

双源 CT 血管成像评价经导管主动脉瓣置入术 术前患者颈动脉斑块

代承忠 彭礼清 余建群 刘静 蒲华霞
(四川大学华西医院放射科, 四川 成都 610041)

【摘要】目的 评价经导管主动脉瓣置入术前患者颈部大动脉的粥样硬化斑块影像学特征及锁骨下入路血管解剖。**方法** 2014 年 1 月—2015 年 3 月纳入 80 例经导管主动脉瓣置入术前行颈部双源 CT 血管成像患者的 CT 资料, 回顾性分析颈部大动脉粥样硬化斑块发生率、分布和类型, 并测量双侧锁骨下动脉直径。**结果** 77 例患者 (96.3%) 检出动脉粥样硬化斑块, 其中以钙化斑块最常见 (52.5%, 201/383), 其次为混合斑块 (32.4%, 124/383), 未钙化斑块比例发生率最低 (15.1%, 58/383), 三种斑块发生率差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。在斑块分布方面, 非钙化斑块主要分布于颈内动脉 (29.3%), 混合斑块 (21.8%) 和钙化斑块 (22.3%) 主要分布于主动脉弓, 不同斑块分布发生率差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。斑块分布最常见的部位是颈内动脉 (19.8%, 76/383), 其次是主动脉弓 (18.8%, 72/383)。在血管管腔狭窄方面, 各类型斑块所致的非阻塞性狭窄明显多于阻塞性狭窄 (90.3% vs 9.7%, $P < 0.05$)。**结论** 双源 CT 血管成像检出的经导管主动脉瓣置入术术前患者粥样硬化斑块发生率较高, 以钙化斑块、非阻塞性狭窄为主。颈动脉粥样硬化斑块最常见于颈内动脉和主动脉弓。

【关键词】 经导管主动脉瓣置入术; 动脉粥样硬化; 斑块; 双源 CT 血管成像

【DOI】 10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2019.08.028

Evaluation of Carotid Arteries Plaques in Patients Referred for TAVI with Dual-source CT Angiography

DAI Chengzhong, PENG Liqing, YU Jianqun, LIU Jing, PU Huaxia

(Department of Radiology, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, Sichuan, China)

【Abstract】Objective To evaluate the imaging features of atherosclerotic plaques of carotid arteries and anatomy of subclavian artery as access vessel in patients referred for transcatheter aortic valve implantation (TAVI) with dual-source computed tomography angiography (DSCTA). **Methods** From January 2014 to March 2015, 80 cases referred for TAVI with carotid artery angiography by DSCTA were included, and retrospective analysis was performed for the prevalence, plaque distribution, types of atherosclerotic plaques of carotid arteries, and the measurement of subclavian artery diameter. **Results** Atherosclerotic plaques were detected in 77 patients (96.3%), among which calcified plaque was the most common (52.5%, 201/383), followed by mixed plaque (32.4%, 124/383) and uncalcified plaque was lowest (15.1%, 58/383). The prevalences of different plaques were statistically significant ($P < 0.05$). In addition, non-calcified plaques were mainly detected in internal carotid artery (29.3%), while mixed plaques (21.8%) and calcified plaques (22.3%) were mainly detected in the aortic arch, respectively ($P < 0.05$). The difference was statistically significant ($P < 0.05$). The most common site for plaque was the internal carotid artery (19.8%, 76/383), followed by the aortic arch (18.8%, 72/383). Non-obstructive stenosis was significantly more common than obstructive stenosis in all types of plaque (90.3% vs 9.7%, $P < 0.05$). **Conclusion** DSCTA detects a high prevalence of atherosclerotic plaques in patients referred for TAVI, among which higher proportion of calcified plaques and non-obstructive stenosis were found. Plaques are mainly distributed in the internal carotid artery and aortic arch.

【Key words】 Transcatheter aortic valve implantation; Atherosclerosis; Plaque; Dual-source computed tomography angiography

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (81601462); 四川省科技厅支撑计划项目 (2016FZ0107); 四川省卫生和计划生育委员会科研课题 (16ZD013); 四川大学华西医院学科卓越发展 1.3.5 工程项目 (ZYGD18013)

通讯作者: 彭礼清, E-mail: pengliqing@wchscu.cn

随着人均寿命的提高和动脉粥样硬化发病率的上升,退行性改变所致主动脉瓣狭窄(aortic stenosis, AS)的发病率逐年增加^[1],而经导管主动脉瓣置入术(transcatheter aortic valve implantation, TAVI)的主要适应证是高龄且心功能不全以及合并其他器官病变的高危患者^[2],目前该手术已在欧美发达国家和国内大型医学中心广泛运用于临床。尽管 TAVI 介入技术应用于 AS 患者已获得公认,但由于患者是外科手术高危或禁忌者,因而本身病情均很危重,故 TAVI 介入治疗的风险很高,其中脑卒中是其主要风险之一^[3-4],因此评价颈动脉斑块及手术相关入路血管具有重要的临床意义。高端双源 CT 血管成像(dual-source computed tomography angiography, DSCTA)可清晰地评价颈动脉斑块,但 TAVI 术前患者颈动脉斑块特征及入路血管 DSCTA 相关评价罕有文献报道。因此,本研究目的是评估 TAVI 术前患者颈部大动脉的粥样硬化斑块影像学特征和锁骨下入路血管解剖。

1 材料和方法

1.1 研究对象

回顾性分析 2014 年 1 月—2015 年 3 月本院 TAVI 术前的患者。纳入标准:欲行 TAVI 治疗并且有术前 CT 血管造影检查。排除标准:(1)碘对比剂过敏史;(2)肾功能不全(肌酐 $> 186 \mu\text{mol/L}$);(3)缺乏实验室和临床资料。最终纳入 80 例患者,平均年龄 68 岁(50~84 岁),其中男性 46 例,女性 34 例;伴糖尿病者 9 例,伴高血压者 40 例,伴高脂血症者 9 例。患者检查前均已签署知情同意书。所有患者均行颈部至髂血管大范围 DSCTA 检查。获得了以下基线人口统计学、实验室结果和病史资料:年龄、性别、高血压、糖尿病史、烟龄和血脂。糖尿病的诊断依据是随机血糖水平 $\geq 11.1 \text{ mmol/L}$ 或空腹血糖水平 $\geq 7.0 \text{ mmol/L}$ 。高血压定义为入院时使用降压药治疗,收缩压 $\geq 140 \text{ mm Hg}$ ($1 \text{ mm Hg} = 0.133 3 \text{ kPa}$)或舒张压 $\geq 90 \text{ mm Hg}$ 。

1.2 仪器与方法

所有检查均使用二代双源 CT(SOMATOM Definition, Siemens Medical Solutions, Forchheim, Germany)进行颈部至髂血管大范围联合 DSCTA。颈部大血管扫描范围为主动脉弓至颅底。扫描参数如下:架旋转时间 280 ms,螺距 3.2;参考管电压:100 kV;参考管电流:360 mAs;准直:2 mm \times 64 mm \times 0.6 mm。开启 CARE-kV 和 CARE Dose4D 剂量调节技术根据患者体型来调节扫描辐射剂量。采用高压注射器经肘前静脉以 5.0 mL/s

流速注入 70~80 mL 非离子型对比剂碘帕醇 370 mg/mL(上海博莱科信谊药业有限公司),然后以同样流速注入 20 mL 生理盐水。感兴趣区置于升主动脉,触发扫描阈值为 100 HU。

1.3 成像分析

将图像传输至后处理工作站(Syngo-Imaging, Siemens, Medical Solution System, Forchheim, Germany),采用 3D 软件进行分析,参数为:重建层厚 1 mm,重建间隔 0.7 mm,卷积核 D26f。图像后处理技术如下:最大强度投影、多平面重建和曲面重建。由两名有经验的放射科医生共同完成图像分析,对于不同意见,通过协商一致解决。

1.4 评价指标和判读标准

为了提高结果的重现性,分析是在分段的基础上进行,根据北美症状性颈动脉 Endarterectomy 试验的标准^[5],颈动脉包括颈总动脉、颈总动脉分叉、颈外动脉、颈内动脉(C1~C7)和椎动脉(V1~V4),依据与脑梗死相关的颈部动脉粥样硬化常累及的节段排除颈外动脉,因 TAVI 术入路替代途径,纳入了主动脉弓、头臂干和锁骨下动脉。DSCTA 上测量测定直径 $> 1.5 \text{ mm}$ 的节段。斑块成分分类:(1)非钙化斑块,即:斑块密度 $< 50 \text{ HU}$;(2)钙化斑块,即:斑块 CT 值 $\geq 130 \text{ HU}$;(3)混合斑块,包括钙化和非钙化斑块(如图 1 所示)^[6]。诊断血管狭窄的标准采用北美症状性颈动脉狭窄检测法^[5]:重度狭窄(狭窄率 $> 70\%$)、中度狭窄(狭窄率 50%~69%)、轻度狭窄(狭窄率 $< 50\%$)(如图 1 所示)。将中度和重度狭窄定义为阻塞性狭窄,轻度狭窄定义为非阻塞性狭窄,对斑块进行定量分析。将病变近端的正常血管直径作为参考直径,并计算狭窄程度(病变部位直径/参考直径)(图 2)。记录每位患者颈动脉病变节段数、斑块类型和狭窄程度。

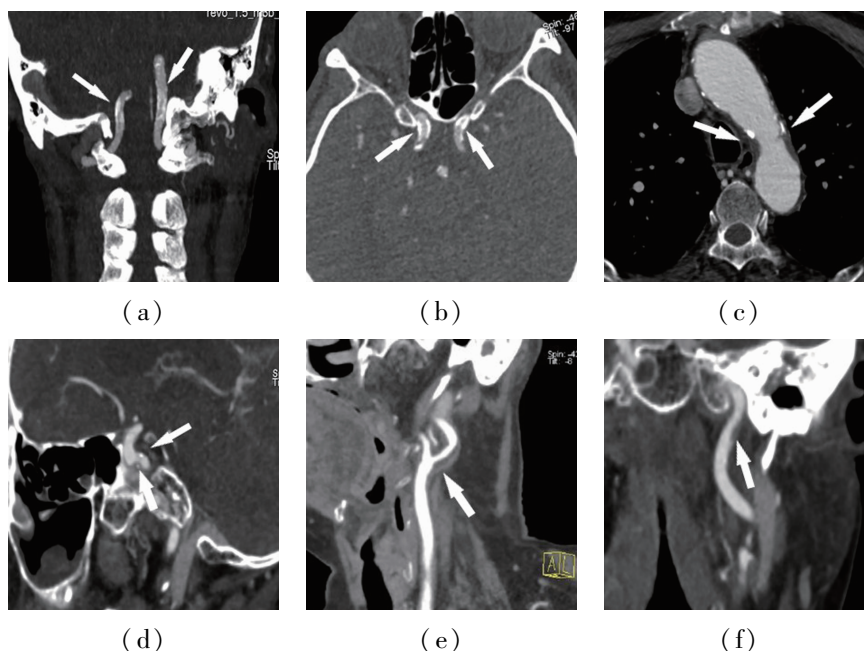
1.5 统计分析

本研究统计分析采用 SPSS 软件(SPSS for windows, 22.0)分析,连续变量用均数 \pm 标准差表示,分类变量以百分比表示,采用非参数卡方检验比较不同类型斑块、狭窄程度和斑块位置, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

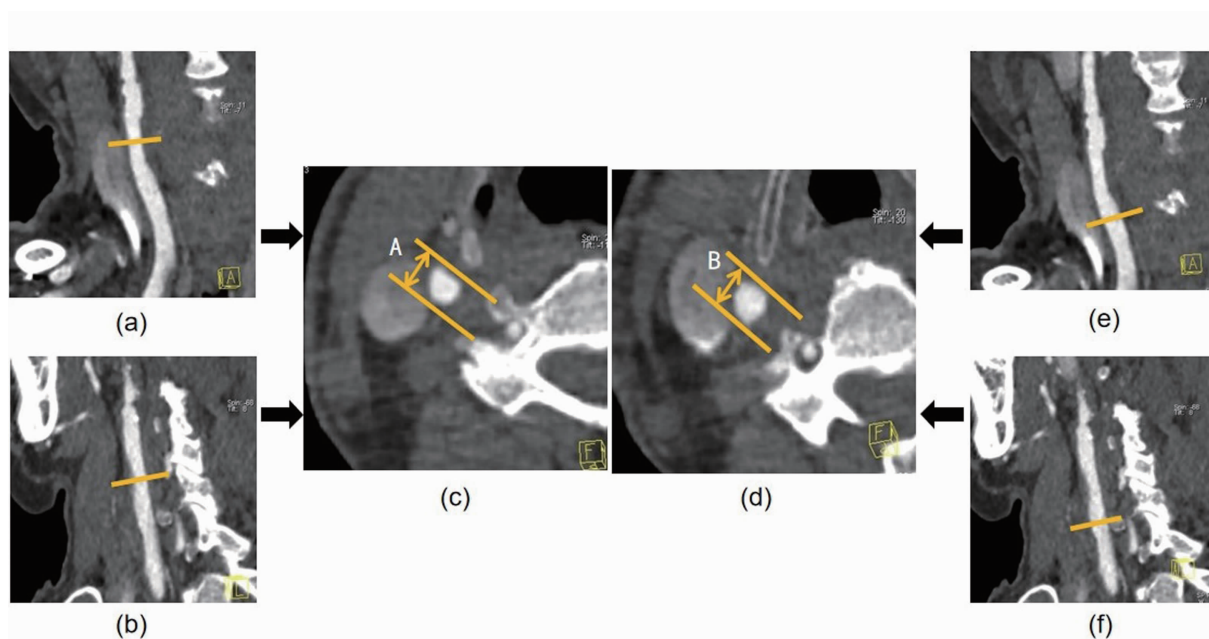
2.1 人群特征

80 例 TAVI 术前患者行颈动脉 DSCTA,共纳入 2 560 个动脉段,基线数据如表 1 所示。



注:(a) 双侧椎动脉颅内段(V4)钙化斑块(箭头),管腔轻度狭窄;(b) 双侧颈内动脉眼段(C6)钙化斑块(箭头),管腔中度狭窄;(c) 主动脉弓混合斑块(箭头);(d) 左侧颈内动脉海绵窦段(C4)混合斑块(箭头),管腔重度狭窄;(e) 右侧颈内动脉分叉处非钙化斑块(箭头),管腔中度狭窄;(f) 左侧颈内动脉颈段(C1)非钙化斑块(箭头),管腔轻度狭窄。

图1 斑块类型和狭窄程度



注:(a) ~ (c) 为冠、矢、轴同一层面斑块处血管直径(黄线处);(d) ~ (f) 为同一患者病变近端正常血管参考直径(黄线处);A/B 即为斑块处狭窄率。

图2 斑块处狭窄率测定

2.2 斑块的患病率、组成和分布

DSCTA 共发现 383 个节段有斑块,其中 58 个节段(15.1%)为非钙化斑块,124 个节段(32.4%)为混合斑块,201 个节段(52.5%)为钙化斑块,斑块类型发生率差异有统计学意义($P < 0.05$)(表 2)。非钙化斑块主要分布在颈内动脉(29.3%),混合斑块(21.8%)

和钙化斑块(22.4%)主要分布在主动脉弓,三者分布差异具有统计学意义(均 $P < 0.05$)(表 3)。斑块分布较为广泛,最常见发生斑块的部位是颈内动脉(76/383, 19.8%),其次是主动脉弓(72/383, 18.8%)(表 3)。斑块所致管腔狭窄以轻度狭窄为主(346 节段, 90.3%),中度狭窄(27 节段, 7.1%)和重度狭窄(10

节段,2.6%)少见,狭窄程度发生率差异具有统计学意义($P<0.05$)。346 例(90.3%)为非阻塞性狭窄,37 例(9.7%)为阻塞性狭窄,差异具有统计学意义($P<0.05$)。不同斑块有不同程度的狭窄。非钙化斑块导致 50 例轻度狭窄(86.2%)、5 例中度狭窄(8.6%)和 3 例重度狭窄(5.2%)($P<0.05$)。混合斑块导致 105 例管腔轻度狭窄(84.7%)、15 例中度狭窄(12.1%)和 4 例重度狭窄(3.2%)。钙化斑块导致 191 例轻度狭窄(95%)、7 例中度狭窄(3.5%)和 3 例重度狭窄(1.5%)(表 2)。钙化斑块导致非梗阻性狭窄发生率较高,非钙化斑块导致梗阻性狭窄发生率较高。总的来说,非钙化斑块、混合斑块和钙化斑块的 非阻塞性狭窄分别为 86.2%、84.7% 和 95%,在导致非阻塞性狭窄对应的斑块类型之间比较,差异具有统计学意义($P<0.05$)(表 2)。

表 1 人群特征

指标	数据
年龄(岁)	68.02±6.32
男性(百分比)	46(57.5)
女性(百分比)	34(42.5)
吸烟(例数/百分比)	26(32.5)
烟龄(年)	10.33±16.45
高血压(例数/百分比)	40(50)
高血压病程(年)	5.25±7.92
甘油三酯(mmol/L)	1.36±0.66
胆固醇(mmol/L)	4.26±0.99
高密度脂蛋白胆固醇(mmol/L)	1.28±0.56
低密度脂蛋白胆固醇(mmol/L)	2.28±0.77

注:结果以平均值±标准差(范围)或 n(百分比)表示;正常值范围(甘油三酯:0.29~1.83 mmol/L;胆固醇:2.8~5.7 mmol/L;低密度脂蛋白胆固醇>0.9 mmol/L;高密度脂蛋白胆固醇<4.0 mmol/L)。

表 2 颈部动脉及相关穿刺入路不同斑块狭窄程度

特征	未钙化斑块(%)	混合斑块(%)	钙化斑块(%)	P
类型	58(15.1)	124(32.4)	201(52.5)	<0.05
狭窄程度				
轻度	50(86.2)	105(84.7)	191(95)	<0.05
中度	5(8.6)	15(12.1)	7(3.5)	<0.05
重度	3(5.2)	4(3.2)	3(1.5)	>0.05

注:结果以 n(百分比)表示。

表 3 颈部动脉及相关穿刺入路不同斑块狭窄位置 and 情况

部位	类型			P
	未钙化斑块(%)	混合斑块(%)	钙化斑块(%)	
主动脉弓	0	27(21.8)	45(22.4)	<0.05
头臂干	1(1.7)	16(12.9)	28(13.9)	<0.05
右锁骨下动脉	8(13.8)	9(7.3)	24(11.9)	>0.05
左锁骨下动脉	6(10.4)	26(20.9)	16(8)	<0.05
右颈总动脉	10(17.2)	7(5.6)	5(2.5)	<0.05
左颈总动脉	2(3.5)	12(9.7)	21(10.4)	>0.05
双侧椎动脉	14(24.1)	11(8.9)	19(9.5)	<0.05
双侧颈内动脉	17(29.3)	16(12.9)	43(21.4)	<0.05

注:结果以 n(百分比)表示。

3 讨论

AS 是一种渐进性疾病,随年龄的增长其发生率会逐渐增加^[7]。早期研究发现,与外科手术瓣膜置换相比,经导管瓣膜置换术会增加术后卒中的风险^[8]。TAVI 术后脑卒中发生率随时间的增长而增加。从长期来看,部分 TAVI 术后患者可能发生脑卒中,甚至发生多发脑梗死。由此,患者将来的认知能力下降风

险、痴呆风险以及死亡风险均显著增加。颈动脉粥样硬化是引起缺血性脑卒中的重要原因^[9],对于早期发现颈动脉的斑块及其所致管腔狭窄程度具有重要意义。因此,对于 TAVI 术前患者,在评价 TAVI 入路血管的同时评价颈动脉具有重要的临床必要性。

本研究发现,颈动脉斑块在 TAVI 术前患者很常见,其中以钙化斑块最常见,其次为混合斑块和非钙

化斑块。绝大多数(95%)钙化斑块所致管腔狭窄为非梗阻性轻度狭窄,这提示多数 TAVI 患者颈动脉斑块是安全的。少数(5%)钙化斑块所致管腔狭窄为梗阻性狭窄,但 CT 评价的钙化性斑块重度狭窄程度并非很准确,因为高密度的钙化斑块可产生晕状伪影,使得 CT 显示的钙化斑块比实际斑块体积大,容易造成斑块所致管腔狭窄的过度评价^[10]。

多数非钙化斑块(86.2%)和混合斑块(84.7%)所致管腔为非梗阻性轻度狭窄,提示多数非钙化斑块和混合斑块不易直接造成头部缺血改变,但非钙化斑块和混合斑块,由于其成分更会疏松,更易脱落,因此无论是否直接造成管腔梗阻性狭窄,均存在更大的缺血性脑卒中的风险^[11-13]。

本组病例显示,锁骨下动脉可见钙化斑块、混合斑块和非钙化斑块,80 例患者中,多数管腔轻度狭窄(71.3%),3 例为中度狭窄(3.8%)。锁骨下动脉为 TAVI 治疗的主要替代入路血管。通常选择左锁骨下动脉作为替代入路血管,因为左锁骨下动脉开口位于主动脉弓,能使心脏瓣膜输送系统有一个更有利的方向进入升主动脉,因此评价左锁骨下动脉非常重要^[14-15]。对于左锁骨下动脉有非钙化斑块和混合斑块的患者,采用锁骨下动脉入路需非常谨慎,因为容易造成 TAVI 相关并发症,如斑块脱落和血管损伤。TAVI 要求入路血管直径至少 ≥ 6 mm,甚至有的输送系统要求入路血管直径至少为 7 mm^[16-17]。本组病例中 4 例血管直径 < 6 mm,3 例中度狭窄患者血管直径均 < 6 mm,2 例左锁骨下动脉未合并斑块者直径 < 6 mm。

本研究中,合并高血压者 40 例(50%),相比未合并高血压患者,他们斑块分布更广泛,狭窄程度更严重,这可能与长期处于高血压状态,会使动脉内膜组织代谢发生异常,导致血管内皮损伤,从而引起血管内皮功能障碍,增加动脉血管内膜对脂质的通透性有关;此外,血压升高,血流对血管壁的侧压力及冲击增加,同样也会损伤血管内皮^[18],从而导致动脉粥样硬化;在合并 2 型糖尿病的 9 例患者中,斑块分布与狭窄程度并无显著差异,糖尿病是动脉粥样硬化的确切危险因素,该统计差异无统计学意义可能是样本量太少所致。

研究局限性:首先,本研究属于描述性研究,未将 DSCTA 检出的斑块与 TAVI 术后脑缺血梗死发生情况做相关分析;其次,本研究未将 DSCTA 检出 TAVI 患者颈动脉斑块与其他病因颈动脉斑块做对比分析。

综上所述,DSCTA 可评价 TAVI 术前颈动脉斑块特征,其中钙化斑块的比例相对较高,主要导致非阻塞性狭窄,少数为非钙化斑块和混合斑块。DSCTA 术

前评价颈动脉斑块特征和锁骨下动脉入路血管对于 TAVI 手术安全和预防术后脑卒中风险具有重要价值。

参考文献

- [1] Rahimtoola SH. The year in valvular heart disease [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2007, 49(3):361.
- [2] Nkomo VT, Gardin JM, Skelton TN, et al. Burden of valvular heart diseases: a population-based study [J]. *Lancet*, 2006, 368(9540):1005-1011.
- [3] Urena M, Hayek S, Cheema AN, et al. Arrhythmia burden in elderly patients with severe aortic stenosis as determined by continuous electrocardiographic recording: toward a better understanding of arrhythmic events after transcatheter aortic valve replacement [J]. *Circulation*, 2015, 131(5):469-477.
- [4] Biancari F, Rosato S, D'Errigo P, et al. Immediate and intermediate outcome after transapical versus transfemoral transcatheter aortic valve replacement [J]. *Am J Cardiol*, 2016, 117(2):245-251.
- [5] Barnett HJM, Taylor DW, Haynes RB, et al. Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high-grade carotid stenosis [J]. *N Engl J Med*, 1991, 325(7):445-453.
- [6] Ballotta E, Da Giau G, Renon L. Carotid plaque gross morphology and clinical presentation: a prospective study of 457 carotid artery specimens [J]. *J Surg Res*, 2000, 89(1):78-84.
- [7] 贾圣琪, 裴汉军. 经导管主动脉瓣植入术的研究进展 [J]. *心血管病学进展*, 2018, 39(5):746-750.
- [8] Schaff HV. Transcatheter aortic-valve implantation—at what price? [J]. *N Engl J Med*, 2011, 364(23):2256-2258.
- [9] Li GW, Zheng GY, Li JG, et al. Relationship between carotid atherosclerosis and cerebral infarction [J]. *Chin Med Sci*, 2010, 25(1):32-37.
- [10] Li P, Xu L, Yang L, et al. Blooming artifact reduction in coronary artery calcification by a new de-blooming algorithm: initial study [J]. *Sci Rep*, 2018, 8(1):6945.
- [11] Gupta A, Baradaran H, Schweitzer AD, et al. Carotid plaque MRI and stroke risk: a systematic review and meta-analysis [J]. *Stroke*, 2013, 44(11):3071-3077.
- [12] Rozie S, de Weert TT, de Monyé C, et al. Atherosclerotic plaque volume and composition in symptomatic carotid arteries assessed with multidetector CT angiography: relationship with severity of stenosis and cardiovascular risk factors [J]. *Eur Radiol*, 2009, 19(9):2294-2301.
- [13] 陈文强. 不稳定性斑块的研究进展 [J]. *心血管病学进展*, 2003, 24(6):439-443.
- [14] Fröhlich GM, Baxter PD, Malkin CJ, et al. Comparative survival after transapical, direct and subclavian transcatheter aortic valve implantation (data from the UK TAVI registry) [J]. *Am J Cardiol*, 2015, 116(10):1555-1559.
- [15] Muensterer A, Mazzitelli D, Ruge H, et al. Safety and efficacy of the subclavian access route for TAVI in cases of missing transfemoral access [J]. *Clin Res Cardiol*, 2013, 102(9):627-636.
- [16] Achenbach S, Delgado V, Hausleiter J, et al. SCCT expert consensus document on computed tomography imaging before transcatheter aortic valve implantation (TAVI)/transcatheter aortic valve replacement (TAVR) [J]. *J Cardiovasc Comput Tomogr*, 2012, 6(6):366-380.
- [17] Blanke P, Weir-McCall JR, Achenbach S, et al. Computed tomography imaging in the context of transcatheter aortic valve implantation (TAVI)/transcatheter aortic valve replacement (TAVR): an expert consensus document of the Society of Cardiovascular Computed Tomography [J]. *J Cardiovasc Comput Tomogr*, 2019, 13(1):1-20.
- [18] Li JJ, Chen JL. Inflammation may be a bridge connecting hypertension and atherosclerosis [J]. *Med Hypotheses*, 2005, 64(5):925-929.

收稿日期:2019-08-29