

## 应用 MRA 研究后交通动脉变异与后循环梗死的相关性

周 围<sup>1</sup>, 许乙凯<sup>2</sup>, 陆敏茹<sup>3</sup>, 梁耀基<sup>3</sup>, 陈 峰<sup>4</sup>, 胡秋根<sup>1</sup>, 刘 健<sup>3</sup>

(南方医科大学 1.附属顺德第一人民医院放射科, 广东 佛山 528300; 2.南方医院医学影像中心, 广东 广州 510515;  
3.附属顺德第一人民医院康复医学科, 广东 佛山 528300; 4.附属顺德第一人民医院病案统计室, 广东 佛山 528300)

**摘 要:** 【目的】分析血管形态危险因素, 研究后交通动脉变异与后循环梗死的联系。【方法】收集我院 776 例病历完整的住院患者, 其中 181 例临床确诊后循环梗死者为研究组, 另 595 例无后循环梗死者为对照组。根据三维时间飞跃法磁共振血管成像图像按后交通动脉的影像形态特征归纳为 4 个临床亚型, 并以后交通动脉临床亚型、性别、年龄、高血压、糖尿病及高脂血症为自变量, 进行 Logistic 回归分析后循环梗死的危险因素。【结果】两组患者的后交通动脉的临床亚型构成有显著差异( $P = 0.004$ )。对于后循环梗死而言: 高血压为危险因素( $P < 0.001$ )、高脂血症为危险因素( $P = 0.015$ ), 后交通动脉的临床亚型亦为重要的影响因素( $P = 0.010$ ), 其中 B 型(仅见单或双侧胚胎性大脑后动脉)为危险因素( $P = 0.040$ ), 发生后循环梗死的风险比 D 型(无后交通动脉, 亦无胚胎性大脑后动脉)高 65.4%。【结论】胚胎性大脑后动脉者需要积极预防后循环梗死。

**关键词:** 后交通动脉; 形态变异; 三维时间飞跃法磁共振血管成像; 后循环梗死; 危险因素分析

**中图分类号:** R445.2      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1672-3554(2016)02-0277-06

### MRA Study on Correlation of Posterior Communicating Artery Variation and Posterior Circulation Infarction

ZHOU Wei<sup>1</sup>, XU Yi-kai<sup>2</sup>, LU Min-ru<sup>3</sup>, LIANG Yao-ji<sup>3</sup>, CHEN Feng<sup>4</sup>, HU Qiu-gen<sup>1</sup>, LIU Jian<sup>3</sup>

(Department of Radiology, The First People's Hospital of Shunde, Affiliate to Southern Medical University, Foshan 528300, China;  
2. Medical Imaging Center, Southern Medical University affiliated Nanfang Hospital, Guangzhou 510515, China; 3. Department of Rehabilitation Medicine, The First People's Hospital of Shunde, Affiliate to Southern Medical University, Foshan 528300, China;  
4. Medical Record Statistical Room, The First People's Hospital of Shunde, Affiliate to Southern Medical University, Foshan 528300, China)

Corresponding to: XU Yi-kai, E-mail: yikaivip@163.com

**Abstract:** 【Objective】To analyze risk factors of vascular form, aiming to study the relationship between variation of posterior communicating artery (PCoA) and posterior circulation infarction (PoCI). 【Methods】This retrospective analysis contained a total of 776 patients from our hospital, the number of PoCI (research group) and non PoCI (control group) was 181 and 595, respectively. According to three dimensional time of magnetic resonance angiography (3D TOF MRA), PCoA image characteristic can be divide to 4 clinical subtypes. Apply Logistic regression analysis risk factors of posterior circulation cerebral infarction, used clinical subtypes of PCoA, gender, age, hypertension, diabetes and hyperlipidemia as independent variables. 【Results】The constituent ratio of PCoA clinical subtypes between research group and control group was statistically significant difference ( $P = 0.004$ ). For the PoCI, hypertension ( $P < 0.001$ ) and hyperlipidemia ( $P = 0.015$ ), as well as the clinical subtypes of PCoA ( $P = 0.010$ ) are the risk factor. We further concluded that the clinical subtypes of PCoA, of which only type B (single or double sides of fetal origin of the posterior cerebral artery) as risk factor ( $P = 0.040$ ) that has more 65.4% risk of the PoCI than type D (neither has PCoA, nor fetal origin of the posterior cerebral artery). 【Conclusion】Prevent of PoCI must be more actively if the fetal origin of the posterior cerebral artery was found.

**Key words:** posterior communicating artery; morphological variation; three dimensional time of magnetic resonance angiography; posterior circulation infarction; analysis of risk factors

[J SUN Yat-sen Univ(Med Sci), 2016, 37(2): 277-282]

收稿日期: 2015-11-30

基金项目: 广东省佛山市科学技术局医学类科技攻关项目(2015AB002553; 2014AB002553)

作者简介: 周围, 副主任医师, 32316276@qq.com; 许乙凯, 通信作者, 教授, 博士生导师, yikaivip@163.com

脑的血供包括前循环(颈内动脉系统)和后循环(椎-基底动脉系统),后循环的供血区主要是上段脊髓、脑干、小脑、丘脑、枕叶和部分颞叶,后循环梗死(posterior circulation infarction, PoCI)病死率约 3.6%,严重致残率达 18%,近年来备受关注<sup>[1]</sup>。后交通动脉(posterior communicating artery, PCoA)是后循环最重要的侧枝动脉,沟通了前后循环的血流,但其变异常见,发生变异时必然影响代偿潜能,或导致后循环的血流动力学改变,可能与 PoCI 有关<sup>[1-2]</sup>。下文应用三维时间飞跃法磁共振血管成像(three dimensional time of magnetic resonance angiography, 3D TOF MRA)检测 PoCI 患者的 PCoA 形态学变异,结合其特征进行分型并与非 PoCI 者比较,尝试为研究 PoCI 提供新的思路。

## 1 材料与方 法

### 1.1 病例资料

收集 2014 年 7 月 1 日至 2015 年 6 月 30 日 间在我科行头颅磁共振成像(Magnetic Resonance Imaging, MRI)平扫及 3D TOF MRA 检查的患者,共计 1 637 例。纳入标准:以《中国急性缺血性脑卒中诊治指南(2010 版)》<sup>[3]</sup>为金标准,263 例临床确诊 PoCI 且经头颅 MRI 证实者为研究组;在其余 1 374 例非 PoCI 患者中,根据研究组样本的年龄分布,选取年龄匹配的 917 例,为对照组。排除标准:①3D TOF MRA 图像质量差,无法分析血管形态;②存在颅内异常侧枝循环或血管畸形;③出血性脑血管病;④有脑肿瘤、脑外伤及脑手术病史。经排除后最终得到研究组 181 例,对照组 595 例,共计 776 例,满足统计分析的要求。逐一详细复习病历资料,记录样本的性别、年龄和血压、血糖、血脂的情况,高血压诊断依据《ESH/ESC(欧洲高血压学会/欧洲心脏病学会)指南 2013》<sup>[4]</sup>,糖尿病诊断依据《美国糖尿病学会糖尿病诊疗标准 2014》<sup>[5]</sup>,高脂血症诊断依据《中国成人血脂异常防治指南 2007》<sup>[6]</sup>。

### 1.2 影像资料

应用 PHILIPS InteraAchieva 1.5T MRI, 3D TOF MRA 检查参数如下,TR/TE(ms):26/ 6.9,矩阵:300 × 172,REC Voxel MPS (mm):0.31/ 0.31/ 0.50,采集时间约 6 min。将采集的原始数据导入后处理工作站(Extended MR Workspace 2.6.3.4),

由两位具高级职称的 MRI 诊断医师共同结合最大信号强度投影重组图像及其源图像分析 PCoA 的形态特征,意见不一致时经协商取得一致。

从影像学的角度看,PCoA 按照 Krabbe - Hartkamp 的标准可分为 10 个亚型<sup>[7]</sup>,将双侧 PCoA 发育正常、颅底动脉环后环完整者判断为典型 PCoA,其余判断为变异 PCoA,根据后循环的血供来源和 PCoA 的形态特征,可整理得到 4 个临床亚型:①单侧或双侧 PCoA 时,PCoA 的血流除了流向同侧大脑后动脉(posterior cerebral artery, PCA),在一定条件下也可以流向对侧 PCA 或者基底动脉,所谓单侧与双侧 PCoA 的区别可视为有效分流通道大小的区别,可同归于一个亚型,即 A 型;②单侧或双侧胚胎性大脑后动脉(fetal origin of the posterior cerebral artery, FTP)时,PCA 血流主要来自颈内动脉,椎-基底动脉血流有不同程度地参与,可同归于一个亚型,即 B 型;③单侧 FTP 并对侧 PCoA 时,PCoA 的血流可流向同侧 PCA 或基底动脉,但不能有效代偿对侧 PCA,因此是另一种亚型,即 C 型。④PCoA 及 FTP 均不存在时,后循环仅由椎-基底动脉供血,前后循环血流不相混,即 D 型,尸体显微解剖研究显示这是最常见的一个亚型<sup>[2]</sup>,因此采用 D 型作为参照组定义分类变量,分析 PCoA 其余亚型对 PoCI 的影响(图 1)。

### 1.3 统计分析

采用 SPSS 13.0 软件进行统计分析。采用 Pearson 检验比较两组患者的性别分布和 PCoA 形态构成。由于两组患者的年龄分布非正态且方差不齐,故采用 Wilcoxon 秩和检验。以两组患者的 PCoA 临床亚型、性别、年龄、高血压、糖尿病及高脂血症为自变量,以 PoCI 发病为因变量,采用 Enter 法进行 Logistic 回归分析,寻找 PoCI 发病的影响因素。对于不同 PCoA 临床亚型作为多分类变量时,以 D 型(既无 PCoA,也无 FTP)为参照组定义分类变量,采用 Indicator 法进行比较。统计推断均采用双侧检验, $P < 0.05$  时认为差异有统计学意义。

## 2 结 果

### 2.1 临床资料比较

两组间合并高血压的患者比率差异有统计学意义,而性别、年龄、合并糖尿病的患者比率和合并高脂血症的患者比率差异均无统计学意义(表 1)。

表 1 776 例样本分组一般资料比较

Table 1 776 cases of grouping data comparison [n(%)]

	Experimental group(181)	Control group (595)	Statistics	P
Gender(Number)				
Male	109(60.2)	333(56.0)	$\chi^2 = 1.025$	0.311
Female	72(39.8)	262(44.0)		
Age/Years				
Median(range)	68.5(40-90)	67.0(40-93)	$Z = -1.462$	0.144
Hypertension	133(73.5)	327(55.0)	$\chi^2 = 19.725$	0.000 <sup>1)</sup>
Diabetes	108(59.7)	362(60.8)	$\chi^2 = 0.080$	0.778
Hyperlipemia	147(81.2)	442(74.3)	$\chi^2 = 3.644$	0.056

2.2 PCoA 形态分析

776 例中共检出 PCoA (包括 FTP)581 条,其中左侧 PCoA 最小管径为 0.5 mm, 平均 (0.590 ± 0.8247)mm, 右侧 PCoA 最小管径为 0.6 mm, 平均 (0.660 ± 0.8896)mm。两组患者的左、右侧 PCoA 管径差异均无统计学意义(左侧 PCoA:  $Z = -0.940$ ,  $P = 0.347$ ; 右侧 PCoA:  $Z = -0.504$ ,  $P = 0.615$ )。但两组患者的 PCoA 临床亚型的构成比差异有统计学意义( $P < 0.05$ , 表 2)。

2.3 Logistic 回归

结果显示: 高血压为 PoCI 发病的危险因素, 其优势比 OR = 2.465 (95% 置信区间为 1.677 ~ 3.623); 高脂血症亦为 PoCI 发病的危险因素, 其优势比 OR = 1.706 (95% 置信区间为 1.108 ~ 2.628); 校正其他因素后, PCoA 亚型亦为 PoCI 发病的影响因素, 其中 B 型 (仅见单或双侧 FTP) 为危险因素, 其优势比 OR = 1.654 (95% 置信区间为 1.024 ~

表 2 776 例后循环血供及 PCoA 变异分析

Table 2 776 cases of posterior circulation blood and PCoA variation analysis [n(%)]

	Experimental group(181)	Control group (595)	$\chi^2$	P
Posterior circulation blood type				
Simple blood supply	130(71.8)	376(63.2)	4.556	0.033 <sup>1)</sup>
Double blood supply	51(28.2)	219(36.8)		
PCoA variation				
Typical form	27(14.9)	76(12.8)	0.554	0.457
Variationform	154(85.1)	519(87.2)		
Clinical subtype of PCoA				
Subtype A	42(23.2)	183(30.8)		
Subtype B	44(24.3)	80(13.4)	13.399	0.004 <sup>2)</sup>
Subtype C	9(5.0)	36(6.1)		
Subtype D	86(47.5)	296(49.7)		

2.671; 表 3)。

3 讨 论

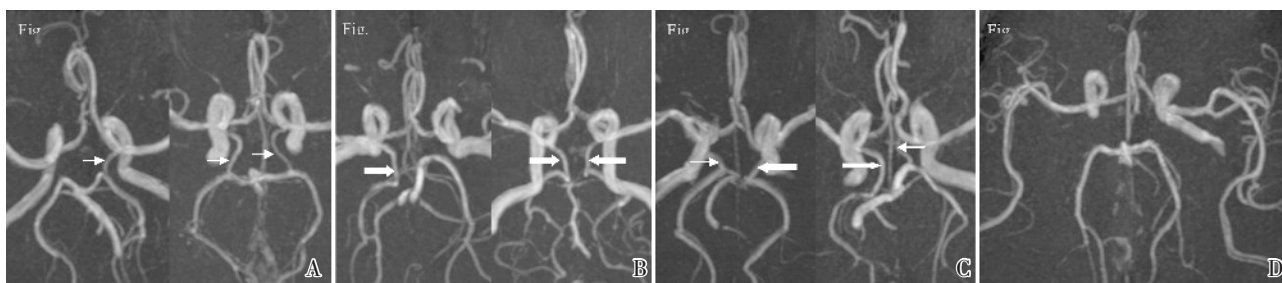
3.1 MRA 的临床应用价值

在 1990 年以前, 人们对 PCoA 的认识来源于数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)脑血管造影, 但仅限于有严重神经功能缺损的患者。虽然 DSA 是诊断脑血管病的金标准, 但无法同时显示双侧 PCoA, 更无法同时显示前后循环的全貌, 也难以在检查中对照分析梗死灶和血管的关系, 而且 DSA 必须住院进行, 费用昂贵, 操

表 3 776 例样本可能影响 PCI 发病的危险因素 Logistic 回归分析

Table 3 776 cases of logistic regression analysis of the risk factors which may influence the PoCI

	B	SE	Wald $\chi^2$	$\nu$	P	OR	95%CI for OR	
							Lower	Upper
Gender	-0.269	0.181	2.215	1	0.137	0.764	0.536	1.089
Age	0.009	0.008	1.132	1	0.287	1.009	0.992	1.026
Hypertension	0.902	0.196	21.085	1	0.000 <sup>2)</sup>	2.465	1.677	3.623
Diabetes	-0.032	0.192	0.027	1	0.869	0.969	0.665	1.411
Hyperlipemia	0.534	0.220	5.876	1	0.015 <sup>1)</sup>	1.706	1.108	2.628
Clinical subtype of PCoA			11.406	3	0.010 <sup>1)</sup>			
Subtype A	-0.366	0.230	2.538	1	0.111	0.693	0.442	1.088
Subtype B	0.503	0.245	4.233	1	0.040 <sup>1)</sup>	1.654	1.024	2.671
Subtype C	-0.174	0.406	0.184	1	0.668	0.840	0.379	1.861
Constant	-2.374	0.656	13.100	1	0.0002)	0.093		



A: Clinical subtypeA. Unilateral or bilateralPCoA (→)was found that the blood source of posterior circulation was mainly supplied from the vertebral-basilar artery primarily.B: Clinical subtypeB. Unilateral or bilateral FTP (↔)was found that the blood source of posterior circulation was supplied fromboth internal carotid and vertebral-basilar artery.C: Clinical subtypeC. FTP (↔)on one side and PCoA (→)on another that the blood source of posterior circulation was supplied fromboth internal carotid and vertebral-basilar artery. D: Clinical subtypeD. Neither PCoA nor FTP was found that the blood source of posterior circulation was supplied from the vertebral-basilar artery only.

图 1 PCoA 临床亚型的 3D TOF MRA 影像表现

Fig.1 3D TOF MRA images of the Clinical subtype of PCoA

作繁琐,属于有创检查,并发症多,不宜反复多次进行,必须寻找更简便、安全的替代方法。CTA 作为对血管壁钙化进行定量分析的唯一影像学手段,应用于评价 Cow 及 PCoA 也日渐获得关注。CTA 对各级血管的显示不依赖于血液流空效应,能够更精确地显示细小的血管。但是,实际应用中 CTA 图像容易受到颅底骨质结构的干扰而影响对细小 PCoA 的评价,而且 CTA 检查与 DSA 一样,难以避免对人体有害的电离辐射,必须使用的含碘对比剂也增加了过敏的风险,因而具有一定的应用局限性。3D TOF MRA 不需注射对比剂,利用血液的流入增强效应,突出了血管内流动血液的信号,进行无创血管形态成像。众多研究<sup>[9-12]</sup>表明:3D TOF MRA 对 PCoA 的测量结果是准确的,其源图像与生物塑化薄层断面解剖标本有良好的对应关系,以 DSA 为“金标准”,3D TOF MRA 的敏感度、特异度达 91.3%、98.2%,对于血管狭窄超过 70%的阴性预测值为 100%,3D TOF MRA 检出管径  $\geq 0.5$  mm 的 PCoA 的阳性预测值很高,对 PCoA 而言,虽然未显影不能简单地认为其缺如,但 PCoA 管径  $< 1$  mm 就不能形成有效的血流代偿从而防止脑梗死的发生,临床上可认为其“不存在”。临床研究不可能把所有样本进行解剖,应用无创的 3D TOF MRA 分析 PCoA 的临床亚型也是可以接受的,符合医学伦理。

### 3.2 PoCI 危险因素分析

国内外研究<sup>[13-14]</sup>表明:吸烟史、同型半胱氨酸水平、饮酒史、服药史(阿斯匹林等)、卒中史均可

能影响 PoCI,但上述变量在本研究的两组间差异无统计学意义,可能是样本量较小所致。虽然有学者<sup>[15]</sup>认为糖尿病是脑血管病的危险因素,但本研究结果尚不支持这一结论,分析最可能的原因是样本选择偏倚。薛新宏<sup>[16]</sup>等报道糖尿病者造成的多种代谢异常会加速脑梗死的发生,因此患者发病年龄较轻,而本研究入组患者多为老年人;糖尿病患者小血管受累更明显,是多发腔隙性脑梗死的一个预测指标,但本研究根据 PoCI 临床诊断标准将单纯腔隙性梗死的患者纳入了对照组,可能影响了最终的结论。

表 3 结果显示:性别、年龄、糖尿病对 PoCI 的影响无统计学意义;而高血压、高脂血症及 PCoA 临床亚型对 PoCI 的影响有统计学意义,在 PCoA 各临床亚型中:仅 B 型为 PoCI 的危险因素,相对危险度以其与 D 型的优势比近似估计  $RR \approx OR = 1.654$ ,认为 B 型样本发生 PoCI 的风险相对于 D 型来说提高了 65.4%。既往研究<sup>[17-19]</sup>表明:FTP 是 PCoA 的一种重要变异,发生率约 37%,由于 PCoA 直接延续为 PCA,其特殊的血流动力学改变可导致 PoCI 的发生率明显升高,脱落的颈内动脉栓子容易通过 FTP 分流导致枕叶脑梗死。进一步的研究<sup>[20-22]</sup>表明:FTP 可分为完全胚胎型(PCA 的 P1 段缺如)和部分胚胎型(PCA 的 P1 段管径小于 PCoA),与正常者(PCA 的 P1 段管径大于 PCoA)比较,部分胚胎型是脑梗死的危险因素,不论单侧或是双侧 FTP 均可导致后循环脑血流量下降,可在灌注成像中出现类似脑缺血的表现。本组结果与上述

文献相符,提示对于FTP者可能要更积极地做好PoCI的预防工作,特别是合并其他危险因素(如高血压、高脂血症)时,控制好血压、血脂水平等有望延缓动脉硬化的进展及防止后循环缺血的加重。

Menshawi等<sup>[23]</sup>的研究表明:没有大动脉狭窄时,PCoA对脑血流量的影响似乎很小,但当大动脉狭窄时,PCoA变得至关重要,其口径与脑梗死的危险性成反比。李艳艳等<sup>[24]</sup>报道了11例颈内动脉病变患者,其中10例后循环血液通过PCoA代偿前循环(即PCoA盗血综合征)而导致PoCI,可认为PCoA是PoCI发病的一个危险因素。而Hong等<sup>[25]</sup>研究了95例急性脑干梗死患者的CTA图像,Logistic回归结果显示PCoA是提示预后良好的指标,认为是前循环血液通过PCoA灌流后循环供血区,对急性脑干梗死患者的局部缺血起到保护作用。表2结果显示,PoCI组后循环仅接受椎-基底动脉供血者(双侧PCoA未显示)的比例高于对照组,但根据Logistic回归分析结果尚不能对PCoA是PoCI的保护因素或是危险因素做定论。分析原因可能是:①本组研究应用临床亚型的分类而不是单纯考究解剖亚型,可能与既往基于解剖亚型的研究结果有所差异;②PCoA起着联系前后循环血流的重要作用,其变异的多样性决定了血流代偿的复杂性,PCoA的不同亚型之间,由于管径、形态的不同,分流的情况也比较复杂。因此,不能笼统地讲PCoA是PoCI的保护因素或危险因素,必须结合PCoA的血流方向,对“前向后分流”、“后向前分流”或“前后双向分流”的不同情况进行分别讨论。

综上所述,通过3D TOF MRA检测PCoA变异是简单有效的无创方法,选择临床亚型作为自变量分析其对PoCI的影响,不同于既往繁杂的解剖亚型研究,为防治PoCI提供了一个新的视角。若发现FTP可能要更积极地预防PoCI,有望使一部分既往未获重视的高危人群获益。但本研究也有局限性,主要是:①未能就PCoA不同的分流形式分别讨论,也未能进行血流的定量分析,进一步应用相位对比技术进行血流分析有望较好地解决这一问题;②样本选择均为住院病例,即使对照组样本亦不能完全代表健康人群的情况,需要扩大样本量及招募志愿者纳入进一步的研究;③PoCI组缺乏队列研究和随访资料,属于单中心研究,结论仍需进一步检验。

## 参考文献

- [1] NOUH A, REMKE J, RULAND S. Ischemic posterior circulation stroke: a review of anatomy, clinical presentations, diagnosis, and current management [J]. *Front Neurol*, 2014, 7(5): 30-35.
- [2] 徐涛,薛绛宇,陈炯,等.人脑Willis动脉环后循环变异的显微解剖研究[J].*中华神经外科疾病研究杂志*, 2007,6(2):108-110.  
XU T, XUE JY, CHEN J, et al. Microsurgical anatomy of variations of posterior portion in arterial circle of Willis [J]. *Chin J Neurosurg Dis Res*, 2007,6(2):108-110.
- [3] 中华医学会神经病学分会脑血管病学组急性缺血性脑卒中诊治指南撰写组.中国急性缺血性脑卒中诊治指南2010 [J].*中国全科医学*, 2011,14(12B):4013-4017.  
Neurology branch of Chinese medical association cardiovascular epidemiology group guidelines for writing of diagnosis and treatment of acute ischemic stroke. China's guidelines of diagnosis and treatment of acute ischemic stroke 2010 [J]. *Chin Gen Pract*, 2011, 14(12B): 4013-4017.
- [4] MANCIA G, FAGARD R, NARKIEWICZ K, et al. 2013 ESH/ESC Guidelines for the management of arterial hypertension: The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC) [J]. *Eur Heart J*, 2013, 34(28):2159-2219.
- [5] American Diabetes Association. Standards of medical care in diabetes-2014 [J]. *Diabetes Care*, 2014, 37(Suppl 1): S14-S80.
- [6] 中国成人血脂异常防治指南制订联合委员会.中国成人血脂异常防治指南[J].*中华心血管病杂志*, 2007, 35(5):390-419.  
Establish Joint Committee Of Chinese Adult Dyslipidemia Prevention Guide. China's adult dyslipidemia prevention guide [J]. *Chin J Cardiovasc Dis*, 2007, 35(5): 390-419.
- [7] SAHA A, BHAGYALAKSHMI B, MANDAL S, et al. Variation of posterior communicating artery in human brain: a morphological study [J]. *Gomal J Med Sci*, 2013, 11(9): 42-46.
- [8] 岳海霞.头颅磁共振血管成像对缺血性脑血管病患者颅内动脉脑狭窄的诊断价值[J].*实用医学影像杂志*, 2015,16(3):272-273.

- YUE HX. Diagnostic value of intracranial cerebral artery stenosis for ischemic cerebrovascular disease in Head magnetic resonance angiography [J]. *JPMI*, 2015, 16 (3): 272-273.
- [9] 吴广忠,张斌,陈静. 磁共振动脉血管成像与 CT 动脉血管成像在脑血管疾病中诊断价值[J]. 河北北方学院学报(自然科学版),2012,28(5):69-71.
- WU GZ, ZHANG B, CHEN J. The value of MRA and CTA in diagnosing cerebrovascular diseases[J]. *J Hebei North Univ(Nat Sci Ed)*, 2012,28(5): 69-71.
- [10] GOLDSTEIN LB, BUSHNELL CD, ADAMS RJ, et al. Guidelines for the primary prevention of stroke: a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association [J]. *Stroke*, 2011, 42(2):517-84.
- [11] LIEBESKIND DS, COTSONIS GA, SAVER JL, et al. Collaterals dramatically alter stroke risk in intracranial atherosclerosis [J]. *Ann Neurol*, 2011, 69 (6):963-974.
- [12] MOK V, KIM JS. Prevention and management of cerebral small vessel disease [J]. *J Stroke*, 2015, 17 (2):111-122.
- [13] 杨淞然,华平,苏嵩欣,等. 脑梗死后再发缺血性卒中与脑出血患者微血管病变及预后的比较[J]. 中山大学学报(医学科学版),2006,27(3):346-349.
- YANG SR, HUA P, SU AX, et al. Features of small vessel disease between patients with recurrent ischemic and hemorrhagic stroke [J]. *J SUN Yat-sen Univ(Med Sci)*, 2006,27(3):346-349.
- [14] DJELILOVIC-VRANIC J, ALAJBEGOVIC A, ZELIJA-ASIMI V, et al. predilection role diabetes mellitus and dyslipidemia in the onset of ischemic stroke [J]. *Med Arch*, 2013,67(2):120-123.
- [15] 薛新宏,王淑珍,张晓伏,等. 糖尿病与脑梗死病情及预后的相关性[J]. 河北医科大学学报,2015,36(4):444-446.
- XUE XH, WANG SZ, ZHANG XF, et al. Relationship between patient's condition and prognosis of brain infarction and the diabetes mellitus [J]. *J Hebei Med Univ*, 2015, 36(4): 444-446.
- [16] 陈莉,吕发金,罗天友,等. 椎动脉发育异常合并胚胎型大脑后动脉与后循环缺血的相关性[J]. 中国医学影像技术,2015,31(3):331-335.
- CHEN L, LYU FJ, LUO TY, et al. Relationship between abnormal development of vertebral artery with fetal posterior cerebral artery and posterior circulation ischemia [J]. *Chin J Med Imaging Technol*, 2015, 31 (3): 331-335.
- [17] 孟令准,李延龙,李少春. 胚胎型大脑后动脉与后循环缺血的相关性[J]. 中风与神经疾病杂志,2014,31(5):444-445.
- MENG LZ, LI YL, LI SC. The correlation of embryonal posterior cerebral artery and posterior circulation ischemia[J]. *J Apoplexy Nerv Dis*, 2014, 31(5): 444-445.
- [18] 李宝昆,刘增品,张新荣,等. 侧枝代偿在缺血性脑血管病诊治中的类型及意义 [J]. 河北医药,2011,33(10):1464-1467.
- LI BK, LIU ZP, ZHANG XR, et al. Types and significance of the collateral compensatory in the diagnosis and treatment of ischemic cerebrovascular disease[J]. *Hebei Med*, 2011, 33(10):1464-1467.
- [19] 曹志刚,祝婷. CTA 评价胚胎型大脑后循环与缺血性脑卒中的关系 [J]. 卒中与神经疾病,2015,22(3):156-159.
- CAO ZG, ZHU T. The CTA evaluation of embryonal posterior cerebral circulation and cerebral ischemic stroke[J]. *Stroke Nerv Dis*, 2015, 22(3): 156-159.
- [20] WENTLAND AL, ROWLEY HA, VIGEN KK, et al. Fetal origin of the posterior cerebral artery produces left-right asymmetry on perfusion imaging [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2010, 31(3):448-453.
- [21] HONG JM, LEE JS, SHIN DH, et al. Hemodynamic impact of fetal -variant Willisian circle on cerebral circulation: a duplex ultrasonography study [J]. *Eur Neurol*, 2011, 65(6):340-345.
- [22] MENSRAWI K, MOHR JP, GUTIERREZ J.A functional perspective on the embryology and anatomy of the cerebral blood supply [J]. *J Stroke*, 2015, 17 (2): 144-158.
- [23] 李艳艳,石际俊,姜春黎,等. 颈动脉盗血综合征的临床特点分析 [J]. 国际脑血管病杂志,2015,23(2):91-96.
- LI YY, SHI JJ, JIANG CL, et al. Analysis of clinical characteristics of carotid steal syndrome [J]. *Int J Cerebrovasc Dis*, 2015, 23(2):91-96.
- [24] HONG JM, CHOI JY, LEE JH, et al. Impact of posterior communicating artery on basilar artery stenosis-occlusive disease [J]. *J NeurolNeurosurg Psychiatry*, 2009, 80 (12):1390-1393.

(编辑 徐杰)