

256 层螺旋 CT 低剂量心脑血管联合成像初步研究

张晓东 唐秉航 李芳云 李良才 黄晖 何亚奇 吴任国
黄德成 梁健雄 赖紫霞

【摘要】 目的 初步探讨 256 层螺旋 CT 前瞻性心电门控心脑血管联合成像的图像质量与辐射剂量。**方法** 回顾性分析 57 例患者 CTA 资料。组 1:心脑血管联合 CTA($n=17$),应用大范围前瞻性心电门控行冠状动脉、颈动脉及脑血管一站式扫描;组 2:冠状动脉 CTA($n=20$):前瞻性心电门控行常规冠状动脉成像;组 3:常规颈脑血管 CTA($n=20$)。分别测量各组升主动脉根部、双侧颈总动脉起始部、椎动脉起始部、颈内动脉(蝶鞍层面)图像 CT 值与图像噪声;采用 4 分法评估冠状动脉图像质量,3 分法评估颈脑血管图像质量;分别计算各组的辐射剂量。采用 t 检验比较组间的图像 CT 值与噪声;采用 Mann-Whitney U 检验比较组 1 与组 2 冠状动脉图像质量及组 1 与组 3 颈脑血管图像质量。**结果** 组 1 与组 2 升主动脉根部 CT 值[分别为 (427 ± 50) 、 (426 ± 86) HU]、噪声[分别为 (30 ± 9) 、 (31 ± 9) HU]差异均无统计学意义(t 值分别为 0.058、-0.325, P 值均 >0.05);冠状动脉图像质量评分组 1 与组 2 均满足诊断需要冠状动脉节段,优良分别达到 98.1% (202/206)、99.6% (244/245);两组间图像质量比较差异无统计学意义($Z = -0.572, P > 0.05$)。组 1 与组 3 颈总动脉起始部 CT 值[分别为 (474 ± 70) 、 (348 ± 81) HU]、椎动脉起始部 CT 值[分别为 (447 ± 83) 、 (328 ± 66) HU]差异均有统计学意义(t 值分别为 5.043、4.869, P 值均 <0.05);颈内动脉(蝶鞍层面)CT 值[分别为 (370 ± 92) 、 (367 ± 97) HU]两组比较差异无统计学意义($t = 0.111, P > 0.05$)。组 1 颈脑血管图像质量评分 1 分 1 例,2 分 14 例,3 分 2 例;组 3 颈脑血管图像质量评分 2 分 7 例,3 分 13 例;两组图像质量评分比较差异有统计学意义($Z = -3.306, P < 0.05$)。组 1、组 2、组 3 有效辐射剂量分别为 (7.0 ± 0.8) 、 (3.1 ± 0.4) 、 (5.0 ± 0.3) mSv。**结论** 256 层螺旋 CT 大范围前瞻性心电门控心脑血管联合成像可获得满足临床诊断需要的冠状动脉、颈动脉及脑血管图像质量,具有简便、快捷、无创、对比剂使用少、辐射剂量低、客观和重复性强的优势,是一种全新的评估冠状动脉与颈脑血管的良好方法。

【关键词】 体层摄影术, X 线计算机; 冠状血管; 脑血管循环

Low dose 256-slice spiral CT of coronary combined with carotid and cerebrovascular angiography
ZHANG Xiao-dong*, TANG Bing-hang, LI Fang-yun, LI Liang-cai, HUANG Hui, HE Ya-qi, WU Ren-guo, HUANG De-cheng, LIANG Jian-xiong, LAI Zi-xia. Department of CT, Zhongshan City People's Hospital, the Affiliated Zhongshan Hospital of Sun Yat-sen University, Zhongshan 528403, China
Corresponding author: TANG Bing-hang, Email: ddautumn@126.com

【Abstract】 Objective To investigate image quality and radiation dose of prospective ECG-gated coronary combined with carotid and cerebrovascular angiography and compare it with common coronary CTA and carotid-cerebrovascular CTA at a 256-slice spiral CT. **Methods** Fifty-seven patients were included in the study. The data was analyzed retrospectively and divided into 3 groups. Group 1 underwent coronary combined with carotid CTA ($n = 17$), which included a wide range of prospective ECG-gated coronary, carotid and cerebral vascular one-stop angiography. Group 2 underwent coronary CTA ($n = 20$), which was routine prospective ECG-gated coronary angiography. Group 3 underwent routine carotid and cerebrovascular CTA ($n = 20$). Mean CT image attenuation and image noise were measured in the ascending aorta root, proximal parts of the bilateral common carotid artery and vertebral artery, and in the internal carotid artery at sellae level in the axial plane. Coronary artery image quality was rated using a four-point ordinal scale and carotid cerebral vascular image quality was rated using a three-point ordinal scale. Radiation dose were

calculated. Mean CT image attenuation, image noise and radiation dose were compared among the 3 groups using *t* test. Using *Mann-Whitney U*, the coronary artery imaging quality was compared between group 1 and 2, and image quality of cerebral vessels was compared between group 1 and 3. **Results** Mean CT image attenuation [(427 ± 50) HU in group 1 and (426 ± 86) HU in group 2] and image noise of the ascending aorta root [(30 ± 9) HU in group 1 and (31 ± 9) HU in group 2] showed no statistical difference between group 1 and 2 (*t* = 0.058, -0.325, *P* > 0.05). There were no non-diagnosis coronary segments in group 1 and 2. And coronary segments with excellent or good image quality reached 98.1% (202/206) in group 1 and 99.6% (244/245) in group 2. It showed no significant difference between group 1 and 2 (*Z* = -0.572, *P* > 0.05). There were significant differences of mean CT image attenuation in the common carotid artery between group 1 [(474 ± 70) HU] and group 3 [(348 ± 81) HU], and in the vertebral artery between group 1 [(447 ± 83) HU] and group 3 [(328 ± 66) HU] (*t* = 5.043, 4.869, *P* < 0.05). However, there was no significant difference of mean CT image attenuation in the internal carotid artery [(370 ± 92) HU in group 1 and (367 ± 97) HU in group 3] (*t* = 0.111, *P* > 0.05). There was a significant difference of image quality scores of carotid and cerebrovascular arteries between group 1 and 3 (*Z* = -3.306, *P* < 0.05). Effective radiation dose of groups 1, 2, 3 were (7.0 ± 0.8), (3.1 ± 0.4) and (5.0 ± 0.3) mSv respectively. **Conclusion** The prospective ECG-gated coronary combined with carotid and cerebrovascular angiography is able to obtain diagnostic image quality of coronary, carotid and cerebral vascular at the 256-slice spiral CT. It is a simple, fast, noninvasive way to assess coronary and carotid cerebrovascular arteries, with advantages of less contrast medium and low radiation dose.

【Key words】 Tomography, X-ray computed; Coronary vessels; Cerebrovascular circulation

动脉粥样硬化是一种全身性疾病,冠状动脉、脑动脉等常同时发生,二者之间存在紧密联系,这些动脉疾病的早期检出对临床及时干预治疗具有十分重要的意义。已有学者利用血管超声、DSA 分析脑动脉及颈动脉粥样硬化性狭窄与冠状动脉狭窄的关系^[1]。近年来,随着 MSCT 的飞速发展,冠状动脉 CTA 和颈脑血管 CTA 以其简便、快捷、无创、准确的优点在临床应用中受到关注与信赖,并取得了很大的进展^[2-5]。256 层 CT 独特的大范围前瞻性心电门控成像技术在冠状动脉、肺动脉及主动脉联合成像中初步展示出了优势^[6],但利用 MSCT 心脑血管联合成像评价颈脑血管与冠状动脉粥样硬化关系国内外文献报道较少。因此,笔者旨在评价 256 层 CT 心脑血管联合成像的图像质量、辐射剂量,初步探讨 CT 心脑血管联合成像的临床应用价值。

资料与方法

一、病例资料

回顾性分析本院 2010 年 9 月至 12 月共 57 例患者资料。(1)同时行冠状动脉及颈脑血管 CTA (大范围前瞻性心电门控)检查者 17 例(组 1),为冠状动脉多支病变患者,临床要求行冠状动脉及脑动脉 CTA,男 14 例,女 3 例;年龄 36 ~ 72 岁,平均 53 岁;心率 46 ~ 70 次/min,平均(60 ± 6)次/min;(2)临床怀疑冠心病而行冠状动脉 CTA 检查(前瞻性心电门控)20 例(组 2),男 13 例,女 7 例;年龄 39 ~ 78 岁,平均 56 岁;心率 48 ~ 70 次/min,平均(58 ± 7)次/min;(3)临床怀疑颈血管或脑血管动脉

硬化行颈脑血管 CTA 检查 20 例(组 3),男 14 例,女 6 例,年龄 36 ~ 67 岁,平均 50 岁。患者排除标准:冠状动脉支架植入或冠状动脉搭桥、心律不齐、心率 > 70 次/min、颈动脉支架植入、脑血管介入治疗后及肥胖[体质量指数(BMI) > 30 kg/mm²]、碘对比剂应用禁忌者及屏气失败者。

二、CT 检查

所有检查均在 256 层 CT(Brilliance iCT, Philips Healthcare)完成。

1. 冠状动脉 CTA:仰卧双手上举位。扫描前按标准位置放置心电导联线,正常显示心率后行定位扫描。检查前 3 min 舌下含服 0.5 mg 硝酸甘油。检查范围包括整个心脏,从气管分叉下方至膈肌,扫描长度 112.4 ~ 173.4 mm,平均(133.0 ± 14.2)mm,扫描时间 3.7 ~ 6.3 s,平均(4.7 ± 0.9)s。采用双筒注射器,首先以 5 ml/s 的流率注射碘普胺(370 mg I/ml),注射总量 70 ml。然后,注射 50 ml 生理盐水。采用人工智能触发(触发阈值设置在 120 HU)。扫描延迟平均时间约 5 s。以 75% R-R 间期为重建期相。扫描参数:准直 96 ~ 128 层 × 0.625 mm,旋转时间 0.27 s/周;矩阵 512 × 512;重建算法 XCB。

2. 颈脑血管 CTA:仰卧双手自然放松位。扫描范围自主动脉弓至颅顶,扫描长度 309.6 ~ 400.8 mm,平均(340.8 ± 19.9)mm,扫描时间 4.8 ~ 10.7 s,平均(9.8 ± 1.2)s。对比剂为碘普胺(370 mg I/ml),按流率 5 ml/s、总量 65 ml 注射,最后追加 30 ml 生理盐水。触发阈值 150 HU,扫描延

迟平均时间约 3 s。扫描参数:准直 64 层 × 0.625 mm,旋转时间 0.4 s/周。矩阵 512 × 512。重建算法 BS。

3. 心脑血管 CTA:仰卧双手上举位(尽量不与颅脑在同一平面,双上臂尽量分开)。检查前准备同冠状动脉 CTA。检查范围从膈肌至颅脑(包括脑基底动脉环),扫描长度 387.1 ~ 461.6 mm,平均(455.0 ± 20.6) mm,扫描时间 12.9 ~ 18.6 s,平均(14.7 ± 1.7) s。对比剂为碘普胺(370 mg I/ml),按流率 5 ml/s、总量 90 ml 注射,追加 50 ml 生理盐水。扫描参数设置同冠状动脉 CTA。组 1、组 2 均为 120 kV,130 ~ 210 mAs;组 3 为 120 kV,250 mAs。所有检查者原始图像均传至 EBW 工作站(Brilliance iCT, Philips Healthcare, Cleveland, OH)进行后处理。图像后处理包括 VR、CPR、MIP 等。所有检查者均未服用任何降低心率的药物。

三、图像质量评价

1. 客观图像质量评价:测量轴面图像。(1)冠状动脉显影强度评价^[7]:测量升主动脉根部(左主干起源层面)CT 值(ROI 约 100 mm²);(2)颈脑血管显影强度评价^[8]:测量双侧颈总动脉起始部 CT 值(ROI 约 10 mm²)、颈内动脉(蝶鞍层面,ROI 约 2 mm²)、椎动脉起始部(ROI 约 2 mm²)CT 值,取双侧平均值做为颈脑血管显影强度。图像噪声值取图像 CT 值的标准差。

2. 主观评价:由 2 名有 3 ~ 5 年经验的放射科医师进行 CT 图像质量主观评估。(1)冠状动脉:冠状动脉分段采用美国心脏学会 15 段分段法。仅计算血管直径 > 1.5 mm 的冠状动脉节段。冠状动脉分段评估以 CPR 重组图像为准,采用 4 分法^[7]:1 分:优秀,无伪影;2 分:良好,轻微伪影;3 分:尚可,中度伪影,轻微血管中断;4 分:不能诊断,严重伪影,严重血管中断。1 ~ 3 分为可满足诊断的图像。(2)颈脑血管:3 分制半定量法^[9]:以 VR、MIP 为准。1 分:图像质量差,动脉显影差不能重建或严重伪影或血管中断;2 分:中等,动脉显影尚可,部分

血管有中等伪影或轻微血管中断;3 分:优良:动脉显影佳,无伪影或轻微伪影。2 分或以上为满足临床诊断需要图像。2 名医师有分歧时,一同重新阅片,达成一致。

四、辐射剂量

记录每例患者检查时的容积 CT 剂量指数(CTDIvol)、剂量长度乘积(DLP),并计算其有效剂量(ED),ED = DLP × k 系数(k 系数胸部为 0.0140、颅脑为 0.0021、颈部为 0.0059,多部位取其平均值)^[10]。

五、统计学分析

所有统计学分析均在 SPSS 10.0 软件上完成。CT 值、图像噪声组间比较均采用 *t* 检验,组 1 与组 2 冠状动脉图像质量比较、组 1 与组 3 颈脑血管图像质量比较均采用 *Mann-Whitney U* 检验。*P* < 0.05 为差异有统计学意义。

结 果

一、客观图像质量评估结果

组 1 升主动脉根部 CT 值及噪声与组 2 差异均无统计学意义;颈总动脉起始部、椎动脉起始部 CT 值组 1 与组 3 差异均有统计学意义;颈动脉颅底段 CT 值组 1 与组 3 差异无统计学意义;颈动脉起始部、颅底段及椎动脉起始部噪声组 1 与组 3 差异均有统计学意义,具体结果见表 1。

二、主观图像质量评估结果

组 1 病例均检查成功(图 1 ~ 4),可评估冠状动脉节段共 206 段,图像质量评分 1 分 69 段(33.5%) (图 4),2 分 133 段(64.6%),3 分 4 段(1.9%);颈脑血管图像质量评分 1 分 1 例,2 分 14 例,3 分 2 例(图 3)。组 2 可评估冠状动脉节段共 245 段,冠状动脉图像质量评分 1 分 86 段(35.1%) (图 5,6),2 分 158 段(64.5%),3 分 1 段(0.4%)。组 3 颈脑血管图像质量评分 2 分 7 例,3 分 13 例(图 7,8)。组 1 与组 2 冠状动脉图像质量评分比较差异无统计学意义(*Z* = -0.572, *P* > 0.05),组 1 与组 3 颈脑血管

表 1 心脑血管联合 CTA 与冠状动脉 CTA、颈脑血管 CTA 客观图像质量比较(HU, $\bar{x} \pm s$)

组别	例数	升主动脉根部		颈总动脉起始部		颈内动脉(蝶鞍层面)		椎动脉起始部	
		CT 值	噪声	CT 值	噪声	CT 值	噪声	CT 值	噪声
组 1	17	427 ± 50	30 ± 9	474 ± 70	44 ± 17	370 ± 92	18 ± 5	447 ± 83	57 ± 24
组 2	20	426 ± 86	31 ± 9	—	—	—	—	—	—
组 3	20	—	—	348 ± 81	27 ± 14	367 ± 97	11 ± 5	328 ± 66	24 ± 9
<i>t</i> 值		0.058	-0.325	5.043	3.298	0.111	4.056	4.869	5.807
<i>P</i> 值		>0.05	>0.05	<0.05	<0.05	>0.05	<0.05	<0.05	<0.05

注:组 1:心脑血管联合 CTA;组 2:冠状动脉 CTA;组 3:颈脑血管 CTA;—:无数据

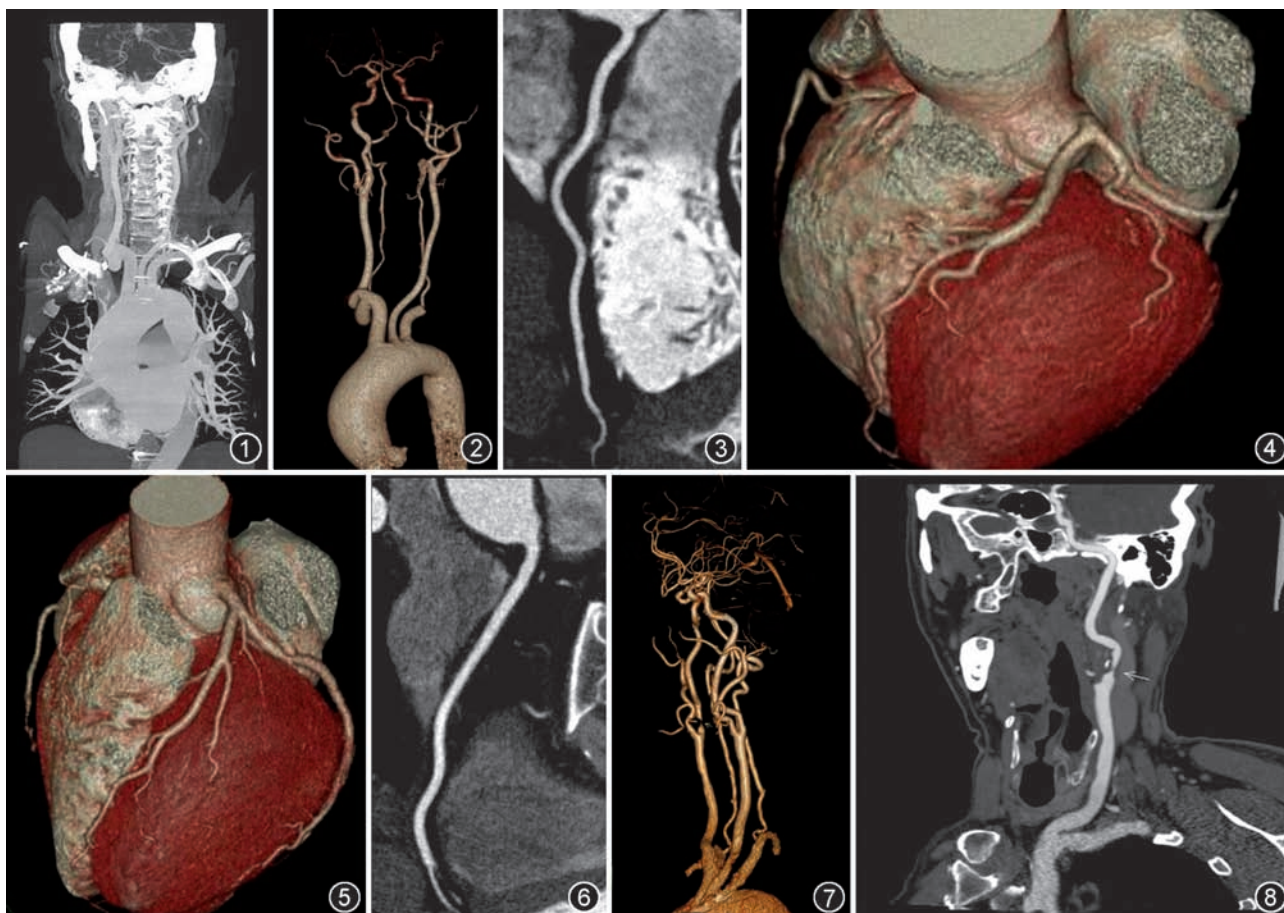


图 1~4 女,60 岁,同时行冠状动脉和颈脑血管 CTA。MIP 示心脑血管联合 CTA(图 1);VR 示颈血管及脑血管图像质量佳(图 2);右冠状动脉 CPR 图像,评分 1 分(图 3);心脏 VR 示冠状动脉图像质量佳(图 4) 图 5,6 男,39 岁,常规冠状动脉 CTA 检查。心脏 VR 示冠状动脉图像质量佳(图 5);右冠状动脉 CPR 图像,评分 1 分(图 6) 图 7,8 男,75 岁,冠心病患者,常规颈脑血管 CTA 检查。VR 示颈血管及脑血管图像质量佳(图 7),右侧颈内动脉 CPR 图像,右侧颈内动脉起始部显著狭窄(图 8)

图像质量评分比较差异有统计学意义 ($Z = -3.306, P < 0.05$)。

三、辐射剂量

3 组间辐射剂量比较见表 2。组 2 和组 3 的剂量总和较组 1 大。

表 2 3 组间辐射剂量比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	CTDI(mGy)	DLP(mGy·cm)	ED (mSv)
组 1	17	15.7 ± 1.8	699.7 ± 80.1	7.0 ± 0.8
组 2	20	16.7 ± 1.2	222.0 ± 25.2	3.1 ± 0.4
组 3	20	33.5 ± 0.3	1240.0 ± 68.6	5.0 ± 0.3

注:CTDI:容积 CT 剂量指数;DLP:剂量长度乘积;ED:有效剂量;其他注同表 1

讨 论

一、心脑血管联合 CTA 的理论依据

动脉粥样硬化是一种慢性、进行性、多发性血管硬化性疾病,冠状动脉、颈动脉粥样硬化狭窄与脑动脉粥样硬化或脑梗死存在着紧密的联系^[11-12],冠状

动脉狭窄严重者常规行脑血管造影或经颅多普勒超声检查,有利于早期发现冠心病患者是否存在脑动脉狭窄性病变;脑梗死患者行冠状动脉造影则有利于发现隐匿性冠心病患者,从而早期给予全面的干预治疗,这对提高患者生活质量、改善预后具有十分重要的意义。但以往心脑血管粥样硬化狭窄的研究多采用冠状动脉造影与颈动脉超声、经颅多普勒超声对比的方法,其诊断评估具有一定局限性,特异性、敏感性报道不一,冠状动脉造影则具有一定的创伤性,费用也比较昂贵。

近年来,多层螺旋 CT 发展迅猛,CTA 在冠状动脉、脑血管、颈血管评价中广泛应用,具有简便、重复性高、特性强、无创、费用相对低等优势。其中颈脑血管联合成像亦有不少文献报道^[5],在同时观察脑血管与颈血管病变时具有很好的临床价值。采用大范围回顾性心电门控螺旋扫描,同时行冠状动脉、肺动脉及胸主动脉联合成像也有报道^[6],主要用于评价胸痛三联症,辐射剂量较高^[18]。因此,笔者尝试

用其行冠状动脉、颈动脉及脑血管联合造影,旨在探讨一种全新的无创的客观的评价冠状动脉粥样硬化与颈脑血管粥样硬化关系的方法。

二、心脑血管联合 CTA 的优势与图像伪影分析

笔者通过对 256 层螺旋 CT 17 例冠状动脉、颈动脉及脑血管联合成像的图像质量分析,心脑血管联合成像可获得与常规冠状动脉 CTA 一样的图像质量,颈脑血管图像质量较常规颈脑联合血管 CTA 有所下降。心脑血管联合 CTA 的优势:(1)简便,一次扫描同时完成 3 个部位的 CT 血管成像,节省患者检查时间,避免重复检查;(2)无创;(3)节省对比剂用量,减少对对比剂对患者的危害;(4)辐射剂量相对低;(5)降低检查费用,减轻患者的经济负担;(6)多种重组方法简便、快捷,全方位可重复地、客观地评估冠状动脉、颈动脉、脑血管的斑块部位、性质、大小及血管狭窄程度,为临床早期干预、治疗提供更多、更详细、更准确的信息。

心脑血管联合 CTA 图像伪影的来源主要有以下几个方面:(1)主要因素是双上肢体位的影响:此为心脑血管联合 CTA 颈脑血管图像噪声较常规颈脑血管 CTA 有所增加的主要原因。常规冠状动脉 CTA,一般采用双上肢上举,而常规颈脑血管成像一般采用双上肢自然松垂位,从而避免图像伪影。心脑血管联合成像需要同时兼顾冠状动脉与颈脑血管,亦需考虑检查者体位的舒适。由于心脏是运动器官,其图像伪影受诸多因素影响,心律与心率波动最为明显,双上肢自然松垂位更易影响冠状动脉成像的成功率。笔者通过预实验,选择双手上举位,并使两肩、双上肢尽量分开,且尽量与颅脑不在同一水平,尽最大可能减少双上肢对颈脑血管图像产生的伪影^[14]。(2)对比剂团注效果的影响:前瞻性心电门控易受心律、心率波动影响,由于心脑血管联合成像扫描范围大,扫描时间相对较长,对比剂总剂量相对较大(本组 90 ml),在一定的速率下(5 ml/s),对比剂团注效果相对欠佳,早期右心系统会有较多的对比剂,影响右冠状动脉的观察;后期静脉显影会影响脑血管的观察。(3)合理的扫描参数:本组扫描参数的设置主要以冠状动脉 CT 成像为主,选择 120 kV、130~210 mAs,保证了冠状动脉的图像质量,患者接受的有效辐射剂量相对两次检查(冠状动脉 CTA 及颈脑血管 CTA)总的辐射剂量(8.1 mSv)更低,但过低的管电流选择会使颈部血管噪声增加。

三、本研究的不足与展望

笔者通过心脑血管联合 CTA 的尝试,初步展示出了其在临床应用中的优势与价值,但尚存在以下

不足:(1)缺乏对冠状动脉、颈脑血管疾病的诊断与评价;(2)有待进一步完善心脑血管联合 CTA 扫描方案,如双上肢伪影的良好解决途径、对比剂注射速率与总量的最佳剂量,扫描参数的优化等;(3)适用人群的选择:多部位联合血管成像需要建立相对合理的、科学的适用人群,如冠状动脉多支病变或脑梗死患者等^[15],有待更多的研究。总之,心脑血管联合 CT 成像具有简便、快捷、无创、对比剂使用少、辐射剂量低、客观和重复性强的优势,在系统评价动脉粥样硬化疾病如冠状动脉、颈动脉及脑血管粥样硬化的相互关系方面具有很大的优势和应用价值,是一种全新的具有潜力的检查方法,值得推广。

参 考 文 献

- [1] Wei JP, Li K, Zhao H, et al. The relationship between coronary atherosclerotic stenosis and cerebral atherosclerotic stenosis. *Zhonghua Xin Xue Guan Bing Za Zhi*, 2007, 35:889-892.
- [2] 袁旭春,王贤主,廖文凌,等. 前瞻性心电门控在 64 层 CT 冠状动脉成像的初步应用. *中华放射学杂志*, 2008, 42:1053-1055.
- [3] 吴国庚,王妍焱,周诚,等. 64 层螺旋 CT 超低剂量前门控轴面扫描在冠状动脉血管成像的应用. *中华放射学杂志*, 2009, 43:1255-1259.
- [4] 李建生,李康印,陈虎义,等. 螺旋 CT 脑血管成像技术及临床应用价值. *中华放射学杂志*, 2000, 34:485-487.
- [5] 钟井松,沈海林,丁乙,等. 头颈联合 64 层 CT 血管造影在 TIA 中的应用. *中国临床医学影像杂志*, 2010, 21:496-499.
- [6] Tariq A, Hameed Shawn D. Low radiation dose ECG-gated chest CT angiography on a 256-slice multidetector CT scanner. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2011, In press.
- [7] Shuman WP, Branch KR, May JM, et al. Prospective versus retrospective ECG gating for 64-detector CT of the coronary arteries; comparison of image quality and patient radiation dose. *Radiology*, 2008 248: 431-437.
- [8] Kim JJ, Dillon WP, Glastonbury CM, et al. Sixty-four-section multidetector CT angiography of carotid arteries; a systematic analysis of image quality and artifacts. *AJNR*, 2010, 31:91-99.
- [9] Saba L, Mallarini G. MDCTA of carotid plaque degree of stenosis: evaluation of interobserver agreement. *AJR*, 2008, 190:41-46.
- [10] McCollough C, Cody D, Edyvean S, et al. The measurement, reporting, and management of radiation dose in CT. College Park: Tech Rep 96 American Association of Physicists in Medicine, College Park, MD, USA (2008).
- [11] Amarenco P, Lavallée PC, Labreuche J, et al. Prevalence of coronary atherosclerosis in patients with cerebral infarction. *Stroke*, 2010, 42:22-29.
- [12] Bae HJ, Yoon BW, Kang DW, et al. Correlation of coronary and cerebral atherosclerosis; difference between extracranial and intracranial arteries. *Cerebrovasc Dis*, 2006, 21:112-119.
- [13] Johnson TR, Nikolaou K, Wintersperger BJ, et al. ECG-gated 64-MDCT angiography in the differential diagnosis of acute chest pain. *AJR*, 2007, 188:76-82.
- [14] 袁知东,刘远健,江国银,等. 双上肢均不能上举患者胸腹部 CT 扫描技术改进. *中华放射学杂志*, 2010, 44:198-201.
- [15] Uekita K, Funayama N, Nishiura T, et al. Prevalence of cervical and cerebral atherosclerosis and silent brain infarction in patients with multivessel coronary artery disease. *J Cardiol*, 2001, 38:13-20.

(收稿日期:2010-12-31)

(本文编辑:张琳琳)