

烟雾病的后循环分级与手术疗效及灌注的相关性

李魁元 李红伟 杨波 董阳 曹磊 尤浩君

郑州大学第一附属医院,河南 郑州 450052

通信作者:杨波,Email:2491492624@qq.com

【摘要】 目的 提供一种烟雾病后循环分级方法,探究其与前循环、手术疗效及大脑灌注的相关性。**方法** 采用回顾性研究,大脑前循环用铃木分期代表,铃木分期 1~6 期分别赋值 1~6 分。后循环代偿分级为矢状位解剖上以中脑中心为原点,经胼胝体膝与胼胝体体部交界处、胼胝体体部与胼胝体压部交界处分别做射线,将大脑半球划分为三等份,按照烟雾病患者 DSA 图像 VA 从后往前所能达到的区域分别定义为 0、1、2、3 级,分别赋值 0、1、2、3 分。术后手术疗效采用松岛分级,大脑半球灌注水准采用全脑动脉自旋标记技术(ASL)评估。统计入组患者术前铃木分期、后循环代偿分级、术前大脑血流量(ASL-CBF)、术后松岛分级、术后 ASL-CBF,算出灌注差(术后 ASL-CBF-术前 ASL-CBF)。**结果** 后循环代偿分级与铃木分期呈正相关($r=0.502, P<0.01$),与术后松岛分级无明显相关性($P=0.19$),与 ASL 灌注差无明显相关性($P=0.651$),但与术前 ASL-CBF 呈正相关($r=0.337, P<0.05$)。**结论** 该后循环代偿分级与铃木分期有相关性,且与术前灌注水平相关,可能有更好的临床实用性。

【关键词】 烟雾病;后循环;铃木分期;松岛分级;脑灌注

【中图分类号】 R743 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1673-5110 (2022) 03-0265-05

Correlation between posterior circulation classification of moyamoya disease and surgical efficacy and perfusion

LI Kuiyuan, LI Hongwei, YANG Bo, DONG Yang, CAO Lei, YOU Haojun

The First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, China

Corresponding author: YANG Bo, Email: 2491492624@qq.com

【Abstract】 Objective To provide a classification method for posterior circulation in moyamoya disease, and to explore its correlation with anterior cerebral circulation, surgical efficacy and cerebral perfusion. **Methods** The anterior cerebral circulation was represented by Suzuki stage. Suzuki stages 1-6 were assigned 1-6 points. Compensatory of posterior circulation stages was strat from mesencephalon center on sagittal of anatomy. Crossing the junction of genu of corpus callosum and body of corpus callosum, the body of corpus callosum and the splenium of corpus callosum. Dividing the brain hemispheres into three equal parts. According to the DSA images of moyamoya disease, the regions that VA could reach from the back to the front were defined as stages 0, 1, 2, and 3, assigning them as 0, 1, 2, and 3 points. Postoperative efficacy was evaluated by Matsushima grades. Cerebral hemispherical perfusion level was assessed by whole cerebral artery spin labeling technique (ASL). Collecting the data of suzuki stages, compensatory of posterior circulation stages, preoperative ASL-cerebral blood flow (ASL-CBF), Matsushima grades and postoperative ASL-CBF. The difference in perfusion was calculated (postoperative ASL-CBF-preoperative ASL-CBF). **Results** There was a positive correlation between compensatory of posterior circulation stages and Suzuki stages, $r=0.502, P<0.01$. There was no significant correlation between compensatory of posterior circulation stages and postoperative Matsushima grades, $P=0.19$. There was no significant correlation between compensatory of posterior circulation stages and the differences of ASL perfusion, $P=0.651$. However, it

DOI: 10.12083/SYSJ.220155

收稿日期 2022-01-03 本文编辑 夏保军

本文引用信息:李魁元,李红伟,杨波,董阳,曹磊,尤浩君. 烟雾病的后循环分级与手术疗效及灌注的相关性[J]. 中国实用神经疾病杂志, 2022, 25(3): 265-269. DOI: 10.12083/SYSJ.220155

Reference information: LI Kuiyuan, LI Hongwei, YANG Bo, DONG Yang, CAO Lei, YOU Haojun. Correlation between posterior circulation classification of moyamoya disease and surgical efficacy and perfusion [J]. Chinese Journal of Practical Nervous Diseases, 2022, 25(3): 265-269. DOI: 10.12083/SYSJ.220155

was positively correlated with preoperative ASL-CBF, $r=0.337$, $P<0.05$. **Conclusion** The compensatory of posterior circulation stages is correlated with cerebral anterior circulation. It is correlated with preoperative perfusion level. This stages may have better clinical practicality.

【Key words】 Moyamoya disease; Posterior circulation; Suzuki stage; Matsushima classification; Cerebral perfusion

烟雾病(moyamoya disease, MMD)是一种较罕见的慢性闭塞性脑血管疾病,最早由日本学者 TAKEUCHI 和 SHIMIZU 于 1957 年发现,1967 年日本医生 SUZUKI 及 TAKAKU 正式命名为 MMD,同时根据全脑血管造影建立了 MMD 脑动脉造影分期,即铃木分期^[1]。颅内的供血由颈内动脉(internal carotid artery, ICA)、颈外动脉(external carotid artery, ECA)及椎动脉(vertebral artery, VA)提供, MMD 患者 ICA 或 MCA 或(和)ACA 狭窄或闭塞时,血流经过其他侧支吻合或新生血管到达缺血区,从而为缺血区大脑代偿性提供部分血流灌注,其主要源自 ECA 及 VA, ECA 的代偿除通过自身的侧支循环外,神经外科的颅内外血运重建术也是基于此种途径,且此种手术方式改善颅内缺血的疗效已得到证实^[2-3]。VA 对大脑半球的供血主要通过大脑后动脉(posterior cerebral artery, PCA)实现。多个学者对烟雾病的侧支循环途径进行了研究,也诞生了多个侧支循环分类方法, MATSUSHIMA 等^[4]于 1986 年将 MMD 侧支循环分为 6 个较为全面的系统,该方法首次全面介绍了烟雾病的侧支循环,但未定义血管的具体代偿途径。近年来,烟雾病的侧支循环得到较广泛应用和认识的是 LIEBESKIND^[5]及 BALTSAVIAS 等^[6]的分类方法,除此之外还有许多烟雾病侧支循环的分类,这里不做赘述。这些烟雾病的侧支循环分类方法不断提高我们对烟雾病代偿血管网络的认识,但这些分类方法于临床工作并不十分实用。

近年许多学者意识到 PCA 在烟雾病患者的血流代偿中起着非常重要的作用,多个研究表明约 30% 的 MMD 涉及到后循环^[7-8],烟雾病患者大脑后动脉狭窄或闭塞,脑梗死发生的频率增加^[9],且 PCA 狭窄与 MMD 预后不良密切相关^[10]。此外有研究证明,在同侧合并 PCA 狭窄或闭塞的 MMD 患者铃木分期级别更高,此发现在成人跟儿童具有一致性^[8],间接表明当 ICA 狭窄或闭塞时,PCA 的代偿血供尤为重要,可见大脑后循环对颅内血供有重要意义,且大脑前循环与后循环可能存在某种联系。虽然 SUZUKI 等^[1]当时已发现 MMD 存在后循环病变,但在制定诊断分期标准时未列入,后来 MIYAMOTO 等^[11]于 1984 年基

于大脑数字减影血管造影(DSA)提出烟雾病的 PCA 分级,称为宫本分级,该分级与铃木分期类似,按 PCA 的狭窄或闭塞严重程度及侧支烟雾状血管的丰富程度把 PCA 累及的烟雾病分为 4 级,1 级:PCA 没有闭塞性改变;2 级:PCA 狭窄伴或不伴 PCA 烟雾状血管轻度发展;3 级:PCA 严重狭窄或几近闭塞伴 PCA 烟雾状血管;4 级:PCA 完全闭塞伴 PCA 烟雾状血管减少,但该分级并未把前循环和后循环联系起来。有研究^[12]明确提出双侧 ICA 末端狭窄或闭塞的诊断标准有明显的局限性。MUGIKURA 等^[13]发现前、后循环的进行性改变均与脑梗死有关,在脑梗死晚期的 CT 和 MR 研究中最终表现为斑片状弥散或蜂窝状梗死。烟雾病前循环和后循环的关系并没有文献明确提出,基于这种现状,本文对烟雾病前循环和后循环的关系进行探究,拟从我们中心一个新分级出发,探究烟雾病患者后循环是否与前循环有相关性,及其与手术疗效、烟雾病大脑灌注情况的关系。

1 对象与方法

1.1 对象 本研究为回顾性研究,收集 2019-10-01—2021-04-30 郑州大学第一附属医院收治的经全脑 DSA 确诊的烟雾病成人病例,入组条件:(1)经郑州大学第一附属医院 DSA 诊断为烟雾病的成人(≥ 18 岁)患者;(2)术前同时行 DSA 和全脑动脉自旋标记技术(arterial spin labeling, ASL)检查;(3)初次行手术治疗,术式均为颞浅动脉-大脑中动脉搭桥术+颞浅动脉贴敷术(STA-MCA + EDAS),且血管搭桥吻合成功,术中血管造影显示通畅;(4)术后 3 个月后 DSA 和 ASL 复查。排除标准:(1)椎基底动脉系统及颈内动脉系统解剖变异;(2)围术期有急性或亚急性脑梗死、脑出血。

1.2 前循环的评估 前循环采用铃木分期代表见表 1。

1.3 后循环的评估 我们中心提供一种新的后循环分级,本研究用该分级代表后循环,矢状位解剖上以中脑中心为原点,经胼胝体膝部与胼胝体体部交界处、胼胝体体部与胼胝体压部交界处分别做射线,将大脑半球划分为三等份,按照烟雾病患者 DSA 图

表 1 烟雾病的铃木分期

Table 1 Suzuki staging of moyamoya disease

铃木分期	分级标准	分值/分
1 期	颈内动脉末端分叉处狭窄,无其他异常所见	1
2 期	颈内动脉末端分叉处狭窄,颅底有烟雾血管形成,ACA 和 MCA 的分支扩张,尚没有颅外至颅内的侧支循环形成	2
3 期	ACA 和 MCA 主要分支有缺失,烟雾血管非常明显,形成烟雾状血管团,无法在血管造影上识别形成烟雾血管团的每一条动脉,PCA 或后交通不受影响,无颅外至颅内的侧支循环形成	3
4 期	烟雾状血管开始减少,从颅外到颅内的侧支循环逐渐形成	4
5 期	从 ICA 发出的全部主要动脉完全消失,烟雾血管比第 4 期更少,从颅外到颅内的侧支供血进一步增多	5
6 期	烟雾状血管完全消失,仅见到从颅外进入颅内的侧支循环	6

像 VA 及 PCA 从后往前所能达到的区域分别定义为 0,1,2,3 级(图 1~2、表 2),名称为烟雾病后循环代偿分级,其中 0~3 级分别赋值 0~3 分。

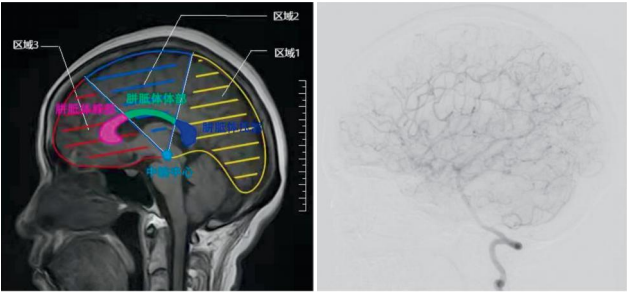


图 1 烟雾病后循环代偿分级的划分

Figure 1 Classification of posterior circulation compensation for moyamoya disease

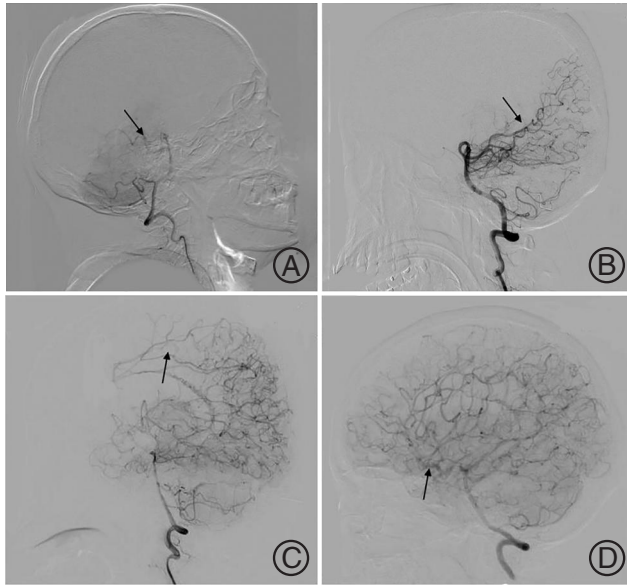


图 2 烟雾病后循环代偿分级各级示例 A:0 级;B:1 级;C:2 级;D:3 级

Figure 2 Example for compensatory of posterior circulation stages of moyamoya diseases. A: Level 0; B: Level 1; C: Level 2; D: Level 3

表 2 烟雾病的后循环代偿分级

Table 2 Classification of posterior circulation compensation for moyamoya disease

分级	DSA 侧位像 VA 供血范围	分值/分
0 级	不足区域 1 的 50%	0
1 级	局限于区域 1 且 $\geq$ 区域 1 的 50%	1
2 级	覆盖区域 1 不超出区域 2	2
3 级	覆盖区域 2 达到区域 3	3

1.4 大脑灌注评估 大脑半球灌注情况采用 ASL 评估,ASL 评估灌注水准与 PET^[14]、SPECT^[15] 具有一致性,使用 Siemens 3.0T 磁共振扫描仪,采用伪连续动脉自旋标记灌注(pseudo-continuous ASL, pASL)技术,标记后延迟时间 1.5 s,所有患者均于同侧半卵圆中心及丘脑平面 ACA、MCA、PCA 区域同位置选定一感兴趣区(ROIs),测定其 ASL 脑血流量(ASL-CBF),取三者均值代表大脑平均灌注水平,分别测定术前、术后灌注水平,用术后 ASL-CBF 减去术前 ASL-CBF (下称灌注差)代表术后灌注提升程度。

1.5 手术疗效评估 烟雾病术后疗效采用 MATSUSHIMA 等^[16] 提出的松岛分级标准进行评估(表 3)。

表 3 烟雾病 STA-MCA + EDAS 术后松岛分级

Table 3 Songdo classification of moyamoya disease after STA-MCA + EDAS

松岛分级	分级标准	分值/分
A 级	术后搭桥血管灌注区域 $> 2/3$ MCA 灌注区域	3
B 级	术后搭桥血管灌注区域在 MCA 灌注区域 $1/3 \sim 2/3$ 之间	2
C 级	术后搭桥血管灌注区域 $< 1/3$ MCA 灌注区域	1

1.6 方法 统计入组患者术前铃木分期、术前上述后循环代偿分级、术前大脑 ASL-CBF、术后松岛分级、术后 ASL-CBF,算出灌注差。数据应用 SPSS 22.0 统计学软件分析,等级变量采用 Spearman 相关性分析, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料 共纳入烟雾病患者 55 例 55 侧,其中缺血型 47 例 (85.5%),出血型 8 例 (14.5%),均行直接+间接颅内血运重建术 (STA-MCA、EDAS),年龄 46.3 (46.3±8.2) 岁,随访时间 5.2 (5.2±1.7) 个月,铃木分期平均 4.0 分,后循环代偿分级平均 1.9 分,术后松岛分级平均 1.7 分,术前 ASL-CBF 灌注 (25.65±12.70)

$\text{mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$,术后 ASL-CBF 灌注 (33.44±8.47) $\text{mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ 。

2.2 后循环代偿分级与铃木分期的相关性 烟雾病患者按表 2 所示后循环代偿分级方法划分时,其与铃木分期呈正相关 ($r=0.502, P<0.01$)。见表 4。

2.3 后循环代偿分级和术后松岛分级的相关性 后循环代偿分级与 STA-MCA+EDAS 术后松岛分级无明显相关性 ($P=0.19$)。见表 4。

2.4 后循环代偿分级和灌注的相关性 后循环代偿分级与 ASL 灌注差并无明显相关性 ($P=0.651$),但后循环代偿分级与术前 ASL 灌注呈正相关 ($r=0.337, P<0.05$)。见表 4。

表 4 后循环分级与铃木分期、松岛分级、灌注的 Spearman 相关性分析

Table 4 Spearman correlation analysis of posterior circulation classification with Suzuki stage, Matsushima classification and perfusion

项目	统计值	铃木分期	术前灌注	松岛分级	灌注差
后循环分级	<i>r</i> 值	0.502**	0.337*	0.179	-0.062
	<i>P</i> 值	<0.01	0.012	0.19	0.651

注:*代表相关性一般,**代表相关性较强

3 讨论

本研究发现,按烟雾病后循环代偿分级划分烟雾病患者后循环时,后循环代偿分级与铃木分期呈正相关,可能意味着随着烟雾病的病程进展及铃木分期级别增高,后循环的代偿范围趋于增加,这也可能是由于大脑前循环从部分代偿逐渐到失代偿的过程中,大脑后循环受到某种信号或因素影响代偿供血范围趋于增加,而合并 PCA 狭窄的患者,可能在前循环逐渐失代偿过程中并不能有效代偿性供血,进而导致预后不良。

后循环代偿分级与术后松岛分级未见明显相关性,可能代表着烟雾病患者行 STA-MCA+EDAS 术后颅内血流及血管的新生、分布与多种因素有关,可能当后循环代偿较好、分级较高时,颅内缺血严重程度相对较轻,经血管搭桥手术带来的血供相比于已存在的代偿性供血较少,无法替代现有的供血血管网络,从而使搭桥血管发展缓慢。也有可能因大脑前循环缺血程度较重,后循环 3 级代偿仍供血不足,此时外科搭桥手术提供的供血极为重要,机体趋于增加新生血管,提高灌注水平,改善缺血症状。此外,STA-MCA+EDAS 术后颅内血管情况不可控,有搭桥血管闭塞可能。值得注意的是,搭桥血管闭塞按松岛分级分为 C 级,且可能出现于任何患者,这种搭桥

血管闭塞风险还与患者自身血管情况 (包括受体与供体)、术者血管吻合水准、手术方式等有关,又或者烟雾病外科术后血管的生长需较长时间,长期随访能更好评估手术疗效^[17-18]。而本研究平均随访 5.2 个月,随访时间较短,这也是本研究不足之处。

后循环代偿分级与术前灌注水平呈正相关,意味着 PCA 对颅内供血有重要意义,与其他学者研究的烟雾病 ICA 和 PCA 狭窄均可影响脑灌注具有一致性^[19]。另外, $r=0.337$ 代表相关性为一般水平,这可能是因大脑的灌注主要由 ICA 和 VA 共同提供,PCA 带来的血供无法完全代表大脑灌注水平。本研究还发现,后循环代偿分级与灌注差无明显相关性,可能说明外科术后颅内大脑灌注的改善并不取决于后循环的代偿能力,或许与前循环的改善程度有关。

本研究灌注评估采用 ASL,有研究表明 ASL 和 PWI 均可有效评估烟雾病患者大脑灌注状态,且 ASL 与 CTP、PWI 方法在灌注评估上具有一致性^[20]。ASL 相比 CTP、PWI 有无创性、无辐射的优势,对于需要随访乃至需多次行颅内灌注评估的患者,选择 ASL 检查或许能更好地保护患者。

临床上遇到许多 PCA 狭窄的 MMD 患者,但并没有十分实用的后循环相关分级分期标准,在此基础上,本中心效仿铃木分期,结合 DSA 提供了一个

MMD 后循环的脑动脉造影分级。它是不同于铃木分期、侧支循环分级的一种新的分级方法,侧重于对 PCA 的观察,其中 0 级表示 PCA 代偿极差,结合文献约 30% 的 MMD 患者合并 PCA 狭窄,而 PCA 狭窄患者被证实预后不良,所以出现 0 级可能代表着预后不佳。后循环分级一定程度上能代表 VA 的代偿情况,该分级便于临床医生对 MMD 患者有一个快速、直观的病情判断,再结合前循环的铃木分期可以更加全面地对 MMD 患者术前大脑供血情况进行评估,可能具有临床实用价值,而大样本继续验证该分级、各分级的预后以及将该分级推广运用至临床是接下来努力的方向。

4 参考文献

- [1] SUZUKI J, TAKAKU A. Cerebrovascular “moyamoya” disease. Disease showing abnormal net-like vessels in base of brain [J]. Arch Neurol, 1969, 20(3): 288–299.
- [2] LIU X, ZHANG D, WANG S, et al. Clinical features and long-term outcomes of moyamoya disease: a single-center experience with 528 cases in China [J]. J Neurosurg, 2015, 122(2): 392–399.
- [3] KURODA S, NAKAYAMA N, YAMAMOTO S, et al. Late (5–20 years) outcomes after STA-MCA anastomosis and encephalo-duro-my-arterio-pericranial synangiosis in patients with moyamoya disease [J]. J Neurosurg, 2021, 134(3): 909–916.
- [4] MATSUSHIMA Y, INABA Y. The specificity of the collaterals to the brain through the study and surgical treatment of moyamoya disease [J]. Stroke, 1986, 17(1): 117–122.
- [5] LIEBESKIND D S. Collateral circulation [J]. Stroke, 2003, 34(9): 2279–2284.
- [6] BALTSAVIAS G, KHAN N, VALAVANIS A. The collateral circulation in pediatric moyamoya disease [J]. Childs Nervous System, 2015, 31(3): 389–398.
- [7] KURODA S, ISHIKAWA T, HOUKIN K, et al. Clinical significance of posterior cerebral artery stenosis/occlusion in moyamoya disease [J]. No Shinkei Geka, 2002, 30(12): 1295–1300.
- [8] HISHIKAWA T, TOKUNAGA K, SUGIU K, et al. Assessment of the difference in posterior circulation involvement between pediatric and adult patients with moyamoya disease Clinical article [J]. J Neurosurg, 2013, 119(4): 961–965.
- [9] HUANG A P, LIU H M, LAI D M, et al. Clinical significance of posterior circulation changes after revascularization in patients with moyamoya disease [J]. Cerebrovasc Dis, 2009, 28(3): 247–257.
- [10] NOH H J, KIM S J, KIM G M, 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.
- [11] MIYAMOTO S, KIKUCHI H, KARASAWA J, et al. Study of the posterior circulation in moyamoya disease [J]. J Neurosurg, 1984, 61(6): 1032–1037.
- [12] 孙玮良, 赵黎明, 梁浩, 等. 烟雾病的临床特征及外科治疗的流行病学分析 [J]. 中国实用神经疾病杂志, 2020, 23(6): 485–490. DOI: 10.12083/SYSJ.2020.06.025.
- [13] MUGIKURA S, TAKAHASHI S, HIGANO S, et al. Predominant involvement of ipsilateral anterior and posterior circulations in moyamoya disease [J]. Stroke, 2002, 33(6): 1497–1500.
- [14] GOETTI R, WARNOCK G, KUHN F P, et al. Quantitative cerebral perfusion imaging in children and young adults with moyamoya disease: comparison of arterial spin-labeling-MRI and H (2) [(15) O] -PET [J]. Am J Neuroradiol, 2014, 35(5): 1022–1028.
- [15] NOGUCHI T, KAWASHIMA M, IRIE H, et al. Arterial spin-labeling MR imaging in moyamoya disease compared with SPECT imaging [J]. Eur J Radiol, 2011, 80(3): e557–e562.
- [16] MATSUSHIMA T, INUOUE T, SUZUKI S O, et al. Surgical treatment of moyamoya disease in pediatric patients: comparison between the results of the indirect and direct revascularization procedures [J]. Neurosurgery, 1992, 31(3): 401–405.
- [17] ZHAO Y H, LI J X, CHEN X L, et al. Predictors of neoangiogenesis after indirect revascularization in moyamoya disease: a multicenter retrospective study [J]. J Neurosurg, 2020, 132(1): 98–108.
- [18] 梁浩, 赵黎明, 孙玉学, 等. 联合脑血运重建治疗老年烟雾病患者的临床研究 [J]. 中国实用神经疾病杂志, 2021, 24(5): 388–395. DOI: 10.12083/SYSJ.2021.15.004.
- [19] TOGAO O, MIHARA F, HONDA H, et al. Cerebral hemodynamics in Moyamoya disease: Correlation between perfusion-weighted MR imaging and cerebral angiography [J]. Am J Neuroradiol, 2006, 27(2): 391–397.
- [20] ZHANG J, XIA C, LIU Y, et al. Comparative study of MR mTI-ASL and DSC-PWI in evaluating cerebral hemodynamics of patients with Moyamoya disease [J]. Medicine, 2018, 97(47): e13497.