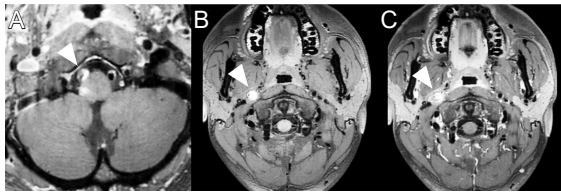
CNS血管炎是少见的累及大脑、脊髓血管的疾病,可继发于多种自身免疫性疾病、感染性疾病,少部分为PACNS。PACNS是一种罕见的只累及大脑、脊髓血管的疾病。由于PACNS病变累及的血管类型和位置不同,临其床症状复杂多样且缺乏特异性。头痛(59.5%)和认知功能障碍(54%)是最常见的临床症状,主要见于小血管受累的患者^[4]。局限性神经功能缺损(如偏瘫、共济失调、失语、构音障碍和视觉障碍)也较常见,易出现在中或大血管受累的病例中^[4]。约25.8%的患者出现TIA的症状。此外,少部分患者还可能出现癫痫、脑出血和脊髓症状^[4]。PACNS的血液检验大多是正常的,主要目的是排除继发性CNS血管炎。需重点关注高敏C反应蛋白、血沉、抗核抗体、抗中性粒细胞胞浆抗体、抗凝脂抗体等指标。此外,还需对感染性疾病如VZV、HIV、梅毒、结核和丙肝病毒等进行排查^[3]。脑脊液(cerebrospinal fluid, CSF)检查对PACNS的诊断具有提示作用。90%的PACNS患者CSF有轻度有核细胞增多和(或)蛋白水平升高^[5],尤其是在血管造影阴性的患者中更明显^[6]。明显的有核细胞和蛋白升高则应考虑感染性疾病的可能。然而,CSF有核细胞和蛋白的轻度升高也可见于部分脑梗死患者、非血管炎性疾病如Fabry's病^[7]和可逆性脑血管收缩综合征(reversible cerebral vasoconstriction syndrome, RCVS)^[8]。因此,CSF的蛋白和有核细胞的轻度升高对PACNS有提示作用,但特异性低。

本例患者MRI未见明显异常病灶,既往认为正常MRI并不支持PACNS的诊断,但在对梅奥诊所就诊的149例原发性中枢神经系统血管炎患者MRI研究中,有6例表现为正常^[9]。MRI对PACNS的诊断具有高敏感性(95%~100%),但特异性较低^[9]。PACNS的MRI表现非常多样,可表现为皮质和(或)皮质下梗死灶,脑实质和软脑膜强化,颅内出血、肿瘤样改变以及液体衰减反转恢复序列(fluid attenuation inversion recovery, FLAIR)或T₂加权序列的高信号,其中分布在双侧的多血管受累的皮质和皮质下梗死最常见^[10]。

脑血管造影对CNS血管炎的诊断具有提示作用,可表现为单发或多发血管狭窄,有时与正常或扩张的血管交替出现,可呈“串珠样”改变^[11]。在法国的60例PACNS患者的DSA和MRA回顾性分析中发现,80%的患者有MRA或DSA异常,超过半数(60.7%)的患者表现为前循环的多个区域血管的狭窄,其中58.9%为大脑中动脉(MCA)分支受累,串珠状血管改变发生在19.6%的患者中^[11]。然而,动脉粥样硬化、动脉夹层和RCVS也可有类似的DSA改变。本例患者DSA表现为局限在单一血管区域的多发狭窄,不能除外单根血管的动脉粥样硬化或动脉夹层的可能。因此,有必要进一步对责任血管进行HR-VWI明确病因。

CNS血管炎、动脉粥样硬化和动脉夹层具有不同的HR-VWI影像特征^[12-15]。CNS血管炎的典型表现为血管壁多发的均匀增厚和强化,管腔大多呈向心性狭窄,也可出现偏心性狭

窄,强化可局限于或超出受累血管范围。本例患者为典型的CNS血管炎表现(图3A~E)。一例本院就诊的右侧椎动脉动脉硬化引起的右侧延髓梗死的青年卒中患者,椎动脉V4段HR-VWI T₁增强序列可见管壁不均匀增厚,伴片状不规则强化和血管偏心性狭窄,提示动脉粥样硬化(图4A)。另一例本院就诊的以头痛为主要症状的患者,外院CTA提示右侧颈动脉重度狭窄,行HR-VWI示右侧颈动脉管径明显扩张,双腔结构,假腔内可见T₁高信号的亚急性性血肿,不规则强化,真腔被挤压导致重度血管狭窄,提示动脉夹层(图4B)。需要注意的是,HR-VWI的局限性在于对原发性 and 继发性CNS血管炎的鉴别能力有限,血管内淋巴瘤也可有血管炎类似的HR-VWI表现^[16]。



注:A:右侧椎动脉动脉粥样斑块形成的HR-VWI表现,可见管壁不均匀增厚,片状强化伴管腔偏心性狭窄。B、C:右侧颈动脉夹层的HR-VWI表现(B为T₁,C为T₁增强),可见管腔明显扩张,双腔结构,假腔内亚急性性血肿,不规则强化,真腔受挤压明显狭窄。白色箭头示病变血管。

图4 动脉粥样硬化和动脉夹层患者的HR-VWI表现

特别提到两种在影像学上与本病例十分相似的罕见疾病。首先是RCVS。RCVS可引起雷击样头痛、局灶性功能缺损和癫痫等症状。RCVS传统的血管造影表现与CNS血管炎相似,为多发的血管狭窄,可呈串珠样。但是,RCVS血管改变一般可在1~3月自行恢复,不需要免疫抑制治疗,因此与CNS血管炎的鉴别非常重要。RCVS的HR-VWI表现为血管壁均匀增厚,血管向心性狭窄而无强化或轻度强化,可与CNS血管炎管壁明显的均匀强化改变相鉴别^[17]。另一种罕见情况是水痘带状疱疹病毒血管病变(Varicella zoster vasculopathy)。极少情况下,水痘带状疱疹病毒(varicella zoster virus, VZV)可引起局限性脑动脉感染导致感染性血管炎,进而发生相应血管区域的脑卒中。VZV血管病变的HR-VWI表现包括血管壁均匀增厚强化,受累血管向心性狭窄,并且病变往往局限在单根血管,少部分可出现血管周围的强化^[18,19]。其诊断依据包括症状和影像学证实的脑卒中,眼或其他部位带状疱疹病毒前驱感染史,CNS血管炎的影像学表现和脑脊液VZV抗体检测阳性^[19-21]。本文报道的患者的影像表现与VZV血管病变十分相似,但是本患者前期无带状疱疹病毒感染病史,血VZV抗体阴性,暂无明确VZV血管病变的诊断依据。

对脑白质和灰质以及软脑膜的活检是PACNS的诊断金标准,但敏感性低,有25%的假阴性率。脑组织活检对DSA阴性,合并脑实质和软脑膜强化和炎性CSF改变的患者诊断价值更高,但对累及大血管,无脑实质和软脑膜强化,无脑脊液炎性改变的患者诊断意义有限^[4,22]。因此,本例患者未行脑组织活检。PACNS的诊断目前主要沿用Calabrese和Mallek的标准^[23]。包

括患者临床表现和检查提示有不能用其他病变解释的神经功能缺损,由影像和(或)病理证实的CNS血管炎性过程,无继发性血管炎证据,如系统性血管炎、感染性血管炎等。

继发性CNS血管炎需对其病因进行治疗,而PACNS的治疗方案目前缺乏前瞻性随机对照试验,治疗策略来源于其他血管炎的治疗经验,回顾性研究和专家共识。糖皮质激素单药或结合免疫抑制剂是其主要治疗方案^[10,24,25]。本例患者临床症状和影像学改变较轻,未发现明确的继发性CNS血管炎证据,因此选择糖皮质激素单药治疗。出院后神经系统症状缓解,4月后HR-VWI示病变血管的管壁增厚和强化明显好转,证实了诊断正确和治疗有效。HR-VWI血管壁的强化被认为与血管壁炎症的活动程度密切相关^[26],因此HR-VWI有可能成为评估CNS血管炎治疗反应的有效工具。既往研究发现,对于PACNS患者,使用抗炎药物后HR-VWI的增强效果可在数周内显著降低^[17]。在对23例CNS血管炎患者共55次HR-VWI随访检查的分析中发现,与具有稳定或进行性血管壁强化相比,血管壁强化消失或缓解的病例中出现病情复发的频率明显降低,具有统计学意义^[27]。然而,在少数病例中存在虽然使用了免疫抑制治疗并取得了临床症状的缓解,HR-VWI血管壁强化仍然持续存在的现象^[27]。由于CNS血管炎发病率低,HR-VWI是否具有指导CNS血管炎治疗决策的价值目前仍无定论,需要更多的临床报道、临床研究和多中心的数据汇集进一步明确。

CNS血管炎作为一种临床症状和影像学特异性低的罕见卒中病因,极易误诊漏诊。对于病因不明的脑血管病变,建议进行HR-VWI,可大大提高病因的正确诊断率。本报告体现了HR-VWI在CNS血管炎起始诊断和后期治疗随访整个疾病过程中的应用价值,尤其是为HR-VWI作为有效工具辅助治疗策略和病情随访提供了有力证据。

参考文献

[1] Cerrato P, Grasso M, Imperiale D, et al. Stroke in young patients: etiopathogenesis and risk factors in different age classes [J]. Cerebrovasc Dis, 2004, 18: 154-159. DOI: 10.1159/000079735.

[2] Putaala J, Metso AJ, Metso TM, et al. Analysis of 1008 consecutive patients aged 15 to 49 with first-ever ischemic stroke: the Helsinki young stroke registry [J]. Stroke, 2009, 40: 1195-1203. DOI: 10.1161/STROKEA-HA.108.529883.

[3] Dutra LA, de Souza AW, Grinberg-Dias G, et al. Central nervous system vasculitis in adults: An update [J]. Autoimmun Rev, 2017, 16: 123-131. DOI: 10.1016/j.autrev.2016.12.001.

[4] Salvarani C, Brown RD, Jr., Christianson T, et al. An update of the Mayo Clinic cohort of patients with adult primary central nervous system vasculitis: description of 163 patients [J]. Medicine(Baltimore), 2015, 94: e738. DOI: 10.1097/MD.0000000000000738.

[5] Becker J, Horn PA, Keyvani K, et al. Primary central nervous system vasculitis and its mimicking diseases - clinical features, outcome, comorbidities and diagnostic results - A case control study [J]. Clin Neurol Neurosurg, 2017, 156: 48-54. DOI: 10.1016/j.clineuro.2017.03.006.

[6] Kadkhodayan Y, Alreshaid A, Moran CJ, et al. Primary angitis of the central nervous system at conventional angiography [J]. Radiology, 2004, 233: 878-882. DOI: 10.1148/radiol.2333031621.

[7] Kraemer M, Karabul N, Berlitz P, et al. Evidence for inflammation in Fabry's disease? Headache and muscle involvement responding to corticosteroid and methotrexate treatment [J]. J Neurol, 2017, 264:

organ failure: a case report and literature review[J]. *Ann Transl Med*, 2020, 8: 401. DOI: 10.21037/atm.2020.03.17.

[12] Ionescu AM, Khare D, Kavi J. Birds of a feather: an uncommon cause of pneumonia and meningoencephalitis[J]. *BMJ Case Rep*, 2016, 2016: bcr2016216879. DOI: 10.1136/bcr-2016-216879.

[13] Yung AP, Lindsay GM. Psittacosis - a review of 135 cases[J]. *Med J Aust*, 1988, 148: 228-233. DOI: 10.5694/j.1326-5377.1988.tb99430.x.

[14] Shi YF, Chen JX, Shi XH, et al. A case of chlamydia psittaci caused severe pneumonia and meningitis diagnosed by metagenome next-generation sequencing and clinical analysis: a case report and literature review[J]. *BMC Infect Dis*, 2021, 21: 621. DOI: 10.1186/s12879-021-06205-5.

[15] Hughes P, Chidley K, Cowie J. Neurological complications in psittacosis: a case report and literature review[J]. *Respir Med*, 1995, 89: 637-638. DOI: 10.1016/0954-6111(95)90236-8.

[16] Davar K, Wilson MR, Miller S, et al. A Rare Bird: Diagnosis of Psittacosis Meningitis by Clinical Metagenomic Next-Generation Sequencing[J]. *Open Forum Infect Dis*, 2021, 8: ofab555. DOI: 10.1093/ofid/ofab555.

[17] Ionescu AM, Khare D, Kavi J. Birds of a feather: an uncommon cause of pneumonia and meningoencephalitis[J]. *BMJ Case Rep*, 2016, 2016: bcr2016216879. DOI: 10.1136/bcr-2016-216879.

[18] Matsushima H, Takayanagi N, Ubukata M, et al. A case of fulminant psittacosis with rhabdomyolysis[J]. *Nihon Kokyuki Gakkai Zasshi*, 2002, 40: 612-616.

[19] Huerta-Alardin AL, Varon J, Marik PE. Bench-to-bedside review:

rhabdomyolysis-an overview for clinicians[J]. *Crit Care*, 2005, 9: 158-169. DOI: 10.1186/CC2978.

[20] Rybarczyk J, Verstele C, Lernout T, et al. Human psittacosis: a review with emphasis on surveillance in Belgium[J]. *Acta Clin Belg*, 2019, 75: 42-48. DOI: 10.1080/17843286.2019.1590889.

[21] Miao Q, Ma Y, Wang Q, et al. Microbiological diagnostic performance of metagenomic next-generation sequencing when applied to clinical practice[J]. *Clin Infect Dis*, 2018, 67: S231-S240. DOI: 10.1093/cid.

[22] Gu W, Miller S, Chiu CY. Clinical metagenomic next-generation sequencing for pathogen detection[J]. *Annu Rev Pathol*, 2019, 14: 319-338. DOI: 10.1146/annurev-pathmechdis-012418-012751.

[23] Wu HH, Feng LF, Fang SY. Application of metagenomic next-generation sequencing in the diagnosis of severe pneumonia caused by Chlamydia psittaci[J]. *BMC Pulm Med*, 2021, 21: 300. DOI: 10.1128/spectrum.02384-21.

[24] Chen FF, Yang ZM, Xu AL, et al. Prevalence of Chlamydia and Mycoplasma infections in infertility women and analysis of drug resistance [J]. *Chin J Nosocomiol*, 2017, 27: 3993-3996. DOI: 10.1186/s12905-020-00926-6.

[25] Beeckman DSA, Vanrompay DCG. Zoonotic Chlamydophila psittaci infections from a clinical perspective[J]. *Clin Microbiol Infect*, 2009, 15: 11-17. DOI: 10.1111/j.1469-0691.2008.02669.x.

[26] Rybarczyk J, Verstele C, Lernout T, et al. Human psittacosis: a review with emphasis on surveillance in Belgium[J]. *Acta Clin Belg*, 2020, 75: 42-48. DOI: 10.1080/17843286.2019.1590889.

(本文编辑:王晶)

(上接第545页)

595-596. DOI: 10.1007/s00415-017-8392-4.

[8] Kraayvanger L, Berlit P, Albrecht P, et al. Cerebrospinal fluid findings in reversible cerebral vasoconstriction syndrome: a way to differentiate from cerebral vasculitis? [J]. *Clin Exp Immunol*, 2018, 193: 341-345. DOI: 10.1111/cei.13148.

[9] Salvarani C, Brown RD, Jr., Christianson TJ, et al. Adult primary central nervous system vasculitis treatment and course: analysis of one hundred sixty-three patients [J]. *Arthritis Rheumatol*, 2015, 67: 1637-1645. DOI: 10.1002/art.39068.

[10] Salvarani C, Brown RD, Jr., Hunder GG. Adult primary central nervous system vasculitis [J]. *Lancet*, 2012, 380: 767-777. DOI: 10.1016/S0140-6736(12)60069-5.

[11] Boulouis G, de Boysson H, Zuber M, et al. Primary Angiitis of the Central Nervous System: Magnetic Resonance Imaging Spectrum of Parenchymal, Meningeal, and Vascular Lesions at Baseline [J]. *Stroke*, 2017, 48: 1248-1255. DOI: 10.1161/STROKEAHA.116.016194.

[12] Arnett N, Pavlou A, Burke MP, et al. Vessel wall MR imaging of central nervous system vasculitis: a systematic review [J]. *Neuroradiology*, 2022, 64: 43-58. DOI: 10.1007/s00234-021-02724-9.

[13] Zhang G, Zhang S, Qin Y, et al. Differences in Wall Shear Stress Between High-Risk and Low-Risk Plaques in Patients With Moderate Carotid Artery Stenosis: A 4D Flow MRI Study [J]. *Front Neurosci*, 2021, 15: 678358. DOI: 10.3389/fnins.2021.678358.

[14] Jung SC, Kim HS, Choi CG, et al. Spontaneous and Unruptured Chronic Intracranial Artery Dissection : High-resolution Magnetic Resonance Imaging Findings [J]. *Clin Neuroradiol* 2018, 28: 171-181. DOI: 10.1007/s00062-016-0544-x.

[15] 孙钦峰, 刘莹, 钱菊, 等. 椎动脉斑块内出血引起反复后循环缺血性脑卒中1例报道[J]. *神经损伤与功能重建*, 2023,18: 307-310. DOI: 10.16780/j.cnki.sjssgncj.20221071.

[16] Byram K, Hajj-Ali RA, Calabrese L. CNS Vasculitis: an Approach to Differential Diagnosis and Management [J]. *Curr Rheumatol Rep*, 2018, 20: 37. DOI: 10.1007/s11926-018-0747-z.

[17] Lehman VT, Brinjikji W, Kallmes DF, et al. Clinical interpretation of high-resolution vessel wall MRI of intracranial arterial diseases [J]. *Br J Radiol*, 2016, 89: 20160496. DOI: 10.1259/bjr.20160496.

[18] Elkind MS. The varicella zoster virus vasculopathies: clinical, CSF, imaging, and virologic features [J]. *Neurology*, 2009, 72: 1028-1030; author reply 1129-1030. DOI: 10.1212/01.wnl.0000339389.10848.4a.

[19] Namitome S, Shindo S, Wada K, et al. [Cerebral infarction related to varicella zoster virus vasculopathy] [J]. *Rinsho Shinkeigaku*, 2018, 58: 182-187. DOI: 10.5692/clinicalneuro.cn-001117.

[20] Tsvigoulis G, Lachanis S, Magoufis G, et al. High-Resolution Vessel Wall Magnetic Resonance Imaging in Varicella-Zoster Virus Vasculitis [J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2016, 25: e74-76. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2016.03.019.

[21] English SW, Carabenciov ID, Lehman VT, et al. Zoster vasculopathy surveillance using intracranial vessel wall imaging [J]. *Neurol Clin Pract*, 2019, 9: 462-464. DOI: 10.1212/CPJ.0000000000000626.

[22] Nehme A, Lanthier S, Boulanger M, et al. Diagnosis and management of adult primary angiitis of the central nervous system: an international survey on current practices [J]. *J Neurol*, 2022, 270: 1989-1998. DOI: 10.1007/s00415-022-11528-7.

[23] Calabrese LH, Mallek JA. Primary angiitis of the central nervous system. Report of 8 new cases, review of the literature, and proposal for diagnostic criteria [J]. *Medicine (Baltimore)*, 1988, 67: 20-39. DOI: 10.1097/00005792-198801000-00002.

[24] Salvarani C, Brown RD, Jr., Calamia KT, et al. Primary central nervous system vasculitis: analysis of 101 patients [J]. *Ann Neurol*, 2007, 62: 442-451. DOI: 10.1002/ana.21226.

[25] Hecker C, Welpner T, Herold M, et al. Update on treatment strategies for vasculitis affecting the central nervous system [J]. *Drug Discov Today*, 2022, 27: 1142-1155. DOI: 10.1016/j.drudis.2021.11.020.

[26] Obusez EC, Hui F, Hajj-Ali RA, et al. High-resolution MRI vessel wall imaging: spatial and temporal patterns of reversible cerebral vasoconstriction syndrome and central nervous system vasculitis [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2014, 35: 1527-1532. DOI: 10.3174/ajnr.A3909.

[27] Patzig M, Forbrig R, Küpper C, et al. Diagnosis and follow-up evaluation of central nervous system vasculitis: an evaluation of vessel-wall MRI findings [J]. *J Neurol*, 2022, 269: 982-996. DOI: 10.1007/s00415-021-10683-7.

(本文编辑:王晶)