

宽体探测器 CT 多部位血管联合成像的临床应用

邓灵波, 朱熠, 袁知东, 成官迅

【摘要】 目的:探讨 Revolution CT 在头颈、主动脉及双下肢 CTA 一站式联合成像中的临床应用价值。**方法:**回顾性分析应用 Revolution CT 行 CTA 检查的 47 例患者,其中 A 组 14 例行头颈、主动脉及双下肢 CTA 多部位一站式扫描。B 组 18 例行头颈 CTA 单部位常规扫描。C 组 15 例行双下肢 CTA 单部位常规扫描,计算各组的辐射剂量。在 A 组与 B 组头颈部图像上测量颈总动脉、颈内动脉 C1 段和 C4 段、大脑中动脉 M1 段及基底动脉 9 个部位的 CT 值,计算头颈部 CTA 图像的对比噪声比(CNR);在 A 组与 C 组双下肢 CTA 图像上测量腹主动脉末端、髂总动脉、髂外动脉、股总动脉、股浅动脉、腘动脉和胫腓干 13 各部位的 CT 值并计算双下肢 CTA 图像的对比噪声比(CNR),并对头颈部及双下肢动脉 CTA 图像质量进行主观评价。采用 Shapiro-WilkNormal 分布检验和独立样本 t 检验比较各组图像的主观评分及辐射剂量。**结果:**A 组与 B 组头颈部 9 个部位的 CT 值差异无统计学意义($P>0.05$),且两组之间的 CNR 和图像质量比较无差异。A 组和 C 组双下肢 13 个部位的 CT 值差异无统计学意义($P>0.05$),且两组之间的 CNR 和图像质量比较无差异。A 组辐射剂量 CTDIvol(8.33 ± 5.05)mGy, DLP(1403.41 ± 877.56)mGy · cm; B 组 CTDIvol(10.81 ± 4.75)mGy, DLP(422.78 ± 194.69)mGy · cm; C 组 CTDIvol(8.38 ± 4.74)mGy, DLP(872.22 ± 538.04)mGy · cm。A、B、C 3 组的 CTDIvol 差异无统计学意义, A 组的 DLP 高于 B、C 两组, A 组与 B 组的 DLP 差异有统计学意义($P<0.05$), A 组与 C 组 DLP 差异无统计学意义($P=0.11$)。**结论:**使用 Revolution CT 在头颈、主动脉及双下肢 CTA 一站式成像保证图像质量的同时,和常规部位检查相比,能减少对比剂用量和辐射剂量,简化临床工作流程。

【关键词】 头颈; 动脉; 主动脉; 下肢; 计算机体层摄影血管造影术

【中图分类号】 R322.121; R323.72; R814.4 **【文献标识码】** A

【文章编号】 1000-0313(2020)06-0796-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2020.06.019

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Application of wide detector CT in one-stop Imaging of systemic artery DENG Ling-bo, ZHU Yi, YUAN Zhi-dong, et al. Radiology Department of Beijing University Shenzhen Hospital, Guangdong Shenzhen 518036, China

【Abstract】 Objective: To evaluate the utility of revolution CT angiography for one-stop CT angiography (CTA) of craniocervical, aorta and lower extremity arteries. **Methods:** Totally 47 patients who underwent revolution CTA at Shenzhen Hospital were retrospectively divided into three groups, 14 cases in group A, combined scanning of craniocervical, aorta and lower extremity arteries, 18 cases in group B, single-site scanning of craniocervical artery, 15 cases in group C, single-site scanning of lower extremity arteries. The radiation dose was calculated for each group. The CT values in Hounsfield units (HU) of the common carotid artery, C1 segment and C4 segment of the internal carotid artery, M1 segment of the middle cerebral artery and the basilar artery were measured on the CTA images of craniocervical artery in patients in group A and group B. The CT values of the distal aorta, common iliac artery, external iliac artery, common femoral artery, superficial femoral artery, popliteal artery and artery of the calf were also measured on the CTA images of the lower extremity artery in group A and group C. The contrast-to-noise ratio (CNR) was calculated and compared among the groups. Subjective scores of the image quality and radiation doses were performed based on axial and 3D reconstruction

作者单位: 518036 广东, 北京大学深圳医院医学影像科

作者简介: 邓灵波(1987-), 云南腾冲人, 硕士, 主治医师, 主要从事血管性病变诊断工作。

通讯作者: 成官迅, E-mail: chengguanxun@hotmail.com

images by Shapiro-Wilk Normal distribution test and independent t test. **Results:** There was no statistical difference in CT values, CNR and image quality of craniocervical artery CTA between group A and group B ($P > 0.05$), and of lower extremity artery CTA images between group A and group C ($P > 0.05$). The mean radiation dose was (8.33 ± 5.05) mGy of CTDIvol and (1403.41 ± 877.56) mGy $\cdot$ cm of DLP in group A; (10.81 ± 4.75) mGy of CTDIvol and (422.78 ± 194.69) mGy $\cdot$ cm of DLP in group B; (8.38 ± 4.74) mGy of CTDIvol and (872.22 ± 538.04) mGy $\cdot$ cm of DLP in group C, respectively. There was no significant difference in CTDIvol among the three groups. The DLP of group A was higher than that of group B and C. DLP was significant difference between group A and group B ($P < 0.05$), whereas there was no significant difference between group A and group C ($P = 0.11$). **Conclusions:** By using one-stop CTA imaging of the craniocervical, aorta and lower extremity arteries, Revolution CT can both reduce the dose of contrast agent and radiation dose with robust image quality, and therefore simplify the clinical workflow.

【Key words】 Head and neck; Arteries; Aorta; Lower extremity; Computed tomography angiography

血管性疾病无论是动脉粥样硬化, 还是免疫性或遗传性的血管炎, 都是一类全身的病变, 其中动脉粥样硬化是全球死亡率和致残率最常见的原因之一^[1,2]。15%~30%的动脉粥样硬化患者表现为多部位的血管病变, 并可以导致严重后果, 包括脑卒中、心肌梗死、缺血性肾病和间歇跛行等。存在间歇性跛行的患者心脏病发病的死亡率高达 75%, 比正常人高出 3~4 倍^[3]。多部位心血管病变预示后果不良。患者存在 1 个部位的血管病变, 其心血管事件发生率是 12.6%; 存在 2 个部位的病变, 心血管事件发生率是 21.1%; 3 个部位病变, 心血管事件发生率是 26.3%^[4], 所以有必要对高危患者进行全身血管状况的评估。既往常规临床评估仅限于单一血管区域, 当患者需要进行多部位的血管评估时, 需要多次到医院就诊并行多次检查。全面、准确、简便的评估全身动脉血管状态, 将为血管性疾病患者提供更合理、更全面的治疗策略^[5]。近年来, 随着多层螺旋 CT 时间分辨率的提高和迭代重建算法的应用, 使多部位 CTA 的联合扫描成为可能。一次注入对比剂可以完成多部位血管的检查, 其简便快捷的扫描方法已得到广泛认可, 而且能降低检查费用和对对比剂用量, 可以作为血管性疾病患者诊断和治疗后复查的首选影像学方法。本研究旨在探讨 Revolution CT 在全身 CTA 一站式成像中的临床应用价值。

材料与方法

1. 研究对象

回顾性搜集 2017 年 1 月—2019 年 3 月在北京大学深圳医院应用 Revolution CT 行头颈、主动脉及下肢动脉 CTA 一站式成像的患者 14 例, 定为 A 组; B 组为同时段随机匹配的行头颈 CTA 单部位扫描的患者 18 例; C 组为同时段随机匹配的行双下肢动脉

CTA 单部位扫描的患者 15 例, 共 47 例患者。其中男 31 例, 女 16 例, 年龄 25~83 岁, 平均 62.8 岁。排除标准: 碘对比剂过敏、严重的肝肾功能不全、下肢动脉支架术后及下肢关节置换术后的患者。本研究获得北京大学深圳医院伦理委员会批准, 所有患者检查前均签署知情同意书。

2. 扫描方法

采用 GE Revolution CT 机进行扫描。患者取仰卧位, 头先进, 双手上举过头。A 组患者扫描方案: 使用双筒高压注射器经患者右侧肘正中静脉注射对比剂碘帕醇 (370 mg/mL), 流率 0.075 mL/kg $\cdot$ s, 注射时间 18~20 s。采用人工智能触发扫描, 触发层面为主动脉弓水平, 触发阈值 120 HU, 触发后延迟 6 s 启动扫描。第一次扫描为从头顶水平至腘窝水平, 扫描结束后延迟 5 s, 再次从腘窝水平扫描至足底。扫描参数: 管电压 100 kVp, 管电流为智能毫安秒, 0.625 mm $\times$ 128i, 机架转速 0.3 s/r, 螺距 0.984 (图 1)。B 组扫描方案: 使用双筒高压注射器经患者右侧肘正中静脉注射对比剂碘帕醇 (370 mg/mL), 流率 0.075 mL/kg $\cdot$ s, 注射时间 7~8 s。采用人工智能触发扫描, 触发层面为主动脉弓水平, 触发阈值 120 HU, 触发后延迟 3 s 启动扫描, 扫描顺序为主动脉弓水平至头顶。扫描参数: 管电压 100 kVp, 管电流为智能毫安秒, 0.625 mm $\times$ 128i, 机架转速 0.5 s/r, 螺距 0.984 (图 2)。C 组扫描方案: 使用双筒高压注射器经患者右侧肘正中静脉注射对比剂碘帕醇 (370 mg/mL), 流率 0.075 mL/kg $\cdot$ s, 注射时间 16~18 s。采用人工智能触发扫描, 触发层面为腹主动脉末端 (主动脉分支水平上方 2 cm), 触发阈值 350 HU, 触发后延迟 12 s 启动扫描, 扫描顺序为腹主动脉末端水平至足底。扫描参数: 管电压 100 kVp, 管电流为智能毫安秒,

0.625 mm×64i,机架转速 1.0 s/r,螺距 0.984(图 3)。扫描结束进行头颈部、双下肢图像重建,重建层厚 0.625 mm,重建间隔 0.625 mm。将原始图像传至工作站后行 MPR、MIP 及 VR 图像重建(图 1~3)。记录 3 组由 CT 机自动生成的 CT 容积剂量指数(vol-

ume CT dose index,CTDIvol)和剂量长度乘积(dose length product,DLP)。由两位有 10 年以上 CT 诊断经验的影像科医师在 PACS 工作站对图像进行评价和分析,取 2 位医师数据测量的平均值作为最终结果。

3. 图像客观评价

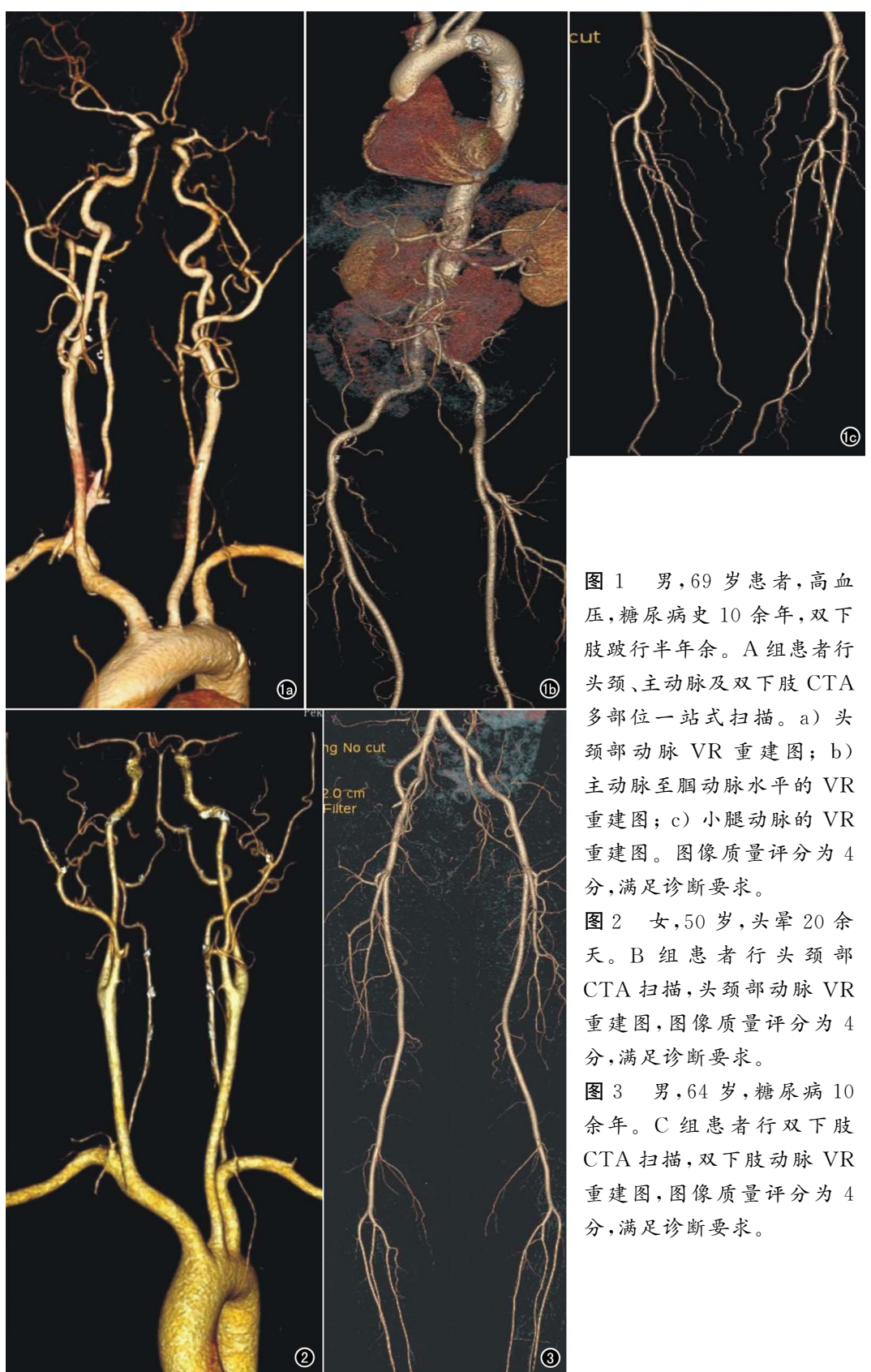


图 1 男,69 岁患者,高血压,糖尿病史 10 余年,双下肢跛行半年余。A 组患者行头颈、主动脉及双下肢 CTA 多部位一站式扫描。a) 头颈部动脉 VR 重建图; b) 主动脉至腘动脉水平的 VR 重建图; c) 小腿动脉的 VR 重建图。图像质量评分为 4 分,满足诊断要求。

图 2 女,50 岁,头晕 20 余天。B 组患者行头颈部 CTA 扫描,头颈部动脉 VR 重建图,图像质量评分为 4 分,满足诊断要求。

图 3 男,64 岁,糖尿病 10 余年。C 组患者行双下肢 CTA 扫描,双下肢动脉 VR 重建图,图像质量评分为 4 分,满足诊断要求。

在 0.625 mm 层厚的横轴面图像上进行数据测量。在 A 组和 B 组头颈部 CTA 图像分别测量双侧颈总动脉(common carotid artery, CCA)(环状软骨水平)、颈内动脉(internal carotid artery, ICA)C1 段、颈内动脉海绵窦段(ICA, C4)、大脑中动脉(middle cerebral artery, MCA)M1 段和椎动脉(vertebral artery, VA)起始处这 9 段血管的 CT 值,同时测量咬肌的 CT 值及标准差(standard deviation, SD),计算图像的对比噪声比(contrast-to-noise ratio, CNR)=(右侧颈内动脉 C1 段 CT 值-咬肌 CT 值)/咬肌标准差。在 A 组和 C 组双下肢 CTA 图像上分别测量腹主动脉末端(主动脉分叉上方 2cm)、髂总动脉(common iliac artery, CIA)、髂外动脉(external iliac artery, EIA)、股总动脉(common femoral artery, CFA)、股浅动脉(superficial femoral artery, SFA)、腘动脉(popliteal artery, PA)和胫腓干(artery of the calf)这 13 段血管的 CT 值。同时测量腹主动脉末端水平一侧腰大肌 CT 值及标准差。计算图像的 CNR=(腹主动脉末端 CT 值-腰大肌 CT 值)/腰大肌标准差。每个层面测量 3 次,取平均值。

4. 图像质量主观评价

将每位患者的重建图像由两名研究者采用 4 分法评价图像质量,意见不一致时协商解决。4 分,图像质量良好,血管清晰;3 分,图像质量尚可,不影响分析;2 分,图像质量较差,影响分析;1 分,图像质量很差,无法观察血管。

5. 统计学分析

所有数据均采用 SPSS 22.0 统计软件进行统计学处理。符合正态分布的数据用均数±标准差表示。并进行独立样本 *t* 检验分析患者各段血管的 CT 值、CNR、辐射剂量及图像质量。

结 果

头颈部 CTA 图像比较 A 组及 B 组头颈部 CTA 9 段血管的 CT 值、图像质量、CNR 和 CTDIvol 和 DLP 结果见表 1。

表 1 A 组和 B 组患者头颈部动脉各参数值比较

参数	A 组	B 组	<i>t</i>	<i>P</i>
L-CCA	481±145	470±158	0.180	0.858
R-CCA	506±127	475±155	0.608	0.548
L-ICA C1	473±149	476±161	-0.044	0.965
R-ICA C1	493±135	488±155	0.097	0.923
L-ICA C4	449±120	467±176	-0.329	0.744
R-ICA C4	453±117	475±157	-0.431	0.670
L-MCA M1	410±101	429±153	-0.400	0.692
R-MCA M1	428±123	428±147	0.006	0.995
VA	421±118	405±127	0.372	0.712
图像质量评分	3.86±0.36	3.78±0.43	0.555	0.583
CNR	31.7±29.8	39.2±20.4	-0.828	0.414
CTDIvol	8.33±5.05	10.81±4.75	-1.225	0.233
DLP	1403.4±877.6	422.8±194.7	3.307	0.010

两组各段血管的 C 值、图像质量及 CNR 差异无统计学意义。A 组的 CTDIvol 低于 B 组,但两者差异无统计学意义。A 组的 DLP 明显高于 B 组,差异有统计学意义(*P*=0.01)。

双下肢 CTA 图像比较 A 组及 C 组双下肢 CTA 13 段血管的 CT 值、图像质量及 CNR 和 CTDIvol 和 DLP 结果见表 2。两组各段血管的 CT 值、图像质量及 CNR 差异无统计学意义。A 组的 CTDIvol 稍低于 B 组,但差异无统计学意义。A 组的 DLP 高于 B 组,但差异无统计学意义(*P*=0.11)。

根据患者的体重,流率及注射时间间接估算对比剂用量,其中 A 组患者对比剂用量明显高于 B 组患者,但是 A 组患者对比剂用量与 B 组患者接近,A 组患者对比剂用量少于 B 组及 C 组对比剂用量之和。

表 2 A 组和 C 组患者双下肢动脉各参数值比较

参数	A 组	B 组	<i>t</i>	<i>P</i>
distal aorta	496±121	455±111	0.962	0.345
L-CIA	470±136	439±109	0.668	0.510
R-CIA	480±130	448±113	0.716	0.480
L-EIA	463±113	418±119	1.002	0.326
R-EIA	461±110	412±121	1.137	0.265
L-CFA	473±110	411±136	1.301	0.205
R-CFA	471±117	399±124	1.526	0.139
L-SFA	439±116	337±168	1.089	0.082
R-SFA	456±120	387±145	1.336	0.194
L-PA	420±140	384±168	0.572	0.573
R-PA	417±145	372±151	0.787	0.439
L-artery of the calf	360±127	359±163	0.008	0.994
R-artery of the calf	354±117	343±141	0.205	0.839
图像质量评分	3.57±0.65	3.60±0.51	-0.133	0.895
CNR	22.6±11.0	27.4±12.1	-1.110	0.277
CTDIvol	8.33±5.05	8.38±4.74	-0.026	0.979
DLP	1403.4±877.6	872.2±538.0	1.666	0.113

讨 论

CTA 越来越多的用在动脉粥样硬化患者病情诊断、评估和随访中,尽管 CT 扫描是一个相对安全、无创、简便的检查方法。但长期以来,由于我国现行的医院分科室管理模式,对于动脉粥样硬化这类全身性疾病缺乏整体管理,对于需要评估多部位血管情况的患者,要行多次 CT 检查,既增加了医疗成本,又增加了患者的辐射剂量和对比剂用量。随着多层螺旋 CT 时间分辨率的提高和迭代重建算法的应用,CTA 的图像质量进一步提高,患者所接受的辐射剂量和对比剂用量也逐渐减少。相比于传统 CT,宽体探测器 CT 的 Z 轴最大覆盖范围为 160 mm,球管旋转时间 0.28 s,所以患者无需屏气、无需镇静、一键定位后,即可超快速的行大范围扫描,简便快捷的完成多部位的一站式扫描。尤其针对心血管快速成像,可以不受心率、呼吸自主运动的限制,任意状态下都可以完成扫描,极大的提高了检查的成功率。使全身多部位血管的一站式检查成为可能^[6]。

以往头颈部、主动脉及双下肢 CTA 检查需要分 3 次进行,辐射剂量高,对比剂用量大,操作相对复杂,患者需要多次来院检查。现在随着 CT 机器时间分辨率的提高,多部位血管的联合扫描已经成为可能。心脑血管 CT 联合扫描,能一次完成头、颈、心脏多个部位血管的检查,其简便快捷的扫描方法在临床上已得到广泛认可^[7-10]。但由于头颈、主动脉及双下肢全身血管扫描范围较广,扫描难度较大,临床上还没有广泛开展。腹主动脉及双下肢动脉 CTA 联合扫描可获得较好的图像质量^[11]。心脏、头颈部血管联合扫描在不增加辐射剂量和对比剂用量的条件下,亦可获得较好的图像质量^[12-14]。

本研究采用 GE Revolution CT 在头颈部、主动脉及双下肢血管的一站式联合扫描,结果显示:①扫描成功率高,头颈部及双下肢血管图像的主、客观质量均与单扫头颈部、双下肢图像质量相当,均达到诊断要求;②联合扫描的对比剂用量高于单扫头颈部血管用量,但和单扫双下肢的用量相当;③联合扫描图像噪声与单次扫描的噪声无明显差异;④联合扫描的辐射剂量高于单次扫描,但联合扫描与双下肢扫描的差异无统计学意义。

尽管本研究因病例偏少,且未按临床症状分组及未对动脉狭窄程度进行评估。但总的来说,采用 GE Revolution CT 行全身 CTA 的一站式联合扫描图像质量好,成功率高,对比剂用量少,辐射剂量低,操作简便,值得临床推广应用。

参考文献:

- [1] Bhatt DL, Steg PG, Ohman EM, et al. International prevalence, recognition, and treatment of cardiovascular risk factors in outpatients with atherothrombosis[J]. JAMA, 2006, 295(2):180-189.
- [2] Napoli A, Catalano C, Francone M, et al. Imaging coronary and extracoronary atherosclerosis: feasibility and impact of whole-body

- computed tomography angiography[J]. Eur Radiol, 2009, 19(7):1704-1714.
- [3] Heald CL, Fowkes FG, Murray GD, et al. Risk of mortality and cardiovascular disease associated with the ankle-brachial index: systematic review[J]. Atherosclerosis, 2006, 189(1):61-69.
- [4] Steg PG, Bhatt DL, Wilson PW, et al. One-year cardiovascular event rates in outpatients with atherothrombosis[J]. JAMA, 2007, 297(11):1197-1206.
- [5] Weir-Mccall JR, Bonnici-Mallia M, Ramkumar PG, et al. Whole-body magnetic resonance angiography[J]. Clin Radiol, 2019, 74(1):3-12.
- [6] 孔令燕,梁继祥,薛华丹,等.自动管电压选择技术在第 3 代双源 CT 大螺距主动脉 CT 血管成像扫描中的初步应用[J].中国医学科学院学报, 2017, 39(1):62-67.
- [7] Zhang JL, Liu BL, Zhao YM, et al. Combining coronary with carotid and cerebrovascular angiography using prospective ECG gating and iterative reconstruction with 256-slice CT[J]. Echocardiography, 2015, 32(8):1291-1298.
- [8] Sun K, Li K, Han R, et al. Evaluation of high-pitch dual-source CT angiography for evaluation of coronary and carotid-cerebrovascular arteries[J]. Eur J Radiol, 2015, 84(3):398-406.
- [9] 刘淑蓉,陈国强,郑亮,等. CT 心脑血管一体化成像的图像质量评价[J].国际放射医学核医学杂志, 2018, 42(5):389-396.
- [10] 李万江,李真林,帅桃,等.宽体探测器 CT 行冠状动脉 CTA 和头颈部 CTA“一站式”扫描[J].中国医学影像技术, 2018, 34(9):1395-1399.
- [11] 张大明,薛华丹,王莹,等.80kVp 管电压联合自动管电流调节腹主动脉及双下肢动脉 CTA 扫描图像质量的评价[J].基础医学与临床, 2016, 36(8):1135-1138.
- [12] 黄爱娜,陆健,张涛,等.256 层 iCT 低剂量扫描联合迭代重建技术在头颈部 CTA 的应用[J].放射学实践, 2018, 33(8):842-846.
- [13] 张文雯,孙凯. CT 血管成像在心脑血管一站式成像中的研究进展[J].国际放射医学核医学杂志, 2018, 42(2):177-180, 188.
- [14] 孙凯,韩瑞娟,王利军,等.大螺距双源 CT 心脏与头颈血管一站式联合扫描的可行性[J].中国医学影像技术, 2014, 30(1):136-140.

(收稿日期:2019-08-01 修回日期:2019-12-05)