

· 综述 ·

Research progresses of MRI for evaluating deep medullary vein related cerebrovascular diseases

WANG Tianran, LIU Chong*

(Department of Medical Imaging, Baoding First Central Hospital, Baoding 071000, China)

[Abstract] Cerebrovascular disease is a kind of diseases in which cerebral vessels were damaged by various causes, resulting in transient or permanent dysfunction of brain tissue. Deep medullary veins are important intracranial draining veins, which impact venous return of deep brain parenchyma and play an important role in assessing the severity of cerebrovascular diseases and guiding treatment strategies. The research progresses of MRI for evaluating deep medullary vein related cerebrovascular diseases were reviewed in this article.

[Keywords] cerebral veins; magnetic resonance imaging

DOI:10.13929/j.issn.1672-8475.2024.06.014

MRI 评估深髓静脉相关脑血管病的研究进展

王天然, 刘冲*

(保定市第一中心医院医学影像科, 河北保定 071000)

[摘要] 脑血管病指多种因素致脑血管损害所引起脑组织短暂性或永久性功能障碍性疾病。深髓静脉为颅内重要引流静脉, 影响深部脑实质静脉回流, 且对于评估脑血管病严重程度及指导治疗策略等具有重要作用。本文围绕 MRI 评估深髓静脉相关脑血管病的研究进展进行综述。

[关键词] 脑静脉; 磁共振成像

[中图分类号] R743.9; R445.2 [文献标识码] A [文章编号] 1672-8475(2024)06-0378-04

大脑静脉引流系统对保证脑组织正常血流灌注、调节颅内压及维持脑稳态至关重要。深髓静脉(deep medullary vein, DMV)为大脑深髓静脉系统的重要组成部分, 汇集侧脑室周围白质区域的静脉血流, 经透明隔静脉、尾状核静脉及丘纹静脉等室管膜下静脉属支流至大脑内静脉及基底静脉, 最终经大脑大静脉汇入直窦及窦汇^[1]; 可根据走行特点分为簇状分布的前区、相对平行的中区及放射排列的后区。DMV 主要影响深部脑实质静脉回流, 与部分脑血管病发生、发展密切相关。本文围绕 MRI 评估 DMV 相关脑血管病的研究进展进行综述。

1 DMV

磁敏感加权成像(susceptibility weighted imaging, SWI)利用不同组织间的磁敏感差异进行成像, 对脱氧血红蛋白尤为敏感, 故可用于观察 DMV^[2]。ZHANG 等^[3]根据 DMV 分布特点, 提出可对 SWI 所示双侧额叶、顶叶及枕叶 DMV 信号进行半定量视觉评分。CHEN 等^[4]于连续 5 个层面 SWI 所示双侧大脑半球脑室周围白质内勾画固定大小的 ROI, 采用 5 级评定量表评估其内 DMV 数量及形态。目前临床所用 DMV 视觉评估方法众多, 且多基于常规 3.0T MRI^[5]; 随着超高场 MR 技术的发展, 有学者^[6]采用 7.0T 设备采集头颅 MRI, 以管状结构跟踪算法重建 3D 静脉密度图,

[第一作者] 王天然(1998—), 女, 河北保定人, 在读硕士, 医师。研究方向: 影像学诊断。E-mail: tianranwang0510@163.com

[通信作者] 刘冲, 保定市第一中心医院医学影像科, 071000。E-mail: chongliuabc@163.com

[收稿日期] 2024-04-08 [修回日期] 2024-05-22

使自动检测及量化分析DMV成为可能,也为三维评估DMV提供了新思路。除视觉评估外,基于SWI纹理分析及影像组学模型现已逐渐用于DMV相关研究^[7],有待后续大量开展。

2 DMV相关脑血管病

2.1 缺血性脑卒中(ischemic stroke, IS) IS为最常见的脑卒中类型,可致脑组织缺血、缺氧,引起能量供应障碍及氧化应激损伤。随脑血氧水平变化,血液内顺磁性脱氧血红蛋白含量亦发生改变,在SWI中表现为患侧大脑半球静脉管腔扩张、数目增多,即不对称突出静脉征;缺血区域侧脑室旁DMV增多、扩张时称为DMV征,而皮质表面静脉血管增多、扩张称为皮质静脉征,此两种征象均可见于IS患者^[8-10]。JING等^[11]前瞻性纳入47例大脑中动脉区域急性IS患者,分别于IS发作后8h内及第7天采集头颅SWI,发现存在DMV征者的基线神经功能障碍评分高于、脑梗死面积大于存在皮质静脉征者。王金等^[8]指出,相比皮质静脉征,DMV征更有助于预测IS出血转化风险,提示DMV征可用于预测IS患者预后不良。MRI中IS出现DMV征的原因如下:①责任血管狭窄、闭塞后,受累脑区血流灌注减低、氧供需不匹配,引起脑组织氧摄取分数代偿性增加、梗死区域细胞水肿,进而导致引流静脉扩张及脱氧血红蛋白水平增高,显著提高了DMV的MRI可视性^[12-13];②血流动力学受损后,脑血管反应性下降,小血管过度扩张及血流速度降低使受损区域出现静脉淤滞^[14]。

2.2 脑小血管病(cerebral small vessel disease, CSVD) CSVD指颅内小血管及微血管病变引发一系列病理生理学及影像学异常的中枢神经系统常见疾病,MRI常表现为脑白质高信号、血管周围间隙扩大、微出血及脑萎缩等。影像学总负荷评分为目前应用最广泛的视觉评估CSVD方法,相比单一影像学特征更有助于全面反映颅脑损害^[15]。既往研究^[16]发现,CSVD影像学总负荷评分与DMV连续性及数目独立相关,可能原因在于脑白质损伤与颅内小静脉管腔狭窄及管壁同心圆状胶原沉积有关,而颅内小静脉缺乏平滑肌细胞、管壁收缩能力较差,病理状态下管壁重塑可引起血流阻力增加,使脑血流灌注进一步减低而致髓鞘受损及胶质增生^[17],静脉氧合水平降低及血液供应长期不足可表现为DMV连续性欠佳、可视性下降,而胶原沉积亦可使DMV更为迂曲、进而发生血管周围间隙扩大,阻碍间质液外排,干扰代谢物清除^[18]。因此,DMV

表现可作为评估CSVD严重程度的有效指标。但TIAN等^[19]认为DMV表现与CSVD影像学总负荷评分呈弱相关,可能与该研究以无明显CSVD症状的社区居民为对象有关。对于DMV表现与CSVD进展之间的潜在联系有待深入探讨。

2.3 脑面血管瘤病 脑面血管瘤病又称斯德奇-韦伯综合征(Sturge-Weber syndrome, SWS),以颜面部、脉络膜及软脑膜血管瘤为主要特征,可表现为对侧偏瘫、癫痫发作及智力减退等^[20];MRI可见患侧脉络膜丛扩大,软脑膜血管迂曲、扩张伴异常强化^[21-22]。有学者^[23]认为有效的侧支深静脉血流可缓解软脑膜血管畸形所致脑缺氧、减少脑损伤及癫痫发作频次,故评估DMV可能对逆转SWS脑区代谢、恢复神经认知功能有所帮助。JUHÁSZ等^[24]报道,SWS患者左、右侧大脑半球DMV扩大发生率分别为78%及89%,且DMV评分>4分者癫痫发作频率低于DMV评分≤4分者,提示DMV重塑可能为SWS代偿机制之一。

2.4 新生儿脑损伤 孕产期各种病因导致缺血、缺氧可引发胎儿少突胶质细胞轴突及神经元损伤而触发髓鞘反应,出生后出现脑室周围白质软化、颅内出血及缺氧缺血性脑病(hypoxic ischemic encephalopathy, HIE)等,严重影响新生儿存活率及生长发育^[25];SWI可表现为不同程度DMV扩张^[26-27]。有学者^[28]认为伴DMV异常的新生儿脑白质损伤多见于额叶及顶叶,且白质损伤程度重、易发展为脑软化。基于SWI纹理分析可通过图像参数量化DMV异常,揭示新生儿脑损伤病理特征,进一步评估患儿脑缺血及发育。一阶直方图的偏度值可反映DMV分布特点,是识别新生儿有无缺血性损伤的重要工具^[29]。ZHUANG等^[7,30]前瞻性纳入190例HIE新生儿及89名健康新生儿,于头颅SWI手动勾画ROI并确保其包含DMV,分别以之构建用于鉴别轻度与中-重度HIE及预测HIE后神经功能的列线图模型,其在验证集的曲线下面积(area under the curve, AUC)分别为0.79及0.88,提示DMV对评估新生儿HIE严重程度及预后具有潜在临床价值。

2.5 烟雾病 烟雾病是以颈内动脉远端及其主要分支进行性闭塞、颅底广泛代偿性侧支血管网形成为特征的罕见脑血管病,因颅底异常血管网脑血管造影呈烟雾状而得名,主要影响大脑动脉环的前循环^[31]。前瞻性研究^[32-33]发现,SWI侧脑室旁DMV可视度增加、呈毛刷样分布低信号(即刷状征)对烟雾病深部脑白质区域灌注不良及缺血状态具有提示意义。既往研究^[34]

指出,刷状征与半卵圆中心及额中回 T1WI/T2WI 信号强度比值显著相关,提示脑实质微结构改变可影响脑血流参数,支持慢性脑缺血可能导致烟雾病髓鞘损伤的假设。颅内血管重建术为治疗烟雾病首选方法。LU 等^[35]发现刷状征为烟雾病患者接受血管重建术后发生脑梗死的独立危险因素,提示烟雾病术前脑灌注不足严重程度与术后缺血性并发症密切相关;对烟雾病患者实施围手术期干预将有助于减少术后并发症、改善远期预后。

2.6 颅内静脉及静脉窦血栓(cerebral venous and sinus thrombosis, CVST) CSVT 约占脑卒中的 0.5%~1.0%,可伴颅内压升高、局灶性神经功能缺损、癫痫发作及静脉性脑梗死等复杂表现,严重损害神经系统^[36]。CVST 形成后脑静脉系统血容量增多,SWI 可呈 DMV 淤滞表现。有学者^[37]认为 CVST DMV 淤滞程度与视乳头水肿存在相关性,可在一定程度上反映颅内压改变。一项多中心研究^[38]发现,相比其他部位 CVST,直窦及深静脉血栓更易发生局灶性神经功能缺损,SWI 常表现为 DMV 信号异常,提示此类患者颅内静脉压升高更为严重。临床可通过对 CVST 患者进行随访、观察 DMV 信号判断静脉早期再通及侧支循环形成情况,由此评估远期疗效并预测预后。DEMPFLE 等^[39]以 DMV 容积量化评估抗凝治疗 CVST 效果,发现上矢状窦血栓患者治疗后 DMV 容积显著缩小,推测抗凝治疗可通过改善血栓形成初期异常充血及微循环紊乱所致血液淤积状态而实现静脉血流再通。影像学观察 DMV 改变可为评估 CVST 严重程度及远期疗效提供参考,并有助于指导临床制订个体化治疗方案。

3 小结与展望

MRI、尤其 SWI 对探索 DMV 相关脑血管病发病机制、评估其严重程度、指导治疗及远期随访具有重要价值。近年来 MRI 技术不断革新,脑血管病 DMV 表现已成为研究热点之一;但现有研究多数样本量小,相关临床证据尚未能提供足够支持,有待未来结合临床与影像学所见进行更为系统的综合分析,深入研究 DMV 改变与脑组织灌注损伤机制及侧支代偿演变进程的关系,进一步探索 DMV 异常对于理解脑血管病发生、发展的潜在价值。

利益冲突:全体作者声明无利益冲突。

作者贡献:王天然查阅文献、撰写和修改文章;刘冲指导、审阅文章。

[参考文献]

- [1] 尹园园,罗伟刚,任慧玲.深髓静脉与脑小血管病研究进展[J].中国实用神经疾病杂志,2022,25(7):911-915.
- [2] HALLER S, HAACKE E M, THURNHER M M, et al. Susceptibility-weighted imaging: Technical essentials and clinical neurologic applications[J]. Radiology, 2021,299(1):3-26.
- [3] ZHANG R, ZHOU Y, YAN S, et al. A brain region-based deep medullary veins visual score on susceptibility weighted imaging[J]. Front Aging Neurosci, 2017,9:269.
- [4] CHEN X, WEI L, WANG J, et al. Decreased visible deep medullary veins is a novel imaging marker for cerebral small vessel disease[J]. Neurol Sci, 2020,41(6):1497-1506.
- [5] AO D H, ZHANG D D, ZHAI F F, et al. Brain deep medullary veins on 3-T MRI in a population-based cohort[J]. J Cereb Blood Flow Metab, 2021,41(3):561-568.
- [6] KUIJF H J, BOUVY W H, ZWANENBURG J J, et al. Quantification of deep medullary veins at 7 T brain MRI[J]. Eur Radiol, 2016,26(10):3412-3418.
- [7] ZHUANG X, LIN H, LI J, et al. Radiomics based of deep medullary veins on susceptibility-weighted imaging in infants: Predicting the severity of brain injury of neonates with perinatal asphyxia[J]. Eur J Med Res, 2023,28(1):9.
- [8] 王金,许开喜,陈新建,等.深髓静脉征和皮质静脉征对急性卒中出血转化的预测研究[J].医学影像学杂志,2018,28(8):1246-1249.
- [9] 洪云,朱幼玲,黄治飞.磁敏感加权成像深髓静脉征的研究进展[J].中国脑血管病杂志,2018,15(5):263-266.
- [10] 陈妙玲,梁满球,邹玉坚,等.改良 SWI-ASPECTS 预测急性缺血性脑卒中早期神经功能恶化的可行性[J].放射学实践,2023,38(5):547-552.
- [11] JING L, SUI B, SHEN M, et al. Are prominent medullary veins better than prominent cortical veins as predictors of early clinical outcome in patients with acute ischemic stroke?[J]. Diagn Interv Radiol, 2021,27(2):285-292.
- [12] YE C, LIU J, WEI C, et al. Association between deep medullary veins in the unaffected hemisphere and functional outcome in acute cardioembolic stroke: An observational retrospective study[J]. Brain Sci, 2022,12(8):978.
- [13] LI H, LAN Y, JU R, et al. Deep medullary veins as an important imaging indicator of poor prognosis in acute ischemic stroke: A retrospective cohort survey[J]. Quant Imaging Med Surg, 2023,13(8):5141-5152.
- [14] HAN X, OUYANG L, ZHANG C, et al. Relationship between deep medullary veins in susceptibility-weighted imaging and ipsilateral cerebrovascular reactivity of middle cerebral artery in patients with ischemic stroke[J]. Exp Ther Med, 2016,11(6):2217-2220.
- [15] 张晓倩,刘思睿,范晓媛,等.不同脑小血管病影像学总负荷评分认知正常中老年人脑灰质体积的差异[J].中国医学影像技术,

- 2023,39(1):12-16.
- [16] YIN X, HAN Y, CAO X, et al. Association of deep medullary veins with the neuroimaging burden of cerebral small vessel disease[J]. *Quant Imaging Med Surg*, 2023,13(1):27-36.
- [17] XU Z, LI F, WANG B, et al. New insights in addressing cerebral small vessel disease: Association with the deep medullary veins[J]. *Front Aging Neurosci*, 2020,12:597799.
- [18] ZHANG Y, ZHANG R, YE Y, et al. The influence of demographics and vascular risk factors on glymphatic function measured by diffusion along perivascular space[J]. *Front Aging Neurosci*, 2021,13:693787.
- [19] TIAN Y, LI S, YANG Y, et al. Associations of deep medullary veins with vascular risk factors, laboratory indicators, and cerebral small vessel disease: A population-based study [J]. *Brain Behav*, 2023,13(5):e2974.
- [20] SÁNCHEZ-ESPINO L F, IVARS M, ANTONÁNZAS J, et al. Sturge-Weber syndrome: A review of pathophysiology, genetics, clinical features, and current management approaches[J]. *Appl Clin Genet*, 2023,16:63-81.
- [21] 黄晓星,王志龙,肖学红,等. Sturge-Weber综合征临床分析及影像诊断[J]. *影像诊断与介入放射学*, 2015,24(1):68-73.
- [22] PILLI V K, CHUGANI H T, JUHÁSZ C. Enlargement of deep medullary veins during the early clinical course of Sturge-Weber syndrome[J]. *Neurology*, 2017,88(1):103-105.
- [23] JOHN F, MAQBOOL M, JEONG J W, et al. Deep cerebral vein expansion with metabolic and neurocognitive recovery in Sturge-Weber syndrome [J]. *Ann Clin Transl Neurol*, 2018,5(4):502-506.
- [24] JUHÁSZ C, LUAT A F, BEHEN M E, et al. Deep venous remodeling in unilateral Sturge-Weber syndrome: Robust hemispheric differences and clinical correlates [J]. *Pediatr Neurol*, 2023,139:49-58.
- [25] 朱滨,蒋晓宏. 血清NSE、hs-CRP与头颅MRI在新生儿脑损伤严重程度相关性研究[J]. *医学信息*, 2022,35(12):130-133.
- [26] ARRIGONI F, PARAZZINI C, RIGHINI A, et al. Deep medullary vein involvement in neonates with brain damage: An MR imaging study[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2011,32(11):2030-2036.
- [27] 蒋晨红,邱洁. 几种胶质细胞在新生儿脑损伤中作用及其机制的研究进展[J]. *中国医药*, 2023,18(7):1094-1098.
- [28] 尹燕,庄霞梅,李晓明,等. 新生儿脑白质损伤伴深髓静脉受累MRI分析[J]. *放射学实践*, 2023,38(6):763-768.
- [29] KIM H G, CHOI J W, HAN M, et al. Texture analysis of deep medullary veins on susceptibility-weighted imaging in infants: Evaluating developmental and ischemic changes[J]. *Eur Radiol*, 2020,30(5):2594-2603.
- [30] ZHUANG X, JIN K, LI J, et al. A radiomics-based study of deep medullary veins in infants: Evaluation of neonatal brain injury with hypoxic-ischemic encephalopathy via susceptibility-weighted imaging[J]. *Front Neurosci*, 2022,16:1093499.
- [31] ZHANG X, XIAO W, ZHANG Q, et al. Progression in moyamoya disease: Clinical features, neuroimaging evaluation, and treatment[J]. *Curr Neuropharmacol*, 2022,20(2):292-308.
- [32] 廖梦诗,范玉华. 深髓静脉破坏参与脑白质疏松症发病的研究进展[J]. *中国神经精神疾病杂志*, 2021,47(12):746-749.
- [33] HORIE N, MORIKAWA M, NOZAKI A, et al. "Brush sign" on susceptibility-weighted MR imaging indicates the severity of moyamoya disease [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2011,32(9):1697-1702.
- [34] FILIMONOVA E, OVSIANNIKOV K, ZAITSEV B, et al. T1w/T2w ratio is associated with the brush sign and perfusion delay in watershed regions in patients with moyamoya angiopathy [J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2023,231:107821.
- [35] LU J, ZHAO Y, LI M, et al. Clinical implications of the "brush sign" in susceptibility-weighted imaging for moyamoya disease [J]. *Cerebrovasc Dis*, 2021,50(2):147-155.
- [36] IDICULLA P S, GURALA D, PALANISAMY M, et al. Cerebral venous thrombosis: A comprehensive review [J]. *Eur Neurol*, 2020,83(4):369-379.
- [37] PARK M G, ROH J, AHN S H, et al. Papilledema and venous stasis in patients with cerebral venous and sinus thrombosis [J]. *BMC Neurol*, 2023,23(1):175.
- [38] AGUIAR de SOUSA D, LUCAS NETO L, JUNG S, et al. Brush sign is associated with increased severity in cerebral venous thrombosis [J]. *Stroke*, 2019,50(6):1574-1577.
- [39] DEMPFFLE A K, HARLOFF A, SCHUCHARDT F, et al. Longitudinal volume quantification of deep medullary veins in patients with cerebral venous sinus thrombosis: Venous volume assessment in cerebral venous sinus thrombosis using SWI [J]. *Clin Neuroradiol*, 2018,28(4):493-499.