

脑血管反应性的影像学评估及其在颅内动脉狭窄性疾病中的应用

■ 徐玉珠, 薛红莲, 刘俊艳

【摘要】 良好的脑血管反应性 (cerebrovascular reactivity, CVR) 是颅内动脉狭窄或闭塞性病变患者脑血流动力学失代偿期的重要代偿途径, CVR检测可以预测缺血性卒中的风险和预后, 评价血管重建术的效果。CVR的检测依赖于CO₂激发试验或者倾斜试验诱导脑小血管扩张, 并通过神经影像技术检测试验前后脑血流动力学的变化, 从而评估CVR。目前常用的CVR检测技术包括直接检测技术, 如CTP、PWI、单光子发射计算机断层扫描、正电子发射断层扫描、氙CT、血氧水平依赖性功能性磁共振成像、动脉自旋标记技术和间接检测技术TCD。

【关键词】 脑血管反应性; 神经影像; 颅内动脉狭窄性疾病

【DOI】 10.3969/j.issn.1673-5765.2019.08.012

作者单位

050051 石家庄

河北医科大学第三医院

神经内科

通信作者

刘俊艳

junyanliu2003@163.

com

Application of Neuroimaging Evaluations of Cerebrovascular Reactivity in Intra-extracranial Arterial Stenosis

XU Yu-Zhu, XUE Hong-Lian, LIU Jun-Yan. Department of Neurology, The Third Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang 050051, China

Corresponding Author: LIU Jun-Yan, E-mail: junyanliu2003@163.com

【Abstract】 Good cerebrovascular reactivity (CVR) is an important compensatory pathway during cerebral hemodynamic decompensation in patients with intra-extracranial arterial severe stenosis or occlusion. CVR assessment can be used to predict the risk and prognosis of ischemic stroke, and evaluate the efficacy of vascular reconstruction. The detection method of CVR as follows: firstly cerebral small vessels are induced to dilatating by CO₂ stimulation test or tilt table test, then the cerebral hemodynamic changes before and after vasodilatation are detected by neuroimaging examination. At present, CVR detection techniques include direct detection techniques, such as CTP, PWI, single photon emission computed tomography, Xenon CT, positron emission tomography, blood oxygen level dependent-functional MRI, and arterial spin labeling, and indirect detection techniques such as TCD.

【Key Words】 Cerebrovascular reactivity; Neuroimaging; Intra-extracranial arterial stenosis

脑血管反应性 (cerebrovascular reactivity, CVR) 指颅内小动脉和毛细血管在各种生理或病理因素刺激作用下, 代偿性扩张或收缩以维持脑血流稳定的能力, 是反映颅内血流动力学状态的指标。良好的CVR是人体在生理状态下保证稳定的脑灌注压及血液供应的基础, 亦是颅内动脉狭窄闭塞性病变患者脑血流动力学失代偿期的重要代偿途径, 也是缺血性卒中风险评估、血管重建术疗效评价的重要依据。本文复习文献, 综述CVR的影像学评估及其在颅内动脉狭窄或闭塞性疾病中的应用。

1 脑血管反应性检测的激发试验

目前临床上常通过激发实验以诱导脑小血管扩张, 然后利用不同的影像学方法检测血管扩张前后脑血流动力学变化以评估CVR。常用的激发试验包括CO₂激发试验及倾斜试验^[1]。目前临床上用来提高体内CO₂浓度的方法包括屏气试验、CO₂吸入试验及乙酰唑胺试验^[2]。倾斜试验主要通过体位变化改变脑灌注压力, 经TCD或其他影像学方法观察脑灌注压力改变前后脑血流的变化, 以此评估脑血管的自动调节能力。

最新研究表明, 静息状态下血氧水平依赖 (blood oxygen level dependent, BOLD) 成像也可测定CVR, 该实验需要应用鼻导管及特殊装置持续记录患者呼吸末CO₂浓度, 并应用BOLD技术测量全脑成像, 根据患者BOLD信号及CO₂浓度曲线获得CVR。该研究中还将此方法与CO₂激发试验联合BOLD试验测量CVR进行了对比, 结果表明两种方法测量得到的CVR具有很好的一致性^[1]。

2 脑血管反应性的影像学检测方法

目前用于检测血管扩张前后脑血流动力学变化从而评估CVR的影像学方法有直接检测方法和间接检测方法。

2.1 直接检测方法 CVR的直接检测方法指利用各种灌注成像技术, 获得CO₂激发试验后感兴趣区示踪剂或对比剂浓度随时间的变化, 形成时间-密度/信号曲线, 并计算感兴趣区脑组织的脑血流量 (cerebral blood flow, CBF)、脑血容量 (cerebral blood volume, CBV)、平均通过时间 (mean transition time, MTT) 等参数, 以反映脑局部血流量的变化, 进一步计算CVR。直接检测方法中CVR的计算公式为 $[(\text{激发后CBF}-\text{激发前CBF})/\text{激发前CBF}]\times 100\%$, 正常值为20%~75%。生理状态下, CO₂激发试验后感兴趣区CBF明显升高。若激发试验后感兴趣区CBF不增加或者轻度增加, 难以满足脑组织供血需求, 则提示CVR衰竭、脑储备能力差。

直接检测的影像技术根据是否需要团注外源性放射性物质或其他对比剂分为无创性脑灌注评价技术及有创性脑灌注评价技术。

2.1.1 无创性脑灌注评价技术 无创性脑灌注评价技术包括血氧水平依赖性功能性磁共振成像 (BOLD-functional MRI, BOLD-fMRI)、动脉自旋标记技术 (arterial spin labeling, ASL)、氙-CT (Xe-CT) 等。无创性脑灌注评价技术的优点是无需注射任何外源性对比剂, 无

电离辐射, 不依赖血脑屏障, 在血脑屏障被破坏的病灶区域能更真实反映脑灌注情况。

BOLD-fMRI是通过脑功能成像技术检测CO₂激发试验前后横向磁化时间 (T₂^{*}) 的信号变化来评估CVR。尽管BOLD-fMRI用于CVR研究的价格较昂贵, 后期数据处理的要求也高, 但其能显示全脑血流信号变化特点, 可随意选择感兴趣区, 具有准确、直接、方便的特点, 目前在临床研究中应用最为广泛^[3-5]。

ASL利用特殊的射频脉冲对动脉血中的水分子进行标记, 待标记的血液流入脑组织后进行信号的快速采集, 得到标记像, 然后与不施加标记脉冲的对照像相减计算出CBF, 称为脑血流量加权成像^[6-7]。ASL还可对单根血管进行标记, 能更直观地反映该血管的灌注状态, 也更有利于评估某一责任血管的预后。Xe-CT的检查需要患者配合吸入含有氙气成分的气体, 氙气弥散能力取决于脑的血容量和氙气的溶解度, 其摄取和清除的过程表现为CT值的改变, 从而间接计算出脑血流量的变化^[8]。相对于其他影像学检查方法, Xe-CT的优势在于不受血脑屏障破坏的影响, 而且因为氙气的清除率高, 可在20 min后重复进行测试^[9]。Xe-CT的局限性在于其检测需要患者能很好地配合吸入氙气, 且其结果易受骨组织伪影的影响。

2.1.2 有创性脑灌注评价技术 CVR的有创性评价技术包括PWI、CTP、单光子发射计算机断层扫描 (single photon emission computed tomography, SPECT)、正电子发射断层扫描 (positron emission tomography, PET) 等, 此类检查准确性及灵敏度高, 但均需要团注外源性对比剂或放射性物质, 且费用相对昂贵。

PWI是通过静脉团注外源性对比剂后测量脑血管扩张前后的脑灌注参数指标的变化而获得CVR, 对比剂可改变血液磁敏感梯度从而导致脑组织发生短暂性的磁场变化, 原始图像经处理后计算出TTP参数图, 可作为脑内血

流动力学损伤诊断的一种敏感指标^[10]。

CTP可定量或半定量评估灌注异常脑组织的血液供应及侧支循环的状态,但CTP图像采集需要对兴趣区进行反复扫描,射线剂量较高,且需要快速团注碘对比剂,增加了过敏反应的危险性^[11]。

SPECT脑血流灌注显像根据脑组织中外源性放射性核素的聚集浓度半定量计算出局部CBF,并通过后期的数据处理来评判大脑的血流灌注情况。此方法简便易行、准确性高,但图像后处理易受图像分辨率及人为因素的干扰,具有主观性强和重复性差的缺点^[12]。

PET与SPECT同属于脑功能性成像,与SPECT不同的是,PET应用的为正电子核素示踪剂,此种物质半衰期短、灵敏度高,因此仅需要微量注射,相对比于其他影像学方法,PET具有高度的灵敏性且可定量分析脑血流量,目前国外主要采用¹⁵O-H₂O PET脑显像,并将其作为脑血流灌注测量的金标准。不过PET设备和检查费用都较昂贵,且有放射性损伤,限制了其临床应用^[13]。

2.2 间接检测方法 CVR的间接检测方法指通过TCD测量CO₂激发试验前后大脑中动脉(middle cerebral artery, MCA)血流速度的变化,从而间接评估颅内阻力动脉的扩张能力。良好的CVR会使阻力血管平滑肌细胞舒张,相应近端颅内MCA血流速度增快,当颅内外动脉发生闭塞性病变、颅内小动脉硬化或血管炎侵犯小动脉时,颅内阻力动脉舒缩的调节能力降低,激发试验后相应近端血管血流速度不变或轻度升高,提示CVR受损。

TCD检测CVR因其无创性、可重复操作且价格便宜等优点,目前临床应用最为广泛。其中较常应用TCD联合屏气试验测定CVR,临床常用的TCD检测CVR的方法包括:二氧化碳吸入试验、呼吸抑制试验、乙酰唑胺试验和体位试验^[14]。由于TCD评估CVR的可靠性在很大程度上依赖于操作者的技术水平,且图像获得

受患者颞窗的影响,因此在临床应用中受到一定程度的限制。

3 颅内外血管狭窄闭塞性病变对脑血管反应性的影响

CVR主要受颅内小动脉和毛细血管调节影响,但研究表明,颅内外大血管病变亦可对CVR产生影响。Junjie Wu等^[15]以前循环动脉慢性闭塞性疾病患者为研究对象,应用BOLD-fMRI技术评估乙酰唑胺激发试验前后患侧及健侧灰质、白质及全脑BOLD信号水平的变化,检测其CVR。结果表明,患者全脑血流信号在给予乙酰唑胺后均有明显增加,但患侧脑灰质、白质CVR均低于健侧,且脑白质CVR低于脑灰质。有研究应用ASL评价症状性单侧颈内动脉闭塞性病变患者脑血流自动调节能力,发现单侧颈内动脉闭塞性病变患者患侧及对侧MCA分布区、尾状核区、豆状核区、丘脑区的CVR均显著低于健康对照人群,提示颈内动脉闭塞性病变患者患侧及对侧半球的脑血管自动调节能力均显著受损^[16]。颈动脉内膜剥脱术(carotid endarterectomy, CEA)、血管内支架成形术及颅内外动脉搭桥术等血管重建术不仅改善了颅内外动脉闭塞性疾病患者的脑血流动力学,也可改善或逆转病变远端动脉的CVR^[17-20]。Simona Lattanzi等^[19]应用TCD评估了CEA前后患者CVR的变化,发现CVR受损严重的颈动脉狭窄患者,CEA术可显著改善其CVR。Hiroshi Enaida等^[20]以颈内动脉重度狭窄患者作为研究对象,利用SPECT联合乙酰唑胺激发试验评估CEA治疗前后CVR改变,亦得出相似结论。而Mami Ishikawa等^[21]发现颅内外动脉搭桥手术同样可明显改善患者的CVR。

4 脑血管反应性评估在颅内外动脉狭窄或闭塞性病变患者中的应用

良好的CVR是颅内外动脉狭窄或闭塞性

病变患者脑血流动力学失代偿期的重要代偿途径,临床上对CVR的测定可以用来预测患者罹患缺血性卒中和血管再通后高灌注综合征的风险,从而指导患者个体化治疗方案的制定。

4.1 脑血管反应性对卒中风险的评估 Weiqing Zhang等^[22]以单侧症状性MCA狭窄(狭窄率 $\geq 50\%$)患者为研究对象,应用CTP结合CO₂激发试验获得感兴趣区CBF的变化,以病变侧CVR较对照侧降低10%作为CVR受损的评估标准,评估CVR受损与病变1年内复合血管事件的相关性,结果显示CVR受损患者术后1年内发生复合血管事件的风险显著高于正常组。Nolan S.Hartkamp等^[17]荟萃分析了颈内动脉闭塞病变患者CVR与缺血性卒中风险的关系,发现CVR受损与病变同侧缺血性卒中发生风险增加独立相关,而且有症状和无症状患者的风险预测结果相似。Hyun Jin Noh等^[23]在探讨伴有颅内动脉狭窄的烟雾病缺血性卒中复发的临床结局及预测因素时发现,在非手术组中,患者缺血性卒中复发在第一年为1.6%,在第五年为11.8%,CVR降低(HR 13.62, 95% CI 1.55~119.84)是卒中复发的独立预测因子。同时,多项研究证实,CVR与颅内动脉狭窄或闭塞患者较高的卒中复发风险、死亡风险相关^[24-25]。

4.2 脑血管反应性与血管再通后高灌注综合征 目前,血管内介入治疗已成为颅内动脉狭窄或闭塞患者的主要治疗手段之一,可成功实现组织的再灌注,从而使缺血组织的结构、功能得到恢复。部分患者在血管再通后会出现脑高灌注综合征(cerebral hyperperfusion syndrome, CHS),研究表明CVR降低和长期脑灌注不足导致的脑血管自我调节功能丧失是术后CHS的可能机制之一^[26]。Muhammad K Rafiq等^[27]收治了一例68岁老年女性患者,MRA显示其右侧颈内动脉狭窄程度 $>95\%$,远端口径较小,提示远端血流不畅,行CEA治疗后5 d出现CHS。研究者总结患者发生CHS的原

因除了动脉狭窄程度高及围手术期高血压等危险因素外,还有CVR受损。Kejia Teo等^[28]对颈内动脉严重狭窄或MCA CVR受损的患者行颈外-颈内动脉搭桥,发现在术后出现局灶性神经功能缺损的患者中,CHS与术前CVR受损明显相关。

Buczek J等^[29]经TCD检测颈动脉狭窄患者颈动脉支架置入术(carotid artery stenting, CAS)和CEA后CHS的发生率,结果发现无论CVR还是MCA血流速度,都可以在术前帮助识别出颈动脉狭窄术后CHS高危的患者。有研究纳入了53例灌注成像显示CVR和(或)脑基底节区血流低的严重颈动脉狭窄患者,实施了分期阶段CAS,第一期球囊血管成形术后对42个病灶进行灌注研究,其中3个病灶侧显示过度灌注^[30]。第二期在最终支架植入术后5 d内进行灌注研究的20个病灶中,仅一个病变侧显示过度灌注。证实了一期球囊扩张使CVR改善后再进行CAS,可减少高灌注损伤的发生率,与之前其他学者的研究一致^[31]。良好的CVR可使缺血再灌注风险减低,也为颅内动脉血管狭窄或闭塞性疾病的择期分期手术后减少CHS提供了参考意见。

综上所述,CVR是颅内动脉狭窄或闭塞性病变患者脑血流动力学失代偿期的重要代偿途径,颅内动脉狭窄或闭塞性病变亦可影响CVR。CVR受损与否与卒中发生及复发风险、血管再通后再灌注损伤等密切相关。临床工作中可通过直接和间接两种方法检测CVR的受损情况,以评估患者预后及指导临床诊治^[32-33]。

参考文献

- [1] LIU P, LI Y, PINHO M, et al. Cerebrovascular reactivity mapping without gas challenges[J]. *Neuroimage*, 2017, 146: 320-326. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.11.054>.
- [2] SETTAKIS G, MOLNÁR C, KERÉNYI L, et al. Acetazolamide as a vasodilatory stimulus in cerebrovascular diseases and in conditions affecting the cerebral vasculature[J]. *Eur J Neurol*, 2003, 10

- (6) : 609-620.
- [3] MAGON S, BASSO G, FARACE P, et al. Reproducibility of BOLD signal change induced by breath holding[J]. *Neuroimage*, 2009, 45 (3) : 702-712.
- [4] URBACK A L, MACINTOSH B J, GOLDSTEIN B I. Cerebrovascular reactivity measured by functional magnetic resonance imaging during breath-hold challenge: a systematic review[J/OL]. *Neurosci Biobehav Rev*, 2017, 79: 27-47. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.05.003>.
- [5] GOODE S D, KRISHAN S, ALEXAKIS C, et al. Precision of cerebrovascular reactivity assessment with use of different quantification methods for hypercapnia functional MR imaging[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2009, 30 (5) : 972-977.
- [6] NOGUCHI T A. Technical perspective for understanding quantitative arterial spin-labeling MR imaging using continuous ASL[J]. *Pol J Radiol*, 2016, 81 (1) : 317-321.
- [7] GRADE M, HERNANDEZ TAMAMES J A, PIZZINI F B, et al. A neuroradiologist's guide to arterial spin labeling MRI in clinical practice[J]. *Neuroradiology*, 2015, 57 (12) : 1181-1202.
- [8] Meyer J S, Shinohara T, Imai A, et al. Imaging local cerebral blood flow by xenon-enhanced computed tomography-technical optimization procedures[J]. *Neuroradiology*, 1988, 30 (4) : 283-292.
- [9] LATCHAW R E, YONAS H, HUNTER G J, et al. Guidelines and recommendations for perfusion imaging in cerebral ischemia: a scientific statement for healthcare professionals by the writing group on perfusion imaging, from the Council on Cardiovascular Radiology of the American Heart Association[J]. *Stroke*, 2003, 34 (4) : 1084-1104.
- [10] 朱慧敏, 周志明, 徐格林, 等. 脑血管反应性的检测方法[J]. *中国卒中杂志*, 2009, 4 (12) : 1001-1007.
- [11] 戴峰, 张秀明, 卢万俊, 等. CT灌注成像分析颈内动脉重度狭窄或闭塞患者脑血管储备损害[J]. *中国医学影像技术*, 2012, 28 (1) : 59-63.
- [12] TUROWSKI B, HEIROTH H J, STEIGER H J, et al. A comparative study of perfusion CT and 99m Tc-HMPAO SPECT measurement to assess cerebrovascular reserve capacity in patients with internal carotid artery occlusion[J]. *Eur J Med Res*, 2011, 16 (11) : 484-490.
- [13] NEMOTO E M, YONAS H, PINDZOLA R R, et al. PET OEF reactivity for hemodynamic compromise in occlusive vascular disease[J]. *J Neuroimag*, 2007, 17 (1) : 54-60.
- [14] 刘俊艳, 魏娟红, 罗艳利. 大脑中动脉粥样硬化性狭窄患者脑血管自动调节能力分析[J]. *中国超声医学杂志*, 2007, 23 (10) : 737-740.
- [15] WU J, DEHKHARGHANI S, NAHAB F, et al. Acetazolamide-augmented dynamic BOLD (aczBOLD) imaging for assessing cerebrovascular reactivity in chronic steno-occlusive disease of the anterior circulation: an initial experience[J/OL]. *Neuroimage Clin*, 2017, 13: 116-122. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2016.11.018>.
- [16] HARTKAMP N S, BOKKERS R P, VAN OSCH M J, et al. Cerebrovascular reactivity in the caudate nucleus, lentiform nucleus and thalamus in patients with carotid artery disease[J]. *J Neuroradiol*, 2016, 44 (2) : 143.
- [17] REINHARD M, SCHWARZER G, BRIEL M, et al. Cerebrovascular reactivity predicts stroke in high-grade carotid artery disease[J]. *Neurology*, 2014, 83 (16) : 1424-1431.
- [18] HAN J S, ABOUHAMDEN A, MANDELL D M, et al. Impact of extracranial-intracranial bypass on cerebrovascular reactivity and clinical outcome in patients with symptomatic moyamoya vasculopathy[J]. *Stroke*, 2011, 42 (11) : 3047-3054.
- [19] LATTANZI S, CARBONARI L, PAGLIARICCIO G, et al. Neurocognitive functioning and cerebrovascular reactivity after carotid endarterectomy[J]. *Neurology*, 2017; 10.1212. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000004862>.
- [20] ENAIDA H, NAGATA S, TAKEDA A, et al. Changes in chorioretinal blood flow velocity and cerebral blood flow after carotid endarterectomy[J]. *Jpn J Ophthalmol*, 2016, 60 (6) : 459-465.
- [21] ISHIKAWA M, KUSAKA G, TERAOKA S, et al. Improvement of neurovascular function and cognitive impairment after STA-MCA anastomosis[J/OL]. *J Neurol Sci*, 2017, 373: 201-207. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2016.12.065>.
- [22] ZHANG W, YIN Y, ZHANG Y, et al. Influence of cerebrovascular reactivity on outcome of the patients with $\geq 50\%$ symptomatic unilateral middle cerebral artery stenosis[J]. *Int J Neurosc*, 2018, 128 (1) : 1-15.
- [23] NOH H J, KIM S J, KIM J S, et al. Long term outcome and predictors of ischemic stroke recurrence in adult moyamoya disease[J]. *J Neurol Sci*, 2015, 359 (1-2) : 381-388.
- [24] 张卫清, 尹延伟, 张英谦, 等. 脑血管储备力对症状性大脑中动脉重度狭窄患者卒中风险的预测[J]. *神经损伤与功能重建*, 2017, 12 (6) : 492.
- [25] PORTEGIES M L, BRUIJIN R F, HOFMAN A, et al. Cerebral vasomotor reactivity and risk of mortality: The Rotterdam study[J]. *Stroke*, 2014, 45

- (1) : 42-47.
- [26] VAN MOOK W N, RENNENBERG R J, SCHURINK G W, et al. Cerebral hyperperfusion syndrome[J]. *Lancet Neurol*, 2006, 4 (12) : 877-888.
- [27] RAFIQ M K, CONNOLLY D, RANDALL M, et al. Cerebral hyperperfusion syndrome[J]. *Pract Neurol*, 2014, 14 (1) : 64-66.
- [28] TEO K, CHOY D K, LWIN S, et al. Cerebral hyperperfusion syndrome after superficial temporal artery-middle cerebral artery bypass for severe intracranial steno-occlusive disease: a case control study[J]. *Neurosurgery*, 2013, 72 (6) : 936-943.
- [29] BUCZEK J, KARLIŃSKI M, KOBAYASHI A, et al. Hyperperfusion syndrome after carotid endarterectomy and carotid stenting[J]. *Cerebrovasc Dis*, 2013, 35 (6) : 531-537.
- [30] YOO D H, ROH H G, CHOI S S, et al. Staged carotid artery stenting in patients with severe carotid stenosis: Multicenter experience[J/OL]. *J Clin Neurosci*, 2018, 53: 74-78. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2018.04.007>.
- [31] UCHIDA K, YOSHIMURA S, SHIRAKAWA M, et al. Experience of staged angioplasty to avoid hyperperfusion syndrome for carotid artery stenosis[J]. *Neurol Med Chir (Tokyo)*, 2015, 55 (11) : 824-829.
- [32] DONNELLY J, CZOSNYKA M, HARLAND S, et al. Cerebral haemodynamics during experimental intracranial hypertension[J]. *Cereb Blood Flow Metab*, 2017, 37 (2) : 694-705.
- [33] 杨雪, 王雁. 脑血管储备能力在缺血性卒中中的作用及研究进展[J]. *神经病学与神经康复学杂志*, 2017, 13 (4) : 213-220.

(收稿日期: 2019-01-09)



【点睛】 CVR反映脑血流自动调节的能力, 应用影像学技术对其进行评估可以辅助临床判断颅内外动脉狭窄或闭塞性疾病患者的卒中风险、治疗选择及预后评估。

《中国卒中杂志》加入开放科学计划读者告知书

本刊自2019年8月起, 加入开放科学计划 (Open Science Identity, OSID)。

OSID是由国家编辑学会出版融合编辑专业委员会、国家新闻出版署出版融合发展(武汉)重点实验室发起, 面向学术期刊行业的一项开放科学公益计划。

OSID以二维码为入口, 提供丰富的线上扩展功能。

加入该计划的每一篇论文都将拥有专属的OSID码。作者可在码内对论文作者、研究背景、学术价值等问题进行语音阐述; 也可上传论文的补充性数据与材料(图片或视频); 同时, 作者与读者的交互问答、作者学术圈等多种实用功能使论文成果更加立体化展现, 增强论文质量, 提升论文的曝光度、阅读量、下载量和引用率, 扩大论文和作者的影响力。此项计划能帮助作者提升论文影响力, 拓展学术人脉与资源。

《中国卒中杂志》编辑部

2019年8月1日