

论 著

颈动脉中重度狭窄内膜切除术前后CTA定量参数的变化分析*

许 灿^{1,*} 韩 枫² 王 翠³张健霞³

1.石家庄市第二医院医学影像科

(河北 石家庄 050000)

2.石家庄市第二医院神经外科

(河北 石家庄 050000)

3.河北省廊坊市大城县中医院放射科

(河北 廊坊 065900)

【摘要】目的 观察并分析颈动脉中重度狭窄患者行内膜切除术(CEA)前后电子计算机断层扫描血管造影(CTA)定量参数的变化。**方法** 将128例行CEA患者纳为本次研究对象,分别以彩色多普勒超声(CDUS)和CTA检查患者术前颈动脉狭窄程度,并与数字减影血管造影(DSA)的检查结果相比较,分析两种检查方式诊断颈动脉狭窄程度的准确率(灵敏度、特异度、准确率、阳性预测值、阴性预测值),患者术后随访时分别行CDUS和CTA检查并分析患者颈动脉定量参数变化[CDUS定量参数:狭窄段收缩期峰值血流速度(PSV)、舒张末期血流速度(EDV);CTA定量参数:狭窄远端直径、最小残余直径]。**结果** 经一致性分析证实CTA与CDUS评估颈动脉狭窄程度的灵敏度分别为95.40%、94.25%,特异度分别为85.37%、73.17%,准确率分别为92.19%、87.50%,阳性预测值分别为93.26%、88.17%,阴性预测值分别为89.74%、85.71%,Kappa分别为0.818、0.701。本研究手术成功104例,失败24例,手术成功率81.25%。术后CTA检查参数显示狭窄远端直径及最小残余直径均显著大于术前($P<0.05$);术后CDUS检查参数显示PSV及EDV均显著小于术前($P<0.05$)。**结论** 颈动脉CTA对诊断颈动脉狭窄程度及了解斑块的稳定性具备较高的临床应用价值,分析CTA在CEA术前及术后检查出的定量参数变化,可精确反映CEA术后患者颈动脉管腔的改善水平,值得临床推广应用。

【关键词】 颈动脉狭窄;颈动脉内膜切除术;电子计算机断层扫描血管造影

【中图分类号】 R543.5

【文献标识码】 A

【基金项目】 河北省医学科学研究重点课题计划项目(20191414)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.05.008

Changes of Quantitative Parameters of CTA Before and After Carotid Endarterectomy for Moderate and Severe Carotid Stenosis*

XU Can^{1,*}, HAN Feng², WANG Cui³, ZHANG Jian-xia³.

1. Medical Imaging Department of Shijiazhuang second hospital, Shijiazhuang 050000, Hebei Province, China

2. Department of Neurosurgery, Shijiazhuang second hospital, Shijiazhuang 050000, Hebei Province, China

3. Department of Radiology, Dacheng Hospital of traditional Chinese medicine, Langfang 065900, Hebei Province, China

ABSTRACT

Objective The changes of quantitative parameters of computed tomography angiography(CTA) in patients with moderate and severe carotid stenosis before and after Carotid endarterectomy(CEA) were observed and analyzed. **Methods** 128 patients with CEA were included in this study. The degree of preoperative carotid stenosis was examined by color doppler ultrasound(CDUS) and CTA, and compared with the results of digital subtraction angiography(DSA). The accuracy(sensitivity, specificity, accuracy, positive predictive value and negative predictive value) of the two examination methods in the diagnosis of carotid stenosis were analyzed. CDUS and CTA were performed during postoperative follow-up, and the changes of quantitative parameters of carotid artery were analyzed [CDUS quantitative parameters: peak systolic blood flow velocity(PSV) and end diastolic blood flow velocity(EDV); CTA quantitative parameters: distal diameter and minimum residual diameter of stenosis]. **Results** Consistency analysis confirmed that the sensitivity, specificity, accuracy, positive predictive value, negative predictive value and kappa of CTA in assessing the degree of carotid artery stenosis were 95.40%, 85.37%, 92.19%, 93.26%, 89.74% and 0.818 respectively; consistency analysis confirmed that the sensitivity, specificity, accuracy, positive predictive value, negative predictive value and kappa of CDUS in assessing the degree of carotid artery stenosis were 94.25%, 73.17%, 87.50%, 88.17%, 85.71% and 0.701 respectively. In this study, 104 cases were successfully operated and 24 cases failed, with a success rate of 81.25%. Postoperative CTA parameters showed that the distal diameter and minimum residual diameter of stenosis were significantly greater than those before operation ($P<0.05$). Postoperative CDUS parameters showed that PSV and EDV were significantly lower than those before operation ($P<0.05$). **Conclusion** Carotid artery CTA has high clinical application value in diagnosing the degree of carotid artery stenosis and understanding the stability of plaques. Analyzing the changes of quantitative parameters detected by CTA before and after CEA can accurately reflect the improvement level of carotid lumen after CEA, which is worthy of clinical application.

Keywords: Carotid Stenosis; Carotid Endarterectomy; Computed Tomography Angiography

颈动脉粥样硬化性狭窄或闭塞是造成缺血性脑卒中的主要原因,而防止严重的脑卒中发生,必须是防治结合,关键包括高危因素管控、内科规范系统的药物医治及外科系统的手术干预。其中主要手术方式包括颈动脉内膜切除术(CEA)和颈动脉支架置入术(CAS),而迄今无科研证实CAS优于CEA,故CEA仍被看作是手术治疗颈动脉狭窄的“金术式”^[1-2]。颈内动脉内膜剥脱术(CEA)是切除增厚的颈内动脉粥样硬化性斑块,预防由于斑块脱落引起一过性脑缺血发作或低灌注的一种方法。预防严重脑卒中发生关键是关注脑血管病的重点前移,因而CEA术后疗效的量化认定也成为了热点研究课题,CEA虽能剥除斑块、消除狭窄,并缓解症状型颈动脉狭窄病患的临床症状,但也有学者认为CEA用于治疗无症状病患时,其疗效明显弱于对症状型患者的医治^[3-4]。为分析中重度狭窄CEA术的疗效,我院通过比较CEA术前患者电子计算机断层扫描血管造影(CTA)定量参数与彩色多普勒超声(CDUS)定量参数及其手术前后的变化,来判定CEA术用于颈动脉中重度狭窄的疗效与价值,现将结果报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集2017年12月至2020年12月其间拟行CEA手术患者的筛查及术前术后检查数据。拟行CEA患者128例,其中女性62例,男性66例;年龄58~77岁,平均(68.73±8.24)岁;数字减影血管造影(DSA)显示颈动脉狭窄程度:中度狭窄41例,重度狭窄87例;无症状颈动脉狭窄10例,有症状颈动脉狭窄临床表现:头晕伴有短暂黑蒙60例,短暂性脑缺血发作38例,近期完全性卒中20例;其中合并高血压100例,血脂异常88例,糖尿病54例。研究开始前获医院医学伦理委员会批准(伦理批号2017-26号)。

1.2 纳入标准 经DSA检查诊断^[5]为单侧或双侧颈动脉粥样硬化性狭窄;伴有临床症状且颈动脉血管内径减少≥50%,无明显临床症状且颈动脉血管内径减少≥70%。狭窄率判断标准参照《颈动脉狭窄的诊断方法与介入治疗》中的相关标准^[6];符合CEA手术指征^[7],且均自愿行CEA手术;术前术后均接受DSA、CTA、CDUS检查,相关随访影像学资料

【第一作者】 许 灿,女,主治医师,主要研究方向:脑灌注成像与脑血管动脉CTA相关内容。E-mail: 357806771@qq.com

【通讯作者】 许 灿

完整；获得研究对象及其家属的知情同意。

1.3 排除标准 经诊断^[6]颈动脉血管为轻度狭窄或完全闭塞；合并有严重肝肾功能不全；合并颅内动脉瘤，且有破裂风险；有严重手术禁忌症或碘过敏史等；入组前3个月内颅内出血症状或严重出血倾向；入组前3周内出现新发脑梗死；同时参与其他项目研究者。

1.4 方法

1.4.1 CDUS检查 分别于术前、术后随访时主要使用西门子 Acusor oxana3超声诊断系统以频率为3~10MHz行CDUS检查。嘱病患取仰卧位，颈后垫枕，充分暴露颈动脉，由下而上扫描，分别观察、测量并记录两侧颈总动脉、颈内动脉颈段情况，重点观察颈内动脉内径长度和内-中膜厚度(0.9~12mm提示增厚)、管腔内有无斑块(血管壁局部是否增厚、隆起，向管腔突出。若有斑块，记录其位置、形态、长度、厚度及回声特征)、血管阻力指数，以判断血流动力学等。

1.4.2 CTA检查 分别于术前、术后随访时主要使用GE Optima680 64排螺旋CT，飞利浦 Brilliance iCT128排螺旋CT机行CTA检查。嘱病患取仰卧位，颈后垫枕，充分暴露颈动脉，同时嘱病患禁吞咽。使用高压注射器经右侧肘静脉以4.0~4.5mL/s速率注射3.5mg/mL碘海醇60mL~80mL，使用对比剂团注追踪技术自主动脉弓下1厘米扫描至颅顶部扫描，采集原始数据后双侧颈内动脉及椎动脉全程由CT后处理软件处理，以获得MPR(多平面重组)、CPR(曲面重组)、MIP(最大密度投影)、VR(容积再现)等图像。

1.4.3 手术方法 术前行常规准备，使病患术前生命体征趋近正常。所有病患行CEA时先治疗严重狭窄和症状严重侧，气管插管全麻，临时开放颈内动脉，静脉给药肝素化，选取在中膜的外部、外弹力层下按血管狭窄程度及斑块远心端长度对动脉斑块完成剥离。显微镜下远端内膜修剪齐整，颈动脉切口连续缝合，行标准CEA术后，顺次开放颈外动脉、颈总动脉及颈内动脉阻断夹。术后24h内在重症加强护理病房常规监测血压和神经系统情况，皮下留置引流管观测48h引流液颜色及数量。

1.4.4 图像分析 记录术前CDUS及CTA两种检查方式对颈动脉狭窄的影像学诊断结果，并开展与DSA诊断结果诊断效能对照分析。所有患者均实行3个月的术后随访调查，每月1次利用电话、访视及复查等形式观察手术恢复及症状转变状况，术后第3个月行CDUS及CTA两种检查，并将检查结果当作术后对照的随访结果。

表1 患者术前CTA检查颈动脉狭窄检出情况

CTA	DSA		合计
	重度狭窄	中度狭窄	
重度狭窄	83	6	89
中度狭窄	4	35	39
合计	87	41	128

表2 患者术前CDUS检查颈动脉狭窄检出情况

CDUS	DSA		合计
	重度狭窄	中度狭窄	
重度狭窄	82	11	93
中度狭窄	5	30	35
合计	87	41	128

表3 CEA术前后CTA及CDUS定量参数比较

时间	CTA		CDUS	
	狭窄远端直径(mm)	最小残余直径(mm)	PSV(cm/s)	EDV(cm/s)
术前	5.83±1.35	2.48±0.84	340.19±136.61	289.35±24.76
术后3个月	10.25±1.17	5.47±1.10	69.62±15.88	28.06±6.69
t值	25.232	22.031	20.063	64.132
P值	0.000	0.000	0.000	0.000

3 讨论

现阶段临床经验表明，症状性或非症状性颈动脉严重狭窄将会造成脑血管意外，或将引起认知功能损害，同时也与缺血性脑卒中的发生、发展息息相关^[10-11]。因颈动脉狭窄初次产生短暂性脑缺血后，若未经医治，或将发展为完全卒中，而CEA能消除重度狭窄，避免短暂性脑缺血发展为完全卒中^[12-13]。虽然CEA被公认为是治疗颈动脉狭窄的最佳方法，但在术后疗效的判定上仍有不同观点^[14-15]。所以对患者行CEA术前及术后的影像学检查，分析对应定量参数在手术前后的变化变得尤为重要。

本研究结果显示，CTA和CDUS均能于术前评估患者颈动脉狭窄程度，且与DSA检查结果一致性较高，提示CTA和CDUS均适宜于诊断颈动脉狭窄程度。虽DSA是颈部血管狭窄检查“金标

准”，但属侵入性检查，检查费用较高，病患接受度较低，且检查禁忌多、检查辐射较高，有一定致残、致死风险，故临床覆盖率较低^[16]。CDUS诊断颈动脉粥样硬化性狭窄主要具备便捷、经济、无创伤等优点，也有研究证实CDUS诊断不规则型斑块的灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值的准确率均在80%以上^[17]。而本结果中CDUS诊断的特异度仅为73.17%，考虑原因为CDUS诊断结果的精准性与操作者的技术能力息息相关，检查结果受医生操作技术、诊疗经验、专业知识积累等主观影响较大，受体位及检查部位影响，CDUS仅能显示部分颈总动脉、颈内动脉颈段、颈外动脉，对全部颈内动脉颈段及颅内段血管观察受限。

1.5 统计学方法 采用SPSS 22.0进行统计分析，计数资料以率(%)表示；计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示，组内对比采用配对t检验，一致性分析以Kappa检验， $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 CTA评估颈动脉狭窄程度的价值分析 经一致性分析证实，CTA评估颈动脉狭窄程度的灵敏度为95.40%，特异度为85.37%，准确率为92.19%，阳性预测值为93.26%，阴性预测值为89.74%，Kappa为0.818。见表1。

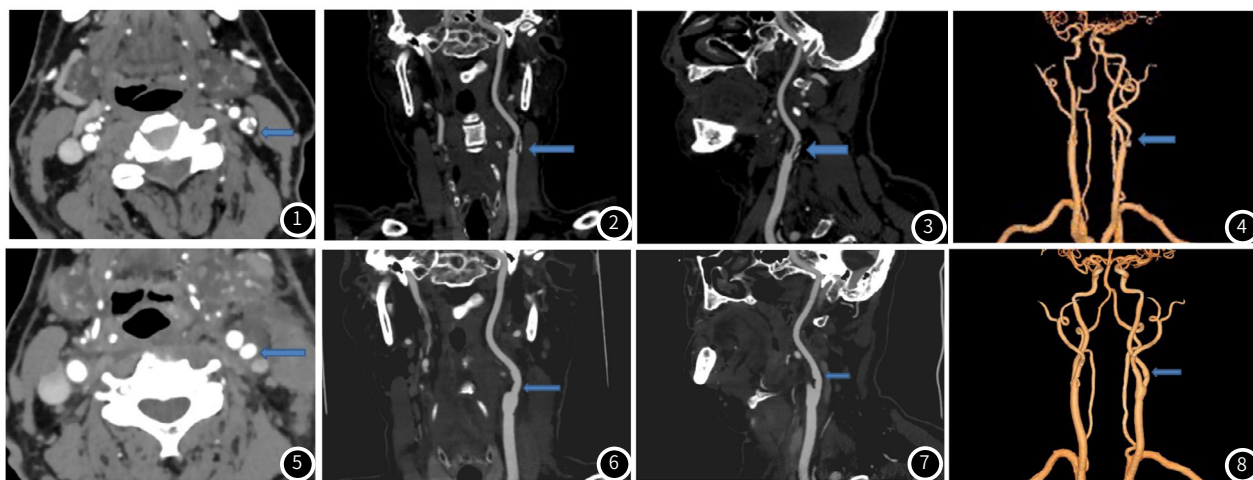
2.2 CDUS评估颈动脉狭窄程度的价值分析 经一致性分析证实，CDUS评估颈动脉狭窄程度的灵敏度为94.25%，特异度为73.17%，准确率为87.50%，阳性预测值为88.17%，阴性预测值为85.71%，Kappa为0.701。见表2。

2.3 CEA术前后CTA及CDUS定量参数比较 本研究手术成功104例，手术失败24例，手术成功率为81.25%。104例患者术前存在多发狭窄，CTA、CDUS检查显示多数病患均存在粥样硬化性斑块，管腔呈局限性或节段性狭窄，能清楚观测狭窄程度及累及长度。术后患者斑块消失或变小，部分管壁有少量斑块残留，狭窄程度明显改善。CTA能精准显示管腔的狭窄程度，同时能显示斑块性质，是否稳定，可显示部分管壁表面溃疡情况，而CDUS难以显示溃疡。术后CTA检查参数显示狭窄远端直径及最小残余直径均显著大于术前，差异有统计学意义($P<0.05$)；术后CDUS检查参数显示PSV及EDV均显著小于术前，差异有统计学意义($P<0.05$)。见表3。

准”，但属侵入性检查，检查费用较高，病患接受度较低，且检查禁忌多、检查辐射较高，有一定致残、致死风险，故临床覆盖率较低^[16]。

CDUS诊断颈动脉粥样硬化性狭窄主要具备便捷、经济、无创伤等优点，也有研究证实CDUS诊断不规则型斑块的灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值的准确率均在80%以上^[17]。而本结果中CDUS诊断的特异度仅为73.17%，考虑原因为CDUS诊断结果的精准性与操作者的技术能力息息相关，检查结果受医生操作技术、诊疗经验、专业知识积累等主观影响较大，受体位及检查部位影响，CDUS仅能显示部分颈总动脉、颈内动脉颈段、颈外动脉，对全部颈内动脉颈段及颅内段血管观察受限。

CTA作为微侵袭性检查方式，同时具备扫描速度快、空间分



行CEA患者术前及术后CTA检查图像。注：图1 CEA术前CTA轴位图像（左侧颈内动脉混合斑块，管腔中度狭窄）；图2 CEA术前曲面重建图像（左侧颈内动脉混合斑块，管腔中度狭窄）；图3 CEA术前曲面重建图像（左侧颈内动脉混合斑块，管腔中度狭窄）；图4 CEA术前VR图像（左侧颈内动脉混合斑块，管腔中度狭窄）；图5 CEA术后轴位图像（左侧颈内动脉管腔无明显狭窄，造影剂充盈良好）；图6 CEA术后曲面重建图像（左侧颈内动脉管腔无明显狭窄）；图7 CEA术后曲面重建图像（左侧颈内动脉管腔无明显狭窄）；图8 CEA术后VR图像（左侧颈内动脉管腔无明显狭窄）。

分辨率高等优势，随着设备的先进化及智能化，可实现一次扫描伴多种后处理方式，对于同一病变可多方向任意层面显示，多角度观测，可准确评估颈动脉狭窄的程度和累及范围，并能辨别管腔内粥样硬化斑块的性质，判断其稳定性^[18]。CTA检查注射一次对比剂，即可得到颈部血管及颅内血管的全貌，包括颈总动脉、颈内动脉颈段及颅内段、椎动脉、基底动脉、大脑前动脉、大脑中动脉、大脑后动脉，了解交通动脉的开放情况，了解颅内动脉血管侧支循环等情况，对全面评估患者头颈部血管狭窄情况及脑血管代偿情况起了重要的作用，有利于术前评估及术后预后。CTA检查也有部分受限，比如对造影剂过敏、有严重心衰及肝肾功能不全，均为其禁忌症。本研究结果中，CTA评估颈动脉狭窄程度除特异度较高外，其余如灵敏度、准确率、阳性预测值为、阴性预测值与Kappa均不同程度的优于CDUS检查结果，证实了CTA用于评估颈动脉狭窄程度的价值，此与蓝玉^[9]等研究结果相似。因此对颈动脉粥样硬化性狭窄的早期发现和精准诊断具备较高的临床应用价值，还可当作手术治疗后的随访检查方式之一。

本次研究中，部分患者在CTA检查中同时配合脑灌注(CTP)扫描，对于患者的术前评估起了重要的作用。通过血流量CBF、血容量CBV、达峰时间Tmax、平均通过时间TTP等参考指标，能够更完美的判断患者颅内供血情况，是否属于脑缺血状态、判断脑梗死前期分期，更进一步了解脑血管代偿情况，也可作为术前评价及术后评估的随访检查方式之一。

本研究结果显示，术后3个月由CDUS检查的PSV及EDV均显著低于术前，由CTA检查的狭窄远端直径及最小残余直径均显著高于术前，提示CEA用于治疗颈动脉狭窄具有显著疗效。CEA术通过切除颈动脉内膜粥样硬化性斑块，根本性解除颈外颈动脉狭窄，避免斑块脱落和栓塞，降低缺血性脑卒中发生的风险。同时扩大颈动脉管腔，狭窄远端直径及最小残余直径因而获得显著增大，血流直接路径得以恢复，改善了血流动力学异常状态，进而实现病变侧血管的血运重建，病变侧颈内动脉流速明显降低，故PSV、EDV的测定结果显示二者均显著下降，证实脑颈供血恢复了正常^[19-20]。同时CTP的参数CBF、CBV逐渐正常，Tmax、TTP减低，脑灌注明显得到改善，患者脑缺血或卒中的临床症状得到明显减轻，甚至消失。

综上，CTA和CDUS均适宜于诊断颈动脉狭窄程度，分析CTA在CEA术前及术后检查出的定量参数变化，可用于评估CEA治疗颈动脉狭窄后的疗效，能够准确反映出CEA术后患者颈动脉管腔的改善程度，值得临床推广运用。

参考文献

[1] Yang FT, Liu YD, Qu LF. [The timing and surgical choice of surgical treatment for carotid stenosis after radiotherapy] [J]. Zhonghua Yi Xue

- Za Zhi, 2019, 99 (4): 256-259.
- [2] 徐森, 张喜成, 陈兆雷, 等. 颈动脉内膜剥脱术对颈内动脉重度狭窄患者认知功能的影响[J]. 实用医学杂志, 2018, 34 (8): 1397-1398.
- [3] 黄亚波, 周鹏, 韩庆东, 等. 颈动脉内膜切除术治疗颈内动脉扭曲合并颈动脉重度狭窄[J]. 中国脑血管病杂志, 2018, 15 (11): 592-597.
- [4] Salem MM, Alturki AY, Fusco MR, et al. Carotid artery stenting vs. carotid endarterectomy in the management of carotid artery stenosis: Lessons learned from randomized controlled trials [J]. Surg Neurol Int, 2018, 9 (1): 85.
- [5] 中华医学会外科学分会血管外科学组. 颈动脉狭窄诊治指南 [J]. 中华血管外科杂志, 2017, 2 (2): 78-84.
- [6] 温仲民, 包仕尧. 颈动脉狭窄的诊断方法与介入治疗 [J]. 临床神经病学杂志, 2006, 19 (5): 393-394.
- [7] 焦力群. 颈动脉内膜切除术仍是治疗颈动脉狭窄的金标准 [J]. 中国脑血管病杂志, 2010, 7 (4): 173-176.
- [8] 陈雪君. 彩色多普勒超声准确评估颈动脉狭窄的研究进展 [J]. 中国动脉硬化杂志, 2016, 24 (7): 742-746.
- [9] 蓝玉, 罗曙光, 秦超, 等. CT血管造影对颈动脉粥样硬化性病变的诊断价值 [J]. 山东医药, 2012, 52 (25): 5-8.
- [10] Luo RT, Wang PJ, Deng XF, et al. An integrated analysis of risk factors of cognitive impairment in patients with severe carotid artery stenosis [J]. Biomed Environ Sci, 2018, 31 (11): 797-804.
- [11] 景阳, 付久园, 曹宏伟, 等. 颈动脉内膜切除术与腔内技术在老年缺血性脑卒中患者防治中的应用 [J]. 中国老年学杂志, 2020, 40 (10): 2035-2038.
- [12] Ceyhan D, Ovali C. The effect of cerebral oximeter use on the shunt placement concerning carotid endarterectomy surgery [J]. Ann Card Anaesth, 2019, 22 (2): 158-161.
- [13] 于水, 孙成建. 颈动脉狭窄性卒中不同介入方式治疗时机的研究进展 [J]. 中国脑血管病杂志, 2018, 15 (2): 100-101.
- [14] 刘小明, 包凌云, 方建华, 等. 颈动脉多普勒超声指标对颈动脉内膜剥脱术和颈动脉支架置入术后再狭窄程度的诊断价值 [J]. 中国全科医学, 2019, 22 (15): 1869-1873.
- [15] Ignatenko PV, Gostev AA, Novikova OA, et al. Hemodynamic changes in different types of carotid endarterectomy in the short- and long-term postoperative periods in patients with carotid artery stenosis [J]. Cardiovascular Therapy and Prevention (Russian Federation), 2020, 19 (5): 2381-2381.
- [16] 贾子昌, 卞焕菊, 李选, 等. Neuroform EZ支架在治疗复杂症状性颅内动脉重度狭窄中的应用 [J]. 北京大学学报: 医学版, 2019, 51 (5): 835-839.
- [17] Rafailidis V, Chrysogonidis I, Grisan E, et al. Does quantification of carotid plaque surface irregularities better detect symptomatic plaques compared to the subjective classification? [J]. J Ultrasound Med, 2019, 38 (12): 3163-3171.
- [18] Baradaran H, Foster T, Harrie P, et al. Carotid artery plaque characteristics: current reporting practices on CT angiography [J]. Neuroradiology, 2021, 63 (7): 1013-1018.
- [19] Deser SB, Demirag MK, Kolbaki F. Does severe contralateral carotid artery stenosis affect the outcomes of carotid endarterectomy? [J]. Turk Gogus Kalp Damar Cerrahisi Derg, 2019, 27 (1): 35-42.
- [20] 朱远, 杨晓莹, 李智勇, 等. 颈动脉内膜剥脱术患者脑CT灌注变化情况研究 [J]. 中华放射学杂志, 2018, 52 (5): 363-368.

(收稿日期: 2022-06-14)

(校对编辑: 孙晓晴)