

颈部血管彩色超声和经颅多普勒超声联合检查评价前循环脑动脉粥样硬化

于德林 张玮

【摘要】 目的 应用颈部血管彩色超声和经颅多普勒超声(TCD)联合检查方法,对急性缺血性脑卒中患者前循环脑动脉粥样硬化的程度进行评价,并讨论其临床意义。方法 107例50-85岁急性前循环缺血性脑卒中患者,于发病后2周内完成颈部血管彩色超声及TCD检查。分别记录颈动脉颅外段狭窄组CT/MRI阳性侧和阴性侧颈总动脉/颈内动脉颅外段(CCA/EICA)不同回声斑块、斑块大小以及动脉狭窄程度;前循环颅内血管狭窄组CT/MRI阳性侧和阴性侧颈内动脉虹吸段(SCA)、颈内动脉末段(TICA)、大脑中动脉M1段(MCA-M1)、大脑前动脉A1段(ACA-A1)狭窄程度及双侧颈总动脉/颈内动脉颅外段不同回声斑块检出率;前循环颅内外动脉联合狭窄组CT/MRI阳性侧和阴性侧颈总动脉/颈内动脉颅外段、大脑中动脉M1段及大脑前动脉A1段狭窄程度。结果 颈动脉颅外段狭窄组:CT/MRI阳性侧颈总动脉/颈内动脉颅外段和阴性侧比较,不同回声斑块大小及阳性检出率差异无统计学意义($P>0.05$);狭窄程度为40%-50%、>50%-70%的颈总动脉/颈内动脉颅外段,两侧狭窄血管阳性检出率差异无统计学意义($P>0.05$);当狭窄程度达>70%-90%和>90%时,CT/MRI阳性侧检出率均大于阴性侧($P<0.05$)。前循环颅内血管狭窄组:CT/MRI阳性侧颈总动脉/颈内动脉颅外段与阴性侧之间不同回声斑块大小及阳性检出率差异均无统计学意义($P>0.05$);颈内动脉虹吸段或颈内动脉末段和大脑中动脉M1段狭窄发生率,CT/MRI阳性侧大于阴性侧($P<0.05$);大脑前动脉A1段狭窄发生率两侧差异无统计学意义($P>0.05$)。前循环颅内外动脉联合狭窄组:CT/MRI阳性侧颈总动脉/颈内动脉颅外段狭窄程度>70%和大脑中动脉M1段狭窄阳性检出率均大于阴性侧($P<0.05$);大脑前动脉A1段狭窄血管两侧阳性检出率差异无统计学意义($P>0.05$)。结论 同一组脑动脉粥样硬化患者颈动脉粥样硬化进展程度基本相同,根据斑块回声和溃疡形成与否不能确定动脉-动脉栓塞的“责任斑块”;颈部血管彩色超声检查提示颈总动脉/颈内动脉颅外段狭窄程度>70%,以及TCD提示颈内动脉虹吸段、颈内动脉末段、大脑中动脉M1段狭窄50%者,与同侧脑卒中的发生明显相关,二者联合应用有助于确定急性缺血性脑卒中的“责任动脉”。

【关键词】 动脉粥样硬化 脑动脉硬化 超声检查,多普勒,彩色 超声检查,多普勒,经颅 颈动脉

Assessment of anterior circulation cerebral artery atherosclerosis with combination of carotid color Doppler ultrasonography and transcranial Doppler ultrasonography YU De-lin, ZHANG Wei. Department of Ultrasound, Tianjin Huanhu Hospital, Tianjin 300060, China

【Abstract】 Objective To evaluate the application of combined carotid color Doppler ultrasonography and transcranial Doppler (TCD) in examining the extent of anterior circulation cerebral artery atherosclerosis in patients with acute ischemic stroke, and to discuss its clinical significance. Methods One hundred and seven 50-85 years old patients with acute anterior circulation ischemic stroke accepted carotid color Doppler ultrasonography and TCD within 2 weeks after onset. Recorded different echo plaque, plaque size, and artery stenosis extent at CT/MRI positive and negative side of common carotid artery/extracranial internal carotid artery (CCA/EICA) in the extracranial carotid artery stenosis group; recorded the stenosis extent at CT/MRI positive and negative side of siphon segment of internal carotid artery (SCA), terminal segment of internal carotid artery (TICA), middle cerebral artery M1 segment (MCA-M1), anterior cerebral artery A1 segment (ACA-A1), and the detectable rate of different echo plaque at both sides of CCA/EICA in the anterior circulation intracranial vascular stenosis group; and recorded the arterial stenosis extent at CT/MRI positive and negative side of CCA/EICA, MCA-M1, and ACA-A1 in the combined anterior circulation intracranial and extracranial artery stenosis group. Results In the extracranial carotid artery stenosis group, the different echo plaque size and positive detectable rate between CT/MRI positive side and neg-

作者单位:300060 天津市环湖医院超声科

ative side of CCA/EICA presented no significant differences ($P > 0.05$); when the stenosis extent of CCA/EICA was 40%-50% and >50%-70%, there were no significant differences in the positive detectable rates of stenotic vascular between both sides ($P > 0.05$); when stenosis extent achieved >70%-90% or >90%, detectable rates at CT/MRI positive side were all higher than those at negative side ($P < 0.05$). In anterior circulation intracranial vascular stenosis group, no significant differences in different echo plaque size and positive detectable rate were found between CT/MRI positive side and negative side of CCA/EICA ($P > 0.05$), the stenosis incidence rates of SCA/TICA and MCA-M1 of CT/MRI positive side were higher than those of CT/MRI negative side ($P < 0.05$), there were no significant differences in stenosis incidence rate at ACA-A1 between both sides ($P > 0.05$). In the combined anterior circulation intracranial and extracranial artery stenosis group, the positive detectable rates of CCA/EICA stenosis extent >70% and MCA-M1 stenosis at CT/MRI positive side were all higher than those at CT/MRI negative side ($P < 0.05$), the differences in positive detectable rates between both sides of ACA-A1 stenotic vascular was not significant ($P > 0.05$). Conclusion The progressive extent of carotid artery atherosclerosis was essentially similar in the same group of patients with cerebral atherosclerosis. According to the presentation of plaque echo and ulcer, we cannot define the responsible plaque of artery-arterial embolism. CCA/EICA stenosis extent >70% indicated by carotid color Doppler sonography, and SCA, TICA, and MCA-M1 stenosis extent 50% examined by TCD are apparently related to the occurrence of stroke at the same side. The combination of the two methods can be useful for defining the responsible artery in acute ischemic stroke.

【Key words】 Atherosclerosis Cerebral arteriosclerosis Ultrasonography, Doppler, color Ultrasonography, Doppler, transcranial Carotid arteries

脑动脉粥样硬化是缺血性脑卒中的主要危险因素之一,被认为与动脉粥样硬化性血栓性脑梗死有关^[1]。缺血性脑血管病的3项发病基础包括血管壁、血流动力学和血液状态,动脉粥样硬化通过改变前两项因素而导致缺血性脑血管病。利用超声原理探查脑供血动脉是一种无创、快捷、价格低廉、可床旁操作的血管检查方法,颈动脉超声检查能够获得颈动脉的二维图像,以此对颈动脉内-中膜厚度(intima-media thickness, IMT)、粥样硬化斑块内的成分及表面形态、血流动力学变化等进行检测和评价,其准确性较高;而经颅多普勒超声(TCD)检查是低发射频率超声波与脉冲多普勒相结合的超声检查技术,其声波能穿透颅骨较薄弱的部位,直接检测到颅内动脉的多普勒血流信号,可诊断脑供血动脉的狭窄程度。目前不乏关于TCD或颈部血管超声评价急性脑卒中的文献报道^[1,2],但鲜有颈部血管超声和TCD联合评价急性脑卒中的报道^[3]。脑血管超声(颈动脉超声联合TCD)检查结果显示,约有42%的短暂性脑缺血发作患者存在大动脉病变^[4],但若单纯行颈动脉超声或TCD检测,大动脉病变的阳性检出率仅为25%~35%^[2,5]。此外,联合应用这两种超声检查尚可为临床诊断颈内动脉重度狭窄或闭塞,以及颅内侧支循环开放情况提供可靠的依据^[6]。由于TCD对前循环检查的可靠性优于后循环,故笔者采用颈部血管彩色超声和TCD相结合的检查方法,以评价前循环脑动脉粥样硬化的程度。

对象与方法

一、对象

1. 病例选择 (1) 头部MRI(DWI)或CT检查确诊为急性前循环缺血性脑卒中,即梗死范围包括大脑半球内侧面前3/4,大脑半球外侧面额叶、顶叶、颞叶外侧面、颞叶外侧底面及颞极;尾状核及豆状核;内囊前肢及膝部以及后肢的前3/5^[7]。(2) 发病24h后行CT检查。(3) 发病后14d内完成颈部血管彩色超声及TCD检查。(4) 排除心房颤动、真性红细胞增多症、外伤史、明显的缺血性脑卒中家族遗传史、年龄<50岁、不能配合超声检查以及超声波无法穿透颞窗者。

2. 一般资料 选择我院2004年3月-2006年2月住院治疗并符合上述纳入与排除标准的急性前循环缺血性脑卒中患者107例,男60例,女47例;年龄50~85岁,平均(65.33±10.56)岁。

二、研究方法

1. 颈部血管彩色超声检查 采用美国PHILIPS公司生产的HDI-SonoCT-5000型彩色超声诊断仪,探查患者双侧颈总动脉(CCA)、颈内动脉(ICA)、椎动脉起始部(VA-pro)和锁骨下动脉(SubA)。分别检测颈总动脉、颈内动脉和椎动脉管腔直径;分析粥样硬化斑块大小(以沿血管长轴切面斑块最大长度与厚度乘积代表斑块大小);并观察斑块回声强度,据其超声波回声特征分为强回声、中等回声、中低

回声、低回声和混合回声;分析颈总动脉或颈内动脉的狭窄比值(即狭窄段残余管径/狭窄远端管径)。

2. TCD 检查 采用德国 EME 公司 PIONEER TC-8080 型经颅多普勒超声仪,用 2 MHz 探头于颞窗、枕窗探查大脑中动脉 M1 段(MCA-M1)、大脑前动脉 A1 段(ACA-A1)、颈内动脉末段(TICA)、大脑后动脉(PCA)、椎动脉颅内段(VA)以及基底动脉(BA),记录上述动脉平均血

流速度(Vm)和搏动指数(PI)。计算公式:Vm=[收缩期血流速度(Vs)+舒张期血流速度(Vd)×2]/3,PI=(Vs-Vd)/Vm,并根据需要记录收缩期和舒张期血流速度。用 2 MHz 探头于眼窗探查双侧颈内动脉虹吸段(SCA)和眼动脉(OA),分别记录血流速度(收缩期、舒张期血流速度及平均血流速度)、搏动指数、血流方向,并描述其频谱形态。颅内血管狭窄诊断原则或标准为,血流速度增快尤其局限性血流速度增快;血流频谱紊乱(频窗消失、涡流伴杂音)^[9]。

3. 分组 (1)颈动脉颅外段狭窄组(颅外段狭窄组):53 例患者,男 32 例,女 21 例;年龄 50~78 岁,平均(63.20±9.82)岁。头部 CT/MRI 检查均显示为颈内动脉供血区域梗死;颈部血管彩色超声扫描颈总动脉和(或)颈内动脉有粥样硬化斑块形成,或动脉狭窄,或动脉不完全或完全性闭塞;TCD 检测未发现颈内动脉虹吸段、颈内动脉末段、大脑中动脉 M1 段、大脑前动脉 A1 段血管狭窄;颈部血管彩色超声和 TCD 检测均未发现椎-基底动脉有异常表现(侧支代偿除外)。(2)前循环颅内血管狭窄组(颅内段狭窄组):39 例患者,男 20 例,女 19 例;年龄 55~85 岁,平均(69.62±11.80)岁。头部 CT 或 MRI 检查显示为颈内动脉供血区域梗死;颈部血管彩色超声检查未发现颈总动脉和(或)颈内动脉狭窄程度>60%的血管;TCD 检查发现颅内动脉狭窄性病变;颈部血管彩色超声和 TCD 检查均未发现椎-基底动脉异常(侧支代偿除外)。(3)前循环颅内外动脉联合狭窄组(联合狭窄组):15 例患者,男 8 例,女 7 例;年龄 50~74 岁,平均(60.62±10.92)岁。头部 MRI 检查显示为颈内动脉供血区域梗死;颈部血管彩色超声检测发现颈总动脉和(或)颈内动脉狭窄程度>60%;TCD 检测发现颅内动脉狭窄性病变;颈部血管

表 1 颈动脉颅外段狭窄组动脉粥样硬化斑块检出率的比较

CCA/ICA	中等/中低回声斑块		强回声斑块		混合回声斑块	
	阳性血管 条数(%)	斑块大小 ($\bar{x} \pm s, \text{mm}^2$)	阳性血管 条数(%)	斑块大小 ($\bar{x} \pm s, \text{mm}^2$)	阳性血管 条数(%)	斑块大小 ($\bar{x} \pm s, \text{mm}^2$)
CT/MRI 阳性侧	36(67.92)	47.77±30.70	5(9.43)	34.42±18.50	20(37.74)	43.07±23.90
CT/MRI 阴性侧	33(62.26)	49.66±37.90	7(13.21)	17.33±11.50	17(32.08)	36.86±17.40
² 或 t 值	0.374	-0.172	0.376	2.081	0.374	1.914
P 值	0.541	0.864	0.540	0.514	0.541	0.554

表 2 颈动脉颅外段狭窄组动脉狭窄率的比较 条数(%)

CCA/ICA	血管狭窄或闭塞程度检出率			
	40%~50%	>50%~70%	>70%~90%	>90%
CT/MRI 阳性侧	6(11.32)	6(11.32)	7(13.20)	20(37.74)
CT/MRI 阴性侧	3(5.66)	6(11.32)	0(0)	4(7.55)
² 值	0.486	0.000	5.506	13.789
P 值	0.486	1.000	0.019	0.000

彩色超声和 TCD 检查均未发现椎-基底动脉异常(侧支代偿除外)。

三、统计分析方法

本文计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,采用独立样本的 t 检验;计数资料以率(%)表示,行²检验。采用 SPSS 12.0 软件进行数据处理。

结 果

一、颈动脉颅外段狭窄组

53 例患者共检测颈总动脉及颈内动脉 106 条,CT/MRI 阳性侧血管 53 条,CT/MRI 阴性侧血管 53 条。CT/MRI 阳性侧和阴性侧血管的中等/中低回声斑块、强回声斑块、混合回声斑块阳性血管数目及斑块大小比较,差异均无统计学意义(P>0.05,表 1)。比较 CT/MRI 阳性侧和阴性侧血管狭窄程度显示,40%~50%和>50%~70%狭窄血管检出率两侧差异无统计学意义(P>0.05);>70%~90%和>90%狭窄血管检出率,CT/MRI 阳性侧大于阴性侧(P<0.05,表 2)。

二、前循环颅内血管狭窄组

39 例患者颈部血管彩色超声共检测 78 条颈总动脉及颈内动脉,TCD 检测大脑中动脉 M1 段、大脑前动脉 A1 段、颈内动脉虹吸段或颈内动脉末段各 78 条。CT/MRI 阳性侧和阴性侧颈总动脉及颈内动脉的中等/中低回声斑块、强回声斑块、混合回声斑块阳性血管数目及斑块大小比较,差异均无统计学意义(P>0.05,表 3)。比较颈内动脉虹吸段或颈内动脉末段和大脑中动脉 M1 段狭窄发生率显示,CT/MRI 阳性侧均大于阴性侧(P<0.05);而大脑前动脉 A1 段狭窄发生率两侧之间差异无统计学意义(P>0.05,表 4)。

表 3 前循环颅内血管狭窄组动脉粥样硬化斑块检出率的比较

CCA/ICA	中等/中低回声斑块		强回声斑块		混合回声斑块	
	阳性血管 条数(%)	斑块大小 ($\bar{x} \pm s, \text{mm}^2$)	阳性血管 条数(%)	斑块大小 ($\bar{x} \pm s, \text{mm}^2$)	阳性血管 条数(%)	斑块大小 ($\bar{x} \pm s, \text{mm}^2$)
CT/MRI 阳性侧	16(41.03)	37.63 \pm 24.90	9(23.08)	16.16 \pm 15.10	8(20.51)	24.96 \pm 10.60
CT/MRI 阴性侧	15(38.46)	32.16 \pm 18.10	5(12.82)	9.05 \pm 6.40	12(30.77)	36.48 \pm 22.50
² 或 t 值	0.054	1.296	1.393	1.105	1.076	1.203
P 值	0.817	0.053	0.238	0.178	0.300	0.063

表 4 前循环颅内血管狭窄组动脉狭窄率的比较 条数(%)

CCA/ICA	SCA/TICA	50%狭窄	MCA-M1	50%狭窄	ACA-A1	50%狭窄
CT/MRI 阳性侧	10(25.64)		22(56.41)		6(15.38)	
CT/MRI 阴性侧	3(7.69)		3(7.69)		1(2.56)	
² 值	4.523		21.251		2.511	
P 值	0.033		0.000		0.113	

表 5 前循环颅内外动脉联合狭窄组动脉狭窄率的比较 条数(%)

CCA/ICA	CCA/EICA >70%狭窄	MCA-M1	50%狭窄	ACA-A1	50%狭窄
CT/MRI 阳性侧	11(73.33)	9(60.00)		4(26.67)	
CT/MRI 阴性侧	4(26.67)	1(6.67)		2(13.33)	
P 值	0.027	0.005		0.651	

三、前循环颅内外动脉联合狭窄组

15 例患者颈部血管彩色超声共检测 30 条颈总动脉及颈内动脉, TCD 检测大脑中动脉 M1 段、大脑前动脉 A1 段各 30 条, CT/MRI 阳性侧血管 15 条, CT/MRI 阴性侧血管 15 条。比较颈总动脉/颈内动脉颅外段(EICA)狭窄程度 >70%和大脑中动脉 M1 段狭窄血管的阳性检出率显示, CT/MRI 阳性侧均大于阴性侧(P<0.05); 大脑前动脉 A1 段狭窄血管两侧阳性检出率差异无统计学意义(P>0.05, 表 5)。

讨 论

一、颈部血管彩色超声检测对颈动脉粥样硬化评价的临床价值

超声波可对颈动脉内-中膜厚度、粥样硬化斑块成分及表面形态、颈动脉狭窄程度以及血流动力学进行检测和评价。其中内-中膜厚度可反映动脉内膜和中膜细胞对脂质浸润及高血压的反应性^[9], 此与急性缺血性脑卒中无直接关系; 粥样硬化斑块的成分、表面形态则是超声检查判断“脆性斑块”的指标; 颈动脉狭窄程度和相应的血流动力学改变可提供颅内供血信息。

关于动脉粥样硬化斑块的超声波特性和斑块稳定性的临床研究显示, 中等回声和低回声斑块为不稳定性斑块; 低回声斑块不仅与斑块内的脂质成分及出血有关, 还与巨噬细胞密度相关^[9], 提示脑血管内膜下的炎症过程。本组患者检测结果显示, 颈总动脉或颈内动脉不同回声斑块阳性检出率和斑

块体积等变化 CT/MRI 阳性侧与阴性侧并无明显差异。提示, 由于双侧颈总动脉或颈内动脉血管条件基本相同, 故其粥样硬化病变的进展相似, 这与国外研究结果基本一致。有研究显示, 症状侧和无症状侧颈动脉粥样硬化斑块的病理改变无差异, 斑块性溃疡一般多见于脑梗死者, 但不一定出现在梗死灶的同侧, 其机制尚不清楚^[10]。因此, 颈部血管彩色超声检测所发现的中低或低回声斑块, 无论存在于梗死灶同侧还是对侧均应进行稳定斑块、抗动脉粥样硬化的干预治疗。颈动脉粥样硬化斑块破裂、溃疡形成有一定的随机性,

根据斑块回声和溃疡形成尚不能够确定“动脉-动脉栓塞”的“责任斑块”。

一般而言, 颈动脉狭窄程度 <50%不会引起狭窄段血管的血流速度和频谱形态的改变及颅内供血区低灌注。当颈动脉狭窄程度 >70%~90%时, 收缩期峰值流速明显增加, 收缩期和舒张期血流速度差值加大, 产生易变切应力使不稳定斑块发生破裂从而诱发动脉-动脉栓塞; 与此同时远端血管床灌注压下降, 造成动脉供血区特别是分水岭区域血流“贫困灌注”及栓子清除能力降低。颈动脉狭窄程度 >90%甚至闭塞时, 收缩期峰值流速降低, 通过狭窄段的血流量锐减, 粥样硬化斑块受血流冲击而破裂的机会降低, 与无症状患者预后基本一致^[11,12]。颈动脉颅外段狭窄组血管狭窄程度 <50%和 50%~69%的患者, 颈部血管彩色超声检测对颈总动脉/颈内动脉狭窄的阳性检出率 CT/MRI 阳性侧与阴性侧无差异; 当颈动脉狭窄程度 70%~90%时, CT/MRI 阳性侧之阳性检出率明显高于阴性侧, 与文献报道基本一致^[13]。本组狭窄程度 >90%者, CT/MRI 阳性侧检出率高于阴性侧, 可能与我们所选择的病例均为急性缺血性脑卒中患者有关, 超声检测显示闭塞是由于其颈总动脉/颈内动脉颅外段有中低或低回声填充, 在重度狭窄基础上出现急性闭塞(可能合并血栓形成)。因此, 颈部血管彩色超声检查结果显颈总动脉/颈内动脉狭窄程度 >70%且与同侧脑卒中呈良好相关性, 有助于确定“责任动脉”。

二、TCD 检测对颅内动脉狭窄评价的临床价值

据资料显示,我国有 43%的短暂性脑缺血发作或脑卒中患者大脑中动脉存在不同程度的狭窄,而颅内动脉狭窄仅占 9%^[14];其中急性脑卒中患者颅内血管狭窄率为 33%~37%,颈动脉狭窄率为 6%~25%^[15-17],其依次为大脑中动脉、颈内动脉虹吸段、椎动脉颅内段、大脑前动脉、基底动脉和大脑后动脉^[18]。应用 TCD 检测颅内动脉狭窄性病变的敏感度为 94%~100%,特异度 99%~100%,对大脑中动脉闭塞性病变的敏感度为 93%~100%,特异度 98%~100%^[19];对前循环动脉狭窄性病变的敏感度为 80%~90%,特异度 90%~95%,阳性预测值为 95%,阴性预测值 98%。椎-基底动脉系统受其解剖位置的影响,故 TCD 对后循环动脉狭窄性病变检测的敏感度和特异度均仅为 80%左右^[20]。

本研究前循环颅内血管狭窄组 39 例患者,均经颈部血管彩色超声检查排除颈总动脉/颈内动脉重度狭窄。CT/MRI 阳性侧颈内动脉虹吸段、颈内动脉末段、大脑中动脉 M1 段狭窄阳性检出率均高于阴性侧;而大脑前动脉 A1 段两侧无差异。表明 TCD 检测显示颈内动脉虹吸段、颈内动脉末段及大脑中动脉 M1 段狭窄程度 50%者,与同侧脑卒中的发生有关。由于前交通动脉(AcoA)的存在,一侧大脑前动脉 A1 段狭窄一般不会导致同侧大脑前动脉供血区低灌注,除非前交通动脉先天缺如或一侧大脑前动脉 A1 段发育不良,双侧大脑前动脉 A2 段由一侧的大脑前动脉 A1 段供血。两侧颈总动脉/颈内动脉不同回声斑块阳性检出率及斑块体积改变无差异。本研究前循环颅内外动脉联合狭窄组患者颈总动脉/颈内动脉颅外段狭窄程度 >70%,以及大脑中动脉 M1 段狭窄程度均与同侧脑卒中的发生相关。

综上所述,对于同一组脑动脉粥样硬化患者,由于双侧颈总动脉或颈内动脉血管条件基本相同,故病变进展程度相似,颈部血管彩色超声发现中低回声和(或)低回声斑块,无论其存在于梗死灶同侧还是对侧均应积极进行稳定斑块、抗动脉粥样硬化的干预治疗。粥样硬化和溃疡形成存在较多易变因素,单纯根据斑块回声和溃疡形成与否,不能确定“动脉-动脉栓塞”的“责任斑块”。对于急性缺血性脑卒中患者,颈部血管彩色超声检测提示颈总动脉/颈内动脉颅外段狭窄程度 >70%者,以及 TCD 检测显示颈内动脉虹吸段、颈内动脉末段、大脑中动脉 M1 段狭窄程度 50%者,均与同侧脑卒中的发生有关,两种检测方法的联合应用有助于确定急

性缺血性脑卒中的“责任动脉”。

参 考 文 献

- 1 Henry JM, Barnett JP, Stein BM, 等著. 卒中病理生理、诊断及治疗. 高旭光, 译. 第 3 版. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2001. 1-36.
- 2 Alexandrov AV, Demchuk AM, Wein TH, et al. Yield of transcranial Doppler in acute cerebral ischemia. *Stroke*, 1999, 30:1604-1609.
- 3 IMS Study Investigators. Combined intravenous and intra-arterial recanalization for acute ischemic stroke: the Interventional Management of Stroke Study. *Stroke*, 2004, 35:904-911.
- 4 Chernyshev OY, Garami Z, Calleja S, et al. Yield and accuracy of urgent combined carotid/transcranial ultrasound testing in acute cerebral ischemia. *Stroke*, 2005, 36:32-37.
- 5 Spence JD, Hegele RA. Noninvasive phenotypes of atherosclerosis: similar windows but different views. *Stroke*, 2004, 35:649-653.
- 6 凌晨, 李坤成, 华扬, 等. 颈内动脉狭窄及闭塞的超声影像学评价. *中国医学影像技术*, 2002, 18:647-650.
- 7 王维治, 主编. 神经病学. 北京: 人民卫生出版社, 2006. 714-715.
- 8 高山, 黄家兴, 主编. 经颅多普勒超声(TCD)的诊断技术与临床应用. 北京: 中国协和医科大学出版社, 2004. 50.
- 9 Nordestgaard BG, Gronholdt ML, Sillesen H. Echolucent rupture-prone plaques. *Curr Opin Lipidol*, 2003, 14:505-512.
- 10 Fisher M, Paganini-Hill A, Martin A, et al. Carotid plaque pathology: thrombosis, ulceration, and stroke pathogenesis. *Stroke*, 2005, 36:253-257.
- 11 Bertges DJ, Muluk V, Whittle J, et al. Relevance of carotid stenosis progression as a predictor of ischemic neurological outcomes. *Arch Intern Med*, 2003, 163:2285-2289.
- 12 Verlato F, Camporese G, Bernardi E, et al. Clinical outcome of patients with internal carotid artery occlusion: a prospective follow-up study. *J Vasc Surg*, 2000, 32:293-298.
- 13 Goldstein LB. Extracranial carotid artery stenosis. *Stroke*, 2003, 34:2767-2773.
- 14 Feldmann E, Daneault N, Kwan E, et al. Chinese-white differences in the distribution of occlusive cerebrovascular disease. *Neurology*, 1990, 40:1541-1545.
- 15 Wong KS, Huang YN, Gao S, et al. Intracranial stenosis in Chinese patients with acute stroke. *Neurology*, 1998, 50:812-813.
- 16 丁建平, 华扬, 王拥军, 等. 急性缺血性脑血管病患者脑动脉粥样硬化的分布. *中国医学影像技术*, 2001, 17:29-31.
- 17 丁建平, 华扬, 凌晨, 等. 缺血性脑卒中患者动脉粥样硬化分布的临床研究. *中国现代神经疾病杂志*, 2006, 6:266-270.
- 18 王桂红, 王拥军, 姜卫剑, 等. 颅内大动脉狭窄及其治疗. *中华神经医学杂志*, 2004, 3:75-78.
- 19 Baumgartner RW. Transcranial color duplex sonography in cerebrovascular disease: a systematic review. *Cerebrovasc Dis*, 2003, 16:4-13.
- 20 Babikian VL, Feldmann E, Wechsler LR, et al. Transcranial Doppler ultrasonography: year 2000 update. *J Neuroimaging*, 2000, 10:101-115.

(收稿日期: 2007-08-14)