

· 规范与共识 ·

颈动脉狭窄介入治疗操作规范(专家共识)

中华医学会放射学分会介入学组

目前脑血管病、心血管病、恶性肿瘤是引起患者死亡的三大主要原因,脑血管病也是致残率最高的疾病。根据 20 世纪 80 年代至本世纪初,中国世界卫生组织监测心血管疾病的发展趋势和决定因素研究(MONICA)前瞻性研究(调查人群涵盖我国 16 个省市约 330 万人)和 1986 年全军脑血管病流行病学协作组回顾性研究(研究人群涵盖我国的 29 个省市 580 万人),脑卒中病死人数占城市死亡人数的 20%、占农村死亡人数的 19%;全年龄组平均年龄标化发病率为 116/10 万,平均年龄标化患病率为 3‰^[1-2]。在所有脑卒中患者中,缺血性脑血管病约占 80%。缺血性脑血管病主要是由于脑供血动脉的狭窄所导致的血栓形成和栓子脱落引起的脑动脉栓塞和脑梗死,颅外段颈动脉狭窄是缺血性脑血管病的主要病因之一。据国内外报道,20%~30% 的缺血性脑血管病的直接发病原因是颈动脉狭窄^[2-4]。因此,治疗颈动脉狭窄的主要目的之一是预防缺血性脑血管病的进一步发展即脑梗死的发生;其二是解除颈动脉狭窄所引起的一系列脑缺血症状。

颈动脉狭窄的主要病因有动脉粥样硬化(atherosclerosis)、大动脉炎(takayasu arteritis)及纤维肌肉结构不良(fibromuscular dysplasia)等;其他病因如外伤、动脉扭转、先天性动脉闭锁、肿瘤、动脉或动脉周围炎、放疗后纤维化等较少见。在欧洲的一些国家和美国,约 90% 的颈动脉狭窄是由动脉粥样硬化所致;在我国中青年患者中,大动脉炎也是比较常见的病因^[3-7]。

颈动脉粥样硬化病变主要累及起始部及颈内外动脉分叉处。在粥样斑块的基础上,可以产生附壁血栓和微栓子脱落;斑块内出血、纤维化和钙化引起狭窄进行性加重;血管壁溃疡、夹层及动脉瘤形成产生局部血流动力学改变等病理变化。最终导致颈动脉狭窄、闭塞及脑组织的缺血和梗死。

颈动脉狭窄的治疗方法主要有药物治疗、血管内介入治疗和外科手术颈动脉内膜剥脱术(carotid endarterectomy, CEA)。CEA 曾被认为是治疗颈动脉狭窄的标准方法^[7-13]。介入治疗包括颈动脉支架成形术(carotid artery stenting, CAS)和颈动脉球囊血管成形术。CAS 由于其微创和适应证广,近年来得到临床医师的广泛认可。但 CAS 能否取代 CEA 成为公认的标准治疗方法,临床上仍存在一定的争议^[14-23]。为严格 CAS 的适应证、规范操作技术、减少术中和围手术期并发症,中华医学会放射学分会介入学组特召集业

内专家暂制定此专家共识以供临床参考。此共识是根据专家的临床经验和参考相关文献制定的^[24-27],缺乏我国自己经过严格科研设计的大样本、多中心临床研究的资料证实,因此还有待进一步完善。本学组将以此为基础,进行多中心研究,不断总结经验,制定完善的操作指南。

诊断标准

一、临床表现

颈动脉狭窄临床上主要表现为脑和眼的缺血症状。病变累及大脑前循环供血动脉即颈总、颈内动脉者,可有头晕、头痛、晕厥、一过性黑朦、失明等症状;但其典型临床症状为短暂脑缺血(transient ischemic attack, TIA),即一过性肢体无力和麻木,以及短暂性偏瘫发作。病变累及大脑后循环即椎动脉者可出现椎基底动脉缺血表现,如眩晕、晕厥和恶心等。严重者可发生卒中即脑梗死。脑梗死根据累及的部位不同可产生不同的临床表现,如偏瘫、语言和听力障碍等,严重者可发生昏迷甚至危及生命。也有部分患者仅表现脑白质缺血引发的功能性神经损害,如记忆力、计算能力或定向力减退以及嗜睡等。体检:颈动脉狭窄患者的颈动脉搏动减弱或消失,可闻及颈动脉血管杂音,视网膜贫血等。

二、影像检查方法

目前,颈动脉狭窄常用的影像检查方法包括彩色血流多普勒超声(CFDS)、CTA、MRA、DSA 和血管内超声(IVUS)^[28-33]。除急诊患者以外,术前至少应进行以下两项影像检查以相互印证。

1. CFDS:包括实时声像图检查、多普勒血流动力学检查和三维血管成像检查等,能准确提供病变范围、狭窄程度、斑块性质、管壁厚度及血流速度等信息。但是,CFDS 诊断结果受操作者的经验及设备情况等影响较大,适用于可疑颈动脉狭窄患者的筛查。

2. CTA:其最大优势在于能区分微细的密度对比度差异,在诊断血管壁钙化方面具有独特优势;但在管腔狭窄程度的判断上,与血管造影诊断的符合率仅为 90% 左右。

3. MRA:对颈动脉狭窄的诊断效果与 CTA 相似,对钙化的显像和判断方面较 CTA 差。对血管狭窄程度的判断上,MRA 倾向于夸大病变,常无法区分严重狭窄和闭塞。与血管造影诊断的符合率与 CTA 类似,在 90% 左右。

4. DSA:目前仍是诊断血管病变的“金标准”,能准确显示血管的狭窄程度和范围,是制定治疗方案的最终依据。在 DSA 上对颈动脉狭窄程度的测量和分级方法参照北美颈动脉外科研究学会(NASCET)标准。即狭窄率 = $(1 - A/B) \times$

100% (A:最狭窄处血管直径;B:狭窄远端正常颈内动脉直径)。狭窄程度分为轻度(狭窄率 0~29%),中度(狭窄率 30%~69%)和重度(狭窄率 70%~99%)^[8]。

治疗原则和方法

一、适应证

1. 主要适应证:影像检查证实颈动脉狭窄率达到 70% 并伴有明确相关的症状和体征者;颈动脉狭窄率为 50% 以上且伴有明确的溃疡形成和(或)不稳定斑块者。

2. 次要适应证:无症状性单侧颈动脉狭窄,管腔狭窄率(直径) > 80% 者;无症状双侧颈动脉狭窄,狭窄直径均 > 70% 者;无症状双侧颈动脉狭窄,狭窄直径 50%~70%,但需要进行全麻的重大手术者,为预防发生术中脑缺血可在术前行单侧(优势侧)CAS。

3. 特殊适应证:影像检查证实颈动脉完全闭塞,但闭塞段长度 ≤ 10 mm,且远端流出道通畅并伴有明确相关的症状和体征者,在技术可行的情况下属特殊适应证。

二、禁忌证

1. 严重的神经系统疾患,如病变侧脑功能完全丧失、瘫痪等。

2. 颈动脉完全闭塞,病变长度 > 10 mm,伴有影像证实的血管内血栓和多段狭窄者。

3. 有出血倾向的同侧颅内动静脉畸形或动脉瘤,又不能提前或同时给予治疗者。

4. 3 个月内发生过颅内出血或 4 周内发生过大面积脑梗死者。

5. 严重心、肝、肾功能障碍、对比剂过敏等血管造影禁忌者。

三、术前准备

1. 明确诊断和制定治疗方案:术前必须经影像检查,准确评价颈动脉狭窄的病变性质、程度及病变范围,有条件者可行脑血流灌注成像。也需进行相关的临床实验室检查和神经系统体检。临床资料搜集完成后,由至少 1 名副主任医师组织术前讨论,以确认手术适应证和手术方案。本术应按照三级介入手术标准执行相关规定。

2. 签订知情同意书:术前必须签署手术知情同意书。主要内容包括本术的风险和可能的获益情况。要和患者及家属做好充分的谈话和沟通,尽可能回答他们提出的疑问。

3. 患者准备:局部麻醉术前 6 h、全身麻醉术前 12 h 禁饮食。腹股沟区备皮等同脑血管造影术前准备。术前应规范性给予抗血小板药物:术前口服肠溶阿司匹林 100 mg/次,1 次/d,和(或)氯吡格雷 75 mg/次,1 次/d,至少 3~5 d。需急诊手术者,应在术前 6 h 将上述药物 3 d 的总量一次性口服。除一般性术前准备外必须建立有效的静脉通道。

4. 器械准备:根据术前制定的手术方案,做好充分的器材准备。常用器材将在以下的手术操作要点中简要介绍。

四、治疗方法

1. 方法的选择:动脉粥样硬化性颈动脉狭窄直接选择

支架植入术,不推荐做单纯球囊扩张治疗;纤维肌肉结构不良(fibromuscular dysplasia,FMD)和大动脉炎引起的颈动脉狭窄推荐首选球囊扩张成形术(PTA),扩张术中发生夹层等并发症时可植入支架治疗;动脉粥样硬化性颈动脉狭窄行支架植入术中推荐使用脑保护装置(EPD)。

2. 操作要点:(1)血管造影:首先行常规主动脉弓、颈动脉造影和选择性全脑血管造影。(2)远端 EPD 技术:通过超滑涂层导丝[0.035 in(1 in=2.54 cm)/150 cm]、超长导管(如 125 cm 5 F MPA 导管和 VTK 导管)和 8 F MPA 导引导管(或 6 F 导引长鞘)三者同轴技术,或超滑导丝、造影导管选择性插管至颈外动脉远端,通过 260 cm 导丝交换技术。以上方法将导引导管或长鞘头端置于狭窄近端预定位置(通常位于狭窄病变近端 3~5 cm)。经导引导管或长鞘输送远端 EPD 通过狭窄至颈内动脉狭窄远端预定位置(至少位于狭窄病变远端 3 cm 以上)释放 EPD。如果狭窄病变 90% 以上(近闭塞病变),为防止 EPD 通过困难和减少栓子脱落风险。提倡先行小球囊(直径 2.5 mm)预扩张后再将 EPD 输送装置通过狭窄病变。目前市场上有多种远端 EPD 装置供选择,不同 EPD 的原理和使用方法类似。远端 EPD 是在狭窄病变的远端放置一过滤网,术中允许血流通过,但可将脱落的栓子捕获,支架植入后取出滤网。熟悉不同 EPD 的使用特点有助于减少相关并发症的发生。目前还缺少比较不同远端 EPD 的安全性和有效性的随机对照研究。(3)近端 EPD 技术:超滑导丝(0.035 in/150 cm)、4~5 F 造影导管选择至颈外动脉,通过长导丝(260 cm)交换近端栓子保护装置至预定位置,选择 0.014 in 治疗导丝通过狭窄至颈内动脉远端(虹吸弯段)。近端保护装置国内使用较少,原理上是采用两个闭塞球囊分别阻断颈总动脉和颈外动脉,使颈内动脉血流暂时停滞甚至逆流。支架植入后通过导引导管回抽颈动脉的一定量血液,将可能脱落的栓子吸出体外。近端保护装置和远端保护装置缺乏安全性和有效性的对比研究。因此,原则上应该选择操作者最为熟悉的 EPD。(4)支架植入:通过远端保护装置自身导丝或近端保护装置放置的治疗导丝对狭窄颈动脉行球囊扩张和支架植入术。对重度狭窄病变推荐进行球囊预扩张技术。支架植入前预扩张多主张采用 5~6 mm 直径,长度 20~30 mm 球囊,扩张后植入自膨式颈动脉支架多不再需要后扩张。若植入支架后仍残余再狭窄 > 30%,再行 5~6 mm 球囊做后扩张。目前市场上颈动脉专用支架种类较多,均为自膨式,编织或激光切割制作而成。常用支架的规格为直径 7~9 mm,长度 30~40 mm。长度为 60 mm 的支架使用较少。哪种支架在治疗颈动脉狭窄方面更具安全性和有效性尚缺乏有力证据。(5)支架植入后即刻检查:支架植入后即刻行颈动脉血管造影,观察颈动脉内是否有充盈缺损(栓子),确认没有后再回收 EPD,并在体外进行冲洗,以确认是否捕捉到红白栓子。若造影发现颈动脉有栓子存在,应即刻采取导管取栓和药物溶栓治疗。确认栓子取出或溶解消失后,再取出 EPD。(6)完成手术后检查:再次进行治疗侧颈动脉和颅内血管造影评

价,达到形态学疗效满意和查体没有脑缺血等并发症则手术操作完成。

五、操作注意事项

1. 术中血压的控制:如患者基础血压不正常,在开通颈动脉狭窄前应给以适度降压。推荐收缩压降至正常或比基础血压降低 20 ~ 30 mm Hg (1 mm Hg = 0.133 kPa)。

2. 颈动脉窦压力反射的处理:在颈动脉狭窄球囊扩张和植入支架前,备好阿托品 1 mg,一旦出现严重心率过缓 (<40 次/min) 和血压降低 (收缩压 <90 mm Hg),可静脉推注阿托品 0.5 ~ 1.0 mg。若收缩压难以维持在 90 mm Hg,可给予多巴胺类升压药物。将心率和血压控制在正常范围或收缩压低于正常 20 ~ 30 mm Hg。术后要动态监测血压至少 24 h,或至稳定为止。如出现心脏骤停或心率持续 <40 次/min,置入临时起搏器。由于部分患者在颈动脉狭窄扩张和支架术中迷走神经反射轻微,或迅速恢复正常,使用阿托品会使血压升高,有加重脑过度灌注风险。所以不推荐扩张前预防性使用阿托品。

3. 抗凝药物的使用:术前即刻静脉推注肝素 50 U/kg,术中持续经导引导管加压灌注肝素等渗盐水 (肝素量 $20 \text{ U} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, 浓度 2000 U/L)。

4. 球囊扩张:对于颈动脉近闭塞性狭窄,预计远端 EPD 通过有一定难度时可先行小球囊 (直径 2 ~ 3 mm) 预扩张后再放置 EPD;或使用近端保护装置。对于重度狭窄 (直径 >70%) 植入支架前推荐采用等大球囊 (直径 5 ~ 6 mm) 预扩张。植入支架后若仍有残余狭窄 >30%,再行后扩张。

5. 麻醉的选择:推荐采用局部麻醉,必要时采取全身麻醉。

六、术后处理

1. 严密观察病情变化,至少 24 h 心电、血压监护,或监护至心电、血压平稳。

2. 术后经静脉滴注肝素或皮下注射低分子肝素抗凝治疗至少 24 h。

3. 术后继续应用术前所用的抗血小板药物 (如阿司匹林和氯吡格雷等) 治疗,持续至术后 6 ~ 12 个月。

七、并发症及其防治

1. 脑梗死:脑梗死是 CAS 术中最主要的并发症,发生率在 2% ~ 5%。目前认为在术中使用 EPD 可以减少脑栓塞事件的发生概率。另外,术前和围术期有效的抗栓治疗是公认的预防手段。术中一旦发生严重栓塞事件应立即进行动脉溶栓和取栓治疗。

2. 脑过度灌注损伤:脑过度灌注是指严重的颈动脉狭窄解除后,同侧脑血流量显著增加,从而导致脑水肿甚至颅内出血发生。有报道脑出血发生率在 0.5% 左右。围手术期有效的血压控制是预防过度灌注损伤的最有效手段。癫痫发作及颅内出血被认为是严重过度灌注损伤的表现,一旦出现,应立即停止抗凝治疗。严重者可考虑脑室引流或外科治疗。

3. 颈动脉并发症:血管痉挛多可自行恢复,也可采用血

管扩张药物,如硝酸甘油、尼莫地平动脉推注可取得即刻疗效。颈动脉和颈动脉支架内急性血栓形成应在积极抗凝和溶栓治疗的基础上,考虑动脉导管取栓治疗。

4. 心血管并发症:主要表现为心动过缓、心搏骤停及低血压。是由于颈动脉球内感受器对机械压迫导致的迷走神经反射引起。常出现在颈动脉分叉部位的球囊扩张时,也可在支架置入后发生。球囊扩张和支架置入前要准备阿托品,一旦发生迷走反射立即静脉推注 0.5 ~ 1.0 mg,能有效防治心动过缓的发生。必要时使用临时起搏器。发生持续低血压时,可使用稳定血压药物,如多巴胺等。

5. 一般并发症:穿刺点损伤,局部血肿形成,对比剂过敏、对比剂肾病等。处理原则参照动脉血管造影等有关治疗方案^[34]。

疗效评价

1. 颈动脉狭窄内支架成形术成功的标准:(1) 残存狭窄 <30%,和(或)跨狭窄段压力差 <10 mm Hg (不作为常规推荐);(2) 相关临床症状改善或消失;(3) 无严重并发症发生。目前,据大宗病例统计,颈动脉支架成形术的技术成功率达 95% ~ 100%,随访 3 ~ 5 年,支架通畅率为 85% ~ 95%。

2. 随访:建议分别于术后 1、3、6 和 12 个月定期对患者进行神经系统全面复查,并行颈动脉彩色超声检查。当怀疑颈动脉支架后再狭窄时,同时进行 CTA 或直接行血管造影检查。1 年后建议每 6 个月复查 1 次。

协作组成员:邹英华 (北京大学第一医院介入血管外科);徐克 (沈阳,中国医科大学附属第一医院);肖湘生 (上海,第二军医大学附属长征医院放射科);滕皋军 (南京,东南大学中大医院放射科);单鸿 (广州,中山大学附属第三医院);王建华 (上海,复旦大学附属中山医院放射科);翟仁友 (首都医科大学附属北京朝阳医院放射科);顾建平 (南京医科大学附属南京第一医院放射科);李天晓 (郑州,河南省人民医院介入科);李选 (北京大学第三医院放射科);李彦豪 (广州,南方医科大学南方医院放射科);刘兆玉 (沈阳,中国医科大学盛京医院放射科);刘作勤 (济南,山东省医学影像学研究所);倪才方 (苏州大学附属第一医院放射科);任伟新 (乌鲁木齐,新疆医科大学第一附属医院介入科);王峰 (大连医科大学附属第一医院介入科);王晓白 (广州,暨南大学附属第一医院放射科);周石 (贵州,贵阳医科大学附属医院放射科);祖茂衡 (徐州医学院附属医院医学影像科);姜卫剑 (首都医科大学附属北京天坛医院放射科);李慎茂 (北京,首都医科大学宣武医院介入科)

参 考 文 献

- [1] 赵冬. 我国人群脑卒中发病率、死亡率的流行病学研究. 中华流行病学杂志, 2002, 23 (增刊): 49-53.
- [2] 方向华. 中国卒中的流行现状及其影响因素. 中国脑血管病杂志, 2004, 1: 233-237.
- [3] Sacco RL, Adams R, Albers G, et al. Guidelines for prevention of stroke in patients with ischemic stroke or transient ischemic

- attack; a statement for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association Council on Stroke; cosponsored by the council on cardiovascular radiology and intervention; the american academy of neurology affirms the value of this guideline. *Stroke*, 2006, 37:577-617.
- [4] 魏莉, 潘光成. 脑梗死与颈动脉粥样硬化及血脂等因素的关系. *临床神经病学杂志*, 2000, 13:297-298.
 - [5] North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators. Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high-grade carotid stenosis. *N Engl J Med*, 1991, 325:445-453.
 - [6] 樊东升. 颈动脉狭窄的病因、病理学和内科治疗. *国际脑血管病杂志*, 2006, 14:717-720.
 - [7] Executive Committee for the Asymptomatic Carotid Atherosclerosis Study. Endarterectomy for asymptomatic carotid artery stenosis. *JAMA*, 1995, 273:1421-1428.
 - [8] Gasecki AP, Eliasziw M, Ferguson GG, et al. Long-term prognosis and effect of endarterectomy in patients with symptomatic severe carotid stenosis and contralateral carotid stenosis or occlusion; results from NASCET. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial (NASCET) Group. *J Neurosurg*, 1995, 83:778-782.
 - [9] European Carotid Surgery Trialists Collaborative Group. MRC european carotid surgery trial; interim results for symptomatic patients with severe (70%—99%) or with mild (0—29%) carotid stenosis. *Lancet*, 1991, 337:1235-1243.
 - [10] Randomised trial of endarterectomy for recently symptomatic carotid stenosis; final results of the MRC european carotid surgery trial (ECST). *Lancet*, 1998, 351:1379-1387.
 - [11] Taylor DW, Barnett HJ, Haynes RB, et al. Low-dose and high-dose acetylsalicylic acid for patients undergoing carotid endarterectomy: a randomised controlled trial. ASA and carotid endarterectomy (ACE) trial collaborators. *Lancet*, 1999, 353:2179-2184.
 - [12] CAPRIE Steering Committee. A randomised, blinded, trial of clopidogrel versus aspirin in patients at risk of ischaemic events (CAPRIE). *Lancet*, 1996, 348:1329-1339.
 - [13] Bhatt DL, Fox KA, Hacke W, et al. Clopidogrel and aspirin versus aspirin alone for the prevention of atherothrombotic events. *N Engl J Med*, 2006, 354:1706-1717.
 - [14] Roubin GS, New G, Iyer SS, et al. Immediate and late clinical outcomes of carotid artery stenting in patients with symptomatic and asymptomatic carotid artery stenosis: a 5-year prospective analysis. *Circulation*, 2001, 103:532-537.
 - [15] Kastrup A, Groschel K, Krapf H, et al. Early outcome of carotid angioplasty and stenting with and without cerebral protection devices: a systematic review of the literature. *Stroke*, 2003, 34:813-819.
 - [16] Theiss W, Hermanek P, Mathias K, et al. Pro-CAS: a prospective registry of carotid angioplasty and stenting. *Stroke*, 2004, 35:2134-2139.
 - [17] Bosiers M, Peeters P, Deloose K, et al. Does carotid artery stenting work on the long run: 5-year results in high-volume centers (ELOCAS Registry). *J Cardiovasc Surg (Torino)*, 2005, 46:241-247.
 - [18] White CJ, Iyer SS, Hopkins LN, et al. Carotid stenting with distal protection in high surgical risk patients; the BEACH trial 30 day results. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2006, 67:503-512.
 - [19] Safian RD, Bresnahan JF, Jaff MR, et al. Protected carotid stenting in high-risk patients with severe carotid artery stenosis. *J Am Coll Cardiol*, 2006, 47:2384-2389.
 - [20] 李慎茂, 董宗俊, 武剑, 等. 血管内支架在治疗颈动脉重度狭窄疾病中的应用. *中华放射学杂志*, 2000, 34:817-829.
 - [21] 邹英华. 颈动脉狭窄经皮腔内血管成形与支架术的临床应用价值. *中华放射学杂志*, 2001, 35:193-196.
 - [22] 刘建民, 黄清海, 洪波, 等. 血管内支架成形治疗颈动脉狭窄. *中华放射学杂志*, 2002, 36:985-988.
 - [23] Ringleb PA, Allenberg JR, Bruckmann H, et al. 30 day results from the SPACE trial of stent-protected angioplasty versus carotid endarterectomy in symptomatic patients: a randomised non-inferiority trial. *Lancet*, 2006, 368:1215-1216.
 - [24] Rosenfield K, Babb JD, Cates CU, et al. Clinical competence statement on carotid stenting: training and credentialing for carotid stenting: multispecialty consensus recommendations: a report of the SCAL/SVMB/SVS writing committee to develop a clinical competence statement on carotid interventions. *J Am Coll Cardiol*, 2005, 45:165-174.
 - [25] Bates ER, Babb JD, Casey DE Jr, et al. ACCF/SCAL/SVMB/SIR/ASITN 2007 Clinical expert consensus document on carotid stenting. *J Am Coll Cardiol*, 2007, 49:126-170.
 - [26] Connors JJ III, Sacks D, Furlan AJ, et al. Training, competency, and credentialing standards for diagnostic cervicocerebral angiography, carotid stenting, and cerebrovascular intervention: a joint statement from the American Academy of Neurology, American Association of Neurological Surgeons, American Society of Interventional and Therapeutic Radiology, American Society of Neuroradiology, Congress of Neurological Surgeons, AANS/CNS cerebrovascular section, and society of interventional radiology. *Radiology*, 2005, 234:26-34.
 - [27] Sacco RL, Adams R, Albers G, et al. Guidelines for prevention of stroke in patients with ischemic stroke or transient ischemic attack: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association Council on Stroke; cosponsored by the council on cardiovascular radiology and intervention; the american academy of neurology affirms the value of this guideline. *Stroke*, 2006, 37:577-617.
 - [28] Sabeti S, Schillinger M, Mlekusch W, et al. Quantification of internal carotid artery stenosis with duplex US: comparative analysis of different flow velocity criteria. *Radiology*, 2004, 232:431-439.
 - [29] Bray JM, Galland F, Lhoste P, et al. Colour Doppler and duplex sonography and angiography of the carotid artery bifurcations, prospective, double-blind study. *Neuroradiology*, 1995, 37:219-224.
 - [30] Grant EG, Benson CB, Moneta GL, et al. Carotid artery stenosis: gray-scale and Doppler US diagnosis: society of radiologists in ultrasound consensus conference. *Radiology*, 2003, 229:340-346.
 - [31] Alvarez-Linera J, Benito-Leon J, Escribano J, et al. Prospective evaluation of carotid artery stenosis: elliptic centric contrast-enhanced MR angiography and spiral CT angiography compared with digital subtraction angiography. *Am J Neuroradiol*, 2003, 24:1012-1019.
 - [32] Long A, Lepoutre A, Corbillon E, et al. Critical review of non- or minimally invasive methods (duplex ultrasonography, MR and CT-angiography) for evaluating stenosis of the proximal internal carotid artery. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2002, 24:43-52.
 - [33] Chen CJ, Lee TH, Hsu HL, et al. Multi-slice CT angiography in diagnosing total versus near occlusions of the internal carotid artery: comparison with catheter angiography. *Stroke*, 2004, 35:83-85.
 - [34] 陈星荣, 林贵, 夏宝枢, 等. 介入放射学. 上海: 上海医科大学出版社, 1989:15-18.

(收稿日期:2010-01-11)

(本文编辑:高宏)