

· 心血管影像学 ·

64 层螺旋 CT 胸痛三联排查扫描的新扫描协议设计与可行性研究:全主动脉、冠状动脉与肺动脉一站式成像

赵磊, 包丽丽, 王泽锋, 刘挨师

【摘要】 目的:评价 64 层螺旋 CT 改良胸痛三联排查(TRO)扫描(覆盖整个主动脉)的图像质量、辐射剂量及其临床价值。**方法:**连续选取 2013 年 1 月—2015 年 8 月行改良 TRO 扫描的 17 例患者作为实验组,另连续选取 2014 年 3 月—2015 年 8 月行常规 TRO 扫描的 37 例患者作为对照组,所有研究对象心率 ≤ 70 次/分。采用秩和检验与两独立样本 t 检验比较两组的图像质量、辐射剂量及对比剂剂量。**结果:**实验组与对照组冠状动脉评分分别为 (4.56 ± 0.66) 和 (4.62 ± 0.56) 分($Z = -0.558, P = 0.557$)。实验组与对照组主动脉根部 CT 值分别为 (385.88 ± 42.36) 和 (364.46 ± 40.62) HU ($t = 1.748, P = 0.091$),肺动脉根部 CT 值分别为 (354.29 ± 68.44) 和 (332.46 ± 49.97) HU ($t = 1.324, P = 0.191$)。实验组与对照组有效剂量分别为 (33.99 ± 9.07) 和 (24.39 ± 8.70) mSv ($t = 3.715, P = 0.000$);实验组与对照组对比剂剂量分别为 (145.76 ± 9.71) 和 (112.62 ± 15.11) mL ($t = 8.269, P = 0.000$)。**结论:**改良 TRO 对于低心率患者是可行且有效的,可以提高 64 层螺旋 CT 的适用范围,具有一定临床价值。

【关键词】 体层摄影术, X 线计算机; 主动脉疾病; 胸痛; 辐射剂量

【中图分类号】 R814.42; R543.1 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2016)11-1066-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2016.11.010

Design and feasibility study of a new protocol based on triple-rule-out technique for chest pain patients using 64-slice CT: one stop imaging for aorta, coronary artery and pulmonary artery ZHAO Lei, BAO Li-li, WANG Ze-feng, et al. Department of Radiology, the Affiliated Hospital of Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010050, China

【Abstract】 Objective: To evaluate the image quality, radiation dose and clinical value of upgraded Triple-rule-out (TRO) technique of computed tomographic angiography for chest pain patients using 64-slice spiral CT. **Methods:** The experimental group included 17 consecutive patients using upgraded TRO in the period from January 2013 to August 2015. The control group included 37 consecutive patients using conventional TRO in the period from March 2014 to August 2015. The image quality, radiation dose and contrast media dose of the two groups were compared using Mann-Whitney U-test and unpaired t -test. All subjects had the heart rate ≤ 70 bpm. **Results:** For coronary artery, the score of the experiment group and control group was 4.56 ± 0.66 and 4.62 ± 0.56 respectively ($Z = -0.558, P = 0.557$). The CT values in aortic root of the experimental group and control group was (385.88 ± 42.36) HU and (364.46 ± 40.62) HU respectively ($t = 1.748, P = 0.091$); in pulmonary artery trunk was (354.29 ± 68.44) and (332.46 ± 49.97) HU respectively, ($t = 1.324, P = 0.191$). The mean effective radiation dose was (33.99 ± 9.07) mSv for the experimental group and (24.39 ± 8.70) mSv for the control group ($t = 3.715, P = 0.000$). The contrast media dose was (145.76 ± 9.71) mL for the experimental group and (112.62 ± 15.11) mL for the control group, with statistical differences ($t = 8.269, P = 0.000$). **Conclusion:** The upgraded TRO CT angiography could offer assessable image quality for patients with low heart beat, which could improve the range of application for 64 slice CT and provide valuable clinical usage.

【Key words】 Tomography, X-ray computed; Aortic diseases; Chest pain; Radiation dosage

急性主动脉综合征(acute aortic syndrome, AAS)是一类需要紧急诊断和治疗的主动脉疾病,包括主动脉夹层(aortic dissection, AD)、主动脉壁间血肿、穿透性主动脉溃疡以及有破裂风险的不稳定主动脉瘤^[1]。而最为凶险的疾病为急性 AD,其临床表现缺乏特异性,胸痛和腹痛为常见症状,造成鉴别诊断的困难。由

于 AD 早期死亡率高,因此临床诊断需要快速、准确。胸痛三联排查扫描(triple-rule-out, TRO)具有准备简单、扫描快速的优点,并且能够获得有价值的信息,广泛应用于急性胸痛的诊断与鉴别诊断。由于 64 层螺旋 CT 的特性,目前 TRO 仅可进行胸部血管成像,腹部血管无法评价,因而对于 AAS 尤其是 AD 不能提供评价疾病预后与选择治疗方案的依据,尤其是无法满足血管内修复的方案选择与精准测量,而且短时间内需要加做全主动脉 CTA,显著降低了临床处理的安全性,具有一定局限性。本研究基于 64 层螺旋 CT TRO 扫描方案进行了一定改良,使得方案可以覆盖整个全

作者单位: 010050 呼和浩特,内蒙古医科大学附属医院影像诊断科(赵磊、王泽锋、刘挨师); 010059 呼和浩特,内蒙古医科大学基础医学院(包丽丽)

作者简介: 赵磊(1984—),男,内蒙古呼和浩特人,硕士研究生,主治医师,主要从事 CT 血管成像研究。

通讯作者: 刘挨师, E-mail: liuaishi@sina.com

基金项目: 内蒙古自治区卫生和计划生育委员会科研项目(201301050); 内蒙古医科大学青年创新基金项目(YKD2013QNCX024)

主动脉,同时评价其图像质量与辐射剂量,明确其临床价值。

材料与方法

1. 病例资料

连续选取 2013 年 1 月—2015 年 8 月的 17 例患者作为实验组,行改良胸痛三联排查扫描,另连续选取 2014 年 3 月—2015 年 8 月行常规胸痛三联排查的 37 例患者作为对照组。入选病例中位年龄 55 岁(38 ~ 76 岁),男 24 例,女 30 例,排除标准为肾功能不全、碘对比剂过敏、HR>70 bpm、心律不齐(HRv>5 bpm)及屏气不良。

2. 检查设备与方法

采用 GE Lightspeed VCT-XT 机,对比剂采用优维显(370 mg I/mL)。

改良 TRO:患者取仰卧位,首先拍摄定位片。其次测定肘静脉-主动脉循环时间,流率依据体质量采用 4.0~5.5 mL/s 注入 20 mL 对比剂及等量生理盐水。在降主动脉(主动脉粗隆水平)与肺动脉干设置兴趣区(ROD)测定循环时间,以主动脉峰值-肺动脉峰值之差作为肺-主动脉循环时间。同一序列扫描顺序:第一相-TRO,第二相-腹主动脉 CTA。据心率自动调整回顾门控 pitch 值 0.20~0.24,开启 ECG 管电流调制技术,35%~85%期相依据患者体质量指数(body mass index,BMI)选择管电流(400~600 mA),非诊断期相设定最低 mA 输出(设置 mA 量的 1/5)。机架转速 0.35 s/r,准直器宽度 0.625 mm×64 层,管电压 100~120 kV,重建层厚 0.625 mm,重建层间隔 0.625 mm,矩阵 512×512。扫描范围为膈下 2 cm 至肺尖。腹主动脉 CTA 扫描参数:机架转速 0.8 s/r,准直器宽度 0.625 mm×64 层,管电压 120 kV,管电流 400 mA,重建层厚 0.625 mm,重建层间隔 0.625 mm,矩阵 512×512。扫描范围为膈下至坐骨结节水平。依据患者体质量设定冠状动脉期相流率 4.0~5.5 mL/s,注射时间 14 s;肺动脉期相流率统一采用 3 mL/s,注射时间为肺-主动脉循环时间;腹主动脉期相流率统一采用 4 mL/s,注药时间 10 s。第一相扫描延迟时间为主动脉峰值时间+4 s;第一相注射时间为 16.5 s(<16.5 s 时加上额外延迟时间以达到 16.5 s)+第一相扫描时间。

常规 TRO:同改良 TRO 第一相扫描。

图像处理:扫描结束后以心脏为中心进行小视野靶重建。改良 TRO 全主动脉重建方法:第一相与第二相采集数据设置相同中心点与 DFOV 进行重建。所有重建数据均传入 AW4.4 工作站进行图像后处理,即对冠状动脉每支血管均挑选最佳期相进行曲面

重组,结合横轴面图像选出图像质量最佳者用于冠状动脉评分;对主动脉与肺动脉进行 VR、CPR 与 MPR 处理。

3. 辐射剂量与对比剂剂量评价

由计算机自动生成剂量长度乘积(dose length product,DLP)记录实验组与对照组辐射剂量。实验组另按相同扫描条件模拟由肺尖至坐骨结节范围的回顾性心电门控与非心电门控主动脉 CTA 的辐射剂量。有效剂量(effect dose,ED)为 DLP×k,其中 k 为剂量转换系数,本研究 k 取值 0.017^[2]。

记录实验组与对照组对比剂剂量。

4. 图像质量评分

冠状动脉评价:按照美国心脏协会(American Heart Association,AHA)的冠状动脉 15 段分段法进行评价。冠状动脉图像质量分级采用 1~5 级评分法:分别为 5 分(无运动伪影,对比剂充盈良好),4 分(有轻度运动伪影或对比剂充盈尚可),3 分(较多运动伪影、对比剂充盈欠佳但不影响管腔评价),2 分(运动伪影严重或对比剂充盈不良影响管腔评价),1 分(明显运动伪影或对比剂无充盈致管腔无法评价)。由两位从事胸部 CTA 诊断 6 年的放射医师对全部患者的冠脉节段进行评价及对比,不一致时协商后取得一致。

胸主动脉、肺动脉、腹主动脉评价:在主动脉、肺动脉根部、腹主动脉主要分支(腹腔干、肠系膜上动脉、右肾动脉、左肾动脉、肠系膜下动脉)开口、腹主动脉分叉部层面设置 ROI 测量 CT 值。

5. 统计学分析

采用 SPSS 18.0 软件包进行统计学分析,所有计量资料以均数±标准差表示。对于服从正态分布的计量资料采用两独立样本 t 检验,对于不服从正态分布的计量资料采用两独立样本秩和检验。多个样本均数比较采用方差分析,两两比较采用 LSD 法。计数资料采用 χ^2 检验。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

结 果

1. 患者基线资料

将对照组与实验组的基本资料进行对比,对照组的年龄较实验组大,实验组的扫描长度明显高于对照组,差异均有统计学意义($P=0.035,0.000$,表 1)。

表 1 患者基线资料

基本资料	实验组	对照组	t 值	P 值
例数	17	37		
年龄(岁)	50.53±8.48	55.86±8.37	-2.166	0.035
性别(男/女)	6/11	18/19	0.841*	0.359
曝光心率(次/分)	63.82±6.20	62.51±7.03	0.659	0.513
曝光心率变异(次/分)	1.76±1.15	1.68±0.82	0.326	0.746
BMI(kg/m ²)	27.64±2.74	26.85±2.57	1.005	0.323
扫描长度(cm)	54.56±2.36	19.65±1.17	57.882	0.000

注: * 为 χ^2 值。

2. 实验组与对照组图像质量比较

实验组共显示冠状动脉节段 220 根,对照组共显示冠状动脉节段 496 根。实验组与对照组冠脉评分分别为 (4.56 ± 0.66) 和 (4.62 ± 0.56) 分,差异无统计学意义($Z = -0.558, P = 0.557$);实验组与对照组主动脉根部 CT 值分别为 (385.88 ± 42.36) 和 (364.46 ± 40.62) HU,差异无统计学意义($t = 1.748, P = 0.091$);实验组与对照组肺动脉根部 CT 值分别为 (354.29 ± 68.44) 和 (332.46 ± 49.97) HU,差异无统计学意义($t = 1.324, P = 0.191$,图 1)。

3. 辐射剂量与对比剂剂量比较

实验组与对照组有效剂量分别为 (33.99 ± 9.07) 和 (24.39 ± 8.70) mSv,差异有统计学意义($t = 3.715, P = 0.000$)。改良 TRO 辐射剂量与门控、非门控 CTA 有效剂量分别为 (33.99 ± 9.07) 、 (79.16 ± 16.45) 和 (24.42 ± 5.29) mSv,差异有统计学意义($F = 114.506, P = 0.000$)。改良 TRO 辐射剂量低于门控 CTA 但高于非门控 CTA($P = 0.000, 0.017$);门控 CTA 高于非门控 CTA($P = 0.003$,图 2)。实验组与对照组对比剂剂量分别为 (145.76 ± 9.71) 和 (112.62 ± 15.11) mL, $t = 8.269, P = 0.000$ 。

4. 腹主动脉测量层面 CT 值

腹主动脉测量层面 CT 值为 (323.64 ± 46.21) HU(范围 198~443 HU)。CT 值 <200 HU 者 1 层, $200 \text{ HU} \leq \text{CT 值} < 250 \text{ HU}$ 者 8 层, $250 \text{ HU} \leq \text{CT 值} < 300 \text{ HU}$ 者 15 层, $300 \text{ HU} \leq \text{CT 值} < 350 \text{ HU}$ 者 53 层, $350 \text{ HU} \leq \text{CT 值} < 400 \text{ HU}$ 者 19 层, $400 \text{ HU} \leq \text{CT 值} < 450 \text{ HU}$ 者 6 层(图 3)。腹主动脉主要分支(腹腔干、肠系膜上动脉、右肾动脉、左肾动脉、肠系膜下动脉)开口、分叉部层面 CT 值分别为 (316.06 ± 54.43) 、 (315.94 ± 48.57) 、 (321.71 ± 47.51) 、 (327.64 ± 43.43) 、 (329.82 ± 42.59) 及 (330.65 ± 44.02) HU(图 4~5)。

讨论

急性 AD 有两种解剖分类方法,分别为 De Bakey 和 Stanford 分型。常用的是 Stanford 分型,它可以直接作为后继治疗方向的依据^[3]。Stanford 分型分 A、B 两型。A 型是指累及升主动脉(接近头臂干动脉起始),包括或不包括主动脉弓和降主动脉(以左锁骨下动脉起始为界)^[4]。A 型会导致严重并发症,早期死亡率极高,需要及时诊断与外科手术干预。B 型的定义为不累及升主动脉,但会累及降主动脉,在没有恰当治疗干预的前提下,B 型夹层的早期死亡率也较高^[4-5],并且 B 型夹层也有进展为 A 型夹层的可能性。

血管内修复可以有效应用于 A、B 两型,其主要目的为封闭假腔破口,使得假腔血栓形成、退化。通过主动脉分支支架置入可以改善终末器官的缺血灌注情况,同时进行主动脉开窗术可以缓解假腔对真腔的压迫^[1]。MDCT 在指导血管内修复方案选择与具体参数测量中具有重要价值^[3]。目前急性胸痛患者均可以通过 TRO 获得诊断与鉴别诊断,但由于 64 层螺旋 CT 的硬件限制,行 TRO 只能兼顾胸主动脉、冠状动脉及肺动脉,无法评价腹主动脉、双侧髂总动脉的累及情况及主要腹腔脏器的血流灌注情况,不能为临床处理如血管内修复等提供更多的信息,因此在累及腹主动脉的急性 AD(如 Debakey I、III B 型)中价值有限^[6-7]。本研究通过对 TRO 方案进行改良,可以在尽量控制辐射剂量与对比剂剂量的情况下获得可评估的影像(主、客观图像质量均无差异, $P > 0.05$),并且通过扫描序列与图像重建技术的优化额外形成全主动脉一体化的容积数据,以便于后续临床干预的精准评价与测量。

MDCT 血管造影术诊断急性 AD 的敏感度和特异度接近 100%^[8],而心血管系统的同步搏动在非心电图门控 MDCT 血管造影术中容易造成假阳性结果。

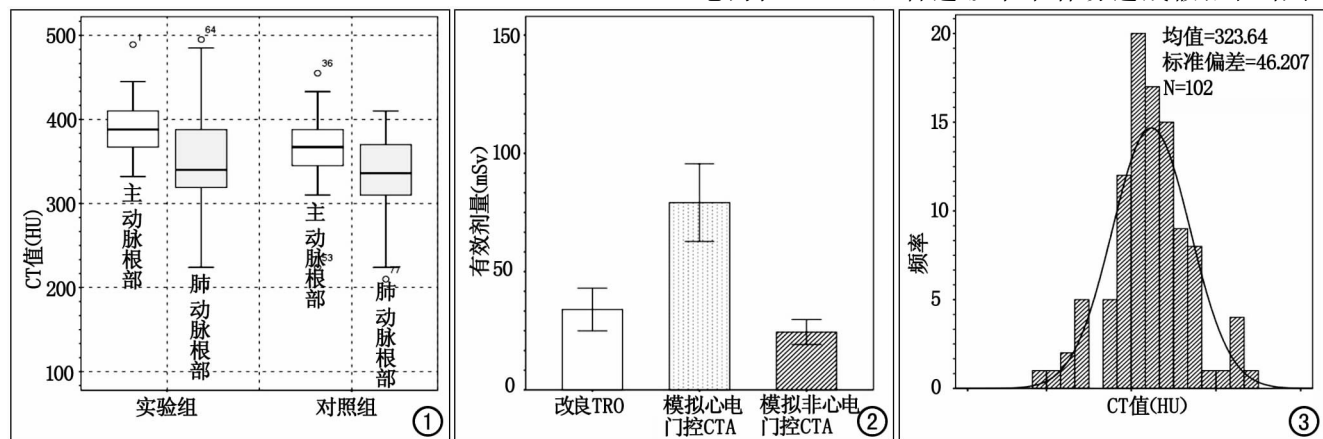


图 1 实验组与对照组主、肺动脉根部 CT 值箱式图。图 2 改良 TRO、门控与非门控 CTA 辐射剂量条形图。图 3 改良 TRO 腹主动脉测量层面 CT 值直方图。

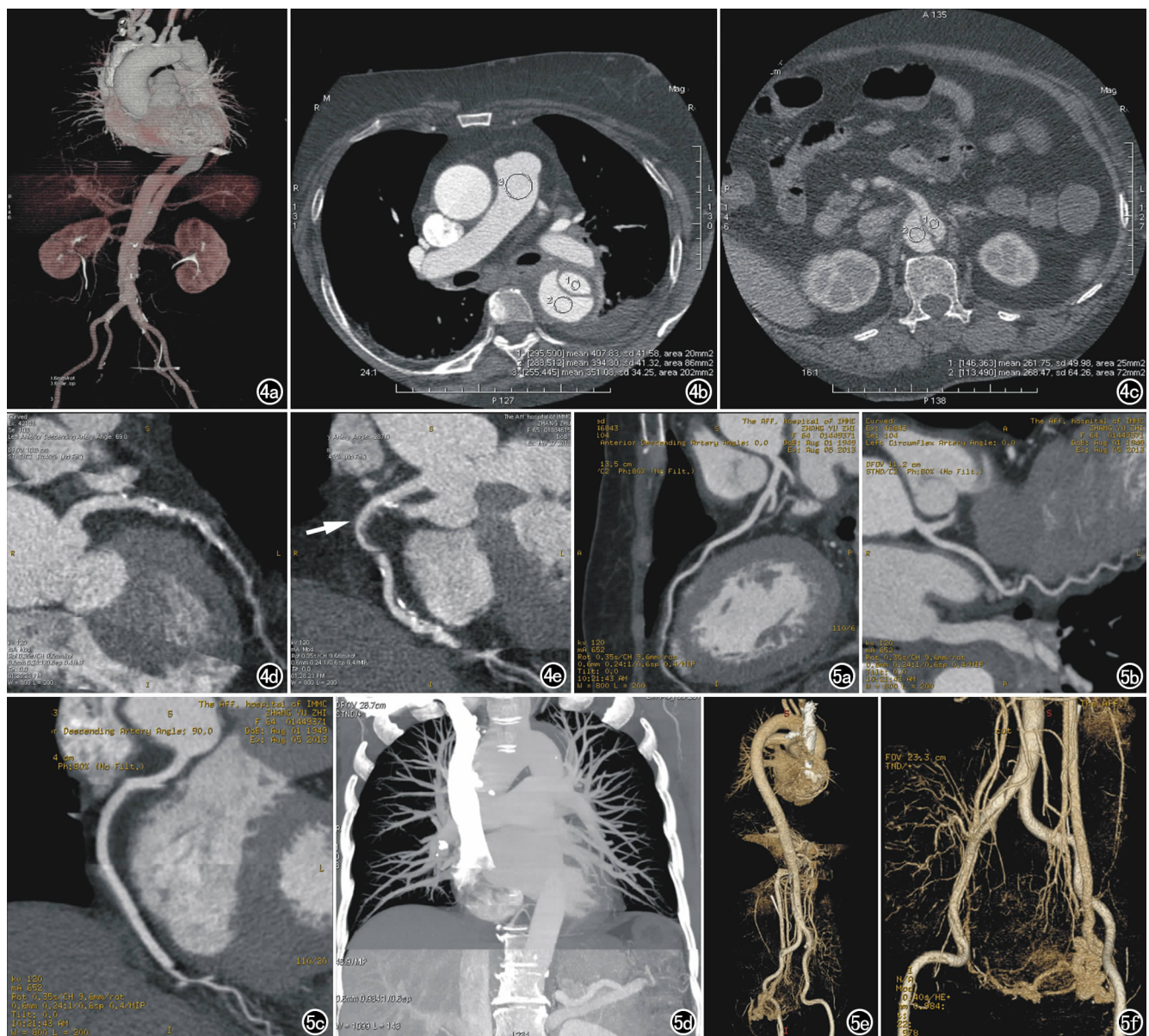


图 4 女, 65 岁, 因急性胸痛入院, 行改良 TRO 扫描。a) De Bakey III B 型 AD 的 VR 图; b) 降主动脉胸段真假腔与肺动脉 CT 强化值(真腔、假腔和肺动脉 CT 值分别为 407, 394 和 351HU); c) 腹主动脉真假腔 CT 强化值(真腔 261HU, 假腔 268HU); d) 前降支近中段轻度狭窄; e) 右冠状动脉近段一处狭窄约 57%(箭)。图 5 男, 40 岁, De Bakey III B 型夹层保守治疗后, 改良 TRO 扫描。a) 前降支 CPR 图像; b) 回旋支 CPR 图像; c) 右冠状动脉 CPR 图像; d) 肺动脉 MIP 图像; e) 全主动脉、肺动脉、心脏 VR 图; f) 腹主动脉及左侧髂总动脉、髂外动脉游离内膜片显示清晰。

心电门控 MDCT 血管造影术同非门控 CT 扫描相比可以显著降低升主动脉的搏动伪影^[9], 改善升主动脉、主动脉弓、主动脉窦和冠状动脉的图像质量^[10], 并且还可以改善观察内膜初始撕裂的位置、内膜片摆动的范围、累及主动脉分支情况, 本研究实验组与对照组冠状动脉图像质量差异无统计学意义($Z = -0.558, P = 0.557$), 并且腹主动脉 CT 值 < 250 HU 者占 8.82% (9/102), 说明本方案的图像质量满足临床评价。心电门控可以有效提高时间分辨率, 然而大范围扫描会显著增加辐射剂量与扫描时间^[1,9]。本研究与实验组相同扫描条件的心电门控 CTA 模拟剂量达到了

79 mSv, 而本研究采用的扫描方案辐射剂量仅为 33 mSv, 同时对比剂用量增加有限(约 30%)。目前双源 CT 采用的心电门控大螺距螺旋扫描技术由于时间分辨率高, 运动伪影极少, 辐射剂量显著降低^[11-13]。李宇等^[14]采用 320 排 CT 行全主动脉及冠状动脉扫描, 由于 Z 轴覆盖范围较大(16 cm), 显著提高了横轴面扫描长度、降低步进移床次数, 因此患者辐射剂量与对比剂剂量可以控制在合理的范围。鉴于扫描模式的特殊性, 胸痛三联排查扫描需要依照具体的 CT 扫描装置实施扫描计划, 本研究基于 64 层螺旋 CT 进行扫描方案与注射方案设计可以提高该扫描装置的适用范围。

局限性:①虽然该研究为可行性研究,但样本量仍然过少,尤其是实验组样本量过少,这将影响统计推断的准确性;②本研究辐射剂量与对比剂剂量稍高,平均有效剂量约 34 mSv,是常规 TRO 的 1.4 倍,是非心电门控 CTA 的 1.3 倍;对比剂剂量为 146 mL,是常规 TRO 的 1.3 倍。但是改良 TRO 具有诊断与评价疾病的双重优势,相比发现 AD 后进一步加扫全主动脉 CTA,可以提高安全性,降低医疗成本支出。辐射剂量与对比剂剂量稍大的原因还可能是入选患者 BMI 稍大(平均约 27 kg/m²)。总体来讲,改良 TRO 提高了群体辐射剂量与对比剂剂量,本研究仅是新技术的可行性研究,目前暂不推荐常规胸痛三联排查+腹主动脉 CTA 一体化扫描,但是笔者认为临床倾向 AAS 的急性胸痛可以采用。另一方面,本研究的难点在于第一相与第二相扫描和注射的衔接需要合理设计,基于此,第一相与第二相可以间隔(延迟)较长时间(如>1 min),当第一相(TRO)原始图像重建并观察完毕后决定是否保留第二相(腹主动脉 CTA),兼顾了有效与安全。③本研究较为谨慎,未采用"双低"(低辐射剂量与低对比剂剂量)措施,主要是考虑到本方案的一些不确定性,避免对图像质量造成影响,在后续的研究中将采用"双低"措施并提高样本量。

总之,本研究证明了改良 TRO 的可行性与有效性,可以提高 64 层螺旋 CT 的适用范围,具有一定临床价值。

参考文献:

- [1] Chiu KW, Lakshminarayan R, Ettles DF. Acute aortic syndrome: CT findings[J]. Clin Radiol, 2013, 68(7): 741-748.
- [2] European Commission. Guidelines on Radiation Dose to the Patient[R]//European guidelines on quality criteria for computed tomography. Luxembourg: Office for Official Publication of the European Communities, 2000. <http://www.drs.dk/guidelines/ct/quality/index.htm>.
- [3] James Thomas Patrick Decourey Hallinan, Gopinathan Anil. Multi-detector computed tomography in the diagnosis and management of acute aortic syndromes[J]. World J Radiol, 2014, 6(6): 355-365.
- [4] Nienaber CA, Powell JT. Management of acute aortic syndromes[J]. Eur Heart J, 2012, 33(1): 26-35.
- [5] Hagan PG, Nienaber CA, Isselbacher EM, et al. The international registry of acute aortic dissection (IRAD): new insights into an old disease[J]. JAMA, 2000, 283(5): 897-903.
- [6] 曹建新, 王一民, 杨诚, 等. 双源 CT 在急性胸痛诊断和鉴别诊断中的临床价值[J]. 放射学实践, 2010, 25(12): 1358-1362.
- [7] Litmanovitch D, Zamboni GA, Hauser TH, et al. ECG-gated chest CT angiography with 64-MDCT and tri-phasic IV contrast administration regimen in patients with acute non-specific chest pain[J]. Eur Radiol, 2008, 18(2): 308-311.
- [8] Shiga T, Wajima Z, Apfel CC, et al. Diagnostic accuracy of transesophageal echocardiography, helical computed tomography, and magnetic resonance imaging for suspected thoracic aortic dissection: systematic review and meta-analysis[J]. Arch Intern Med, 2006, 166(13): 1350-1356.
- [9] Fleischmann D, Mitchell RS, Miller DC. Acute aortic syndromes: new insights from electrocardiographically gated computed tomography[J]. Semin Thorac Cardiovasc Surg, 2008, 20(4): 340-347.
- [10] Chin AS, Fleischmann D. State-of-the-art computed tomography angiography of acute aortic syndrome[J]. Semin Ultrasound CT MR, 2012, 33(3): 222-234.
- [11] Apfaltrer P, Hanna EL, Schoepf UJ, et al. Radiation dose and image quality at high-pitch CT angiography of the aorta: intraindividual and interindividual comparisons with conventional CT angiography[J]. AJR, 2012, 199(6): 1402-1409.
- [12] Bolen MA, Popovic ZB, Tandon N, et al. Image quality, contrast enhancement, and radiation dose of ECG-triggered high-pitch CT versus non-ECG-triggered standard-pitch CT of the thoracoabdominal aorta[J]. AJR, 2012, 198(4): 931-938.
- [13] Robert G, Stephan B, Gudrun F, et al. High-pitch dual-source CT angiography of the thoracic and abdominal aorta: is simultaneous coronary artery assessment possible[J]. AJR, 2010, 194(4): 938-944.
- [14] 李宇, 范占明, 俞婧, 等. 前瞻性心电门控 320 排容积 CT 对全主动脉和冠状动脉的一站式成像[J]. 中国医学影像技术, 2010, 26(10): 1869-1872.

(收稿日期: 2015-12-14)