

· 论 著 ·

基于身体质量指数优化管电流降低 256 层螺旋 CT 的冠状动脉成像辐射剂量的研究

雷 勇¹, 陈自谦², 付丽媛³, 钱根年³

[摘要] **目的** 探讨基于身体质量指数(BMI)优化管电流在 256 层螺旋极速 CT 冠状动脉检查降低辐射剂量中的可行性与应用价值,即常规回顾性心电门控技术与基于 BMI 优化管电流回顾性心电门控技术的对比研究。**方法** 按拟定的标准将 120 例病例纳入本研究,随机分为 A、B 两组,每组 60 例。A 组:常规回顾性心电门控组(对照组);B 组:基于 BMI 优化管电流回顾性心电门控组(实验组)。记录每例患者的性别、年龄、体重、身高、BMI、平均心率及扫描长度,测量并计算出原始轴位冠状动脉增强图像的图像噪声、信号噪声比和对比噪声比,同时进行图像质量评价,并计算出有效辐射剂量。然后对客观与主观图像质量评估指标及有效辐射剂量进行统计学分析。**结果** ①A、B 两组患者的图像噪声分别为:30.48 ± 5.60、32.08 ± 3.56,组间比较无显著差异($P > 0.05$)。A、B 两组患者的图像信噪比分别为:15.42 ± 3.73、14.47 ± 2.72,组间比较无显著差异($P > 0.05$)。A、B 两组患者的图像对比噪声比分别为:13.29 ± 3.52、12.40 ± 2.60,组间比较无显著差异($P > 0.05$)。A、B 两组患者的图像总评分分别为:(3.63 ± 0.41)分、(3.58 ± 0.44)分,组间比较无显著差异($P > 0.05$)。②A、B 两组患者的有效辐射剂量分别为:(14.34 ± 0.92)mSv、(7.16 ± 1.40)mSv,组间比较有显著差异($P < 0.05$)。**结论** 基于 BMI 优化管电流回顾性心电门控与常规回顾性心电门控技术相比,前者在满足诊断要求的图像质量的同时,可有效地降低辐射剂量。

[关键词] 256 层螺旋 CT;冠状动脉成像;回顾性心电门控技术;身体质量指数;优化管电流;图像质量;辐射剂量

[中图分类号] R816.2;R541.4 **[文献标志码]** A doi:10.3969/j.issn.1672-271X.2014.01.001

The study of optimization of tube current based on BMI to reduce 256-slice CT coronary angiography radiation dose

LEI Yong¹, CHEN Zi-qian², FU Li-yuan³, QIAN Gen-nian³. 1. Department of Medical Affairs, Fuzhou General Hospital of Nanjing Military Command, Fuzhou, Fujian 350025, China; 2. Medical Image Center, Clinical Medical College of Fuzhou General Hospital, The Second Military Medical University, Fuzhou, Fujian 350025, China; 3. Medical Image Center, Fuzhou General Hospital of Nanjing Military Command, Fuzhou, Fujian 350025, China

[Abstract] **Objective** To investigate the feasibility and application value of optimization of tube current based on BMI to reduce 256-slice CT coronary angiography radiation dose. **Methods** According to the exclusion criteria, 120 cases were included in the study and divided into two groups randomly. Group A: conventional retrospective ECG-gating group (control group), group B: BMI-based optimization of tube current retrospective ECG-gating group (experiment group). Record the gender, age, weight, height, BMI, average heart rate and scanning length of each patient, and measurement background noise (BN), signal noise ratio (SNR) and contrast noise ratio (CNR) in axial original coronary artery enhancement image, assessment of the image quality of coronary artery subjectively, and calculated effective dose (ED). Then the basic information, the objective and subjective image quality assessment index and ED of the patients in the two groups were analyzed statistically. **Results** ① The BN of image in A and B groups were 30.48 ± 5.60 and 32.08 ± 3.56, no significant differences between the two groups ($P > 0.05$). The SNR of image in A and B groups were 15.42 ± 3.73 and 14.47 ± 2.72, no significant differences between the two groups ($P > 0.05$). The CNR of image in A and B groups were 13.29 ± 3.52 and 12.40 ± 2.60, no significant differences between the two groups ($P > 0.05$). The total score of image in A and B groups were 3.63 ± 0.41 and 3.58 ± 0.44, no significant differences between the two groups ($P > 0.05$). ② The ED of patients in A and B groups were (14.34 ± 0.92)mSv and (7.16 ± 1.40)mSv, significant differences between the two groups ($P < 0.05$). **Conclusion** Compared conventional retrospective ECG-gating CT coronary angiography with BMI-based optimization of tube current retrospective ECG-gating CT coronary angiography, the BMI-based optimization of tube current retrospective ECG-gating CT coronary angiography can reduce radiation dose effectively in the case of holding quality of diagnostic image.

[Key words] 256-slice spiral computed tomography; coronary angiography; retrospective ECG-gating technique; BMI; optimization of tube current; image quality; radiation dose

基金项目: 国家自然科学基金(81271607)

作者单位: 1. 350025 福建福州, 南京军区福州总医院医务部; 2. 350025 福建福州, 第二军医大学福州总院临床医学院医学影像中心; 3. 350025 福建福州, 南京军区福州总医院医学影像中心

通讯作者: 陈自谦, E-mail: chenziqianfz@sina.com

随着多层螺旋极速 CT(MSCT)技术的快速发展与进步,MSCT 冠状动脉成像已成为临床筛查及评价冠状动脉病变的重要手段。为保证图像的分辨率,冠状动脉成像主要采用常规回顾性心电门控扫描技术,它是采用螺旋扫描方式,扫描时 X 线球管连续曝光,且螺距很小,高度重叠扫描,患者接受的辐射剂量较高。而随着放射卫生学的发展和公共自我保护意识的增强,CT 冠状动脉成像较高的辐射剂量也越来越受到广泛关注。近年来,多种低剂量扫描技术开始应用于 MSCT 冠状动脉成像(coronary CT angiography, CCTA)^[1-7],目前研究较多的是前瞻性心电门控扫描技术,国内外大量文献报道^[8-11],前瞻性心电门控较回顾性心电门控扫描技术可降低约 50%~80% 的辐射剂量,它是有效降低辐射剂量的方法之一。但是对于屏气欠佳、高心率、心律不齐、支架植入术后及冠状动脉搭桥术后等患者,在应用前瞻性心电门控检查技术时受到限制^[12],这就需要选择回顾性心电门控检查技术,但其常规扫描要求辐射剂量高。如何根据辐射防护最优化原则(as low as reasonably achievable, ALARA),寻找既能满足诊断又能降低辐射剂量,最大程度地控制回顾性心电门控冠状动脉成像辐射剂量同时又延长 CT 球管使用时间的 CT 扫描方法,具有较高的社会价值和经济价值。本研究旨在探讨基于体质量指数(body mass index, BMI)对管电流进行优化,在降低 256 层螺旋 CT 冠状动脉成像辐射剂量中的可行性与临床应用价值,即常规回顾性心电门控技术与基于 BMI 优化管电流回顾性心电门控技术的对比研究,以期对个性化制定 CT 冠状动脉成像扫描方案提供参考和建议。

1 资料与方法

1.1 一般资料 2012 年 5-12 月在福州总医院医学影像中心进行 CCTA 检查的患者 120 例,按均衡性原则分为两组:常规回顾性心电门控组(A 组,对照组)和基于 BMI 优化管电流回顾性心电门控组(B 组,实验组)。A 组 60 例,其中男 31 例,女 29 例,年龄 29~86(54.95±12.44)岁, BMI 23.92±2.29,扫描长度(128.11±9.52)mm,心率(72.55±12.99)次/min。B 组 60 例,其中男 42 例,女 18 例,年龄 19 岁~82(54.63±11.86)岁, BMI 24.67±2.11,扫描长度(126.38±11.45)mm,心率(68.53±11.31)次/min。排除标准:怀孕、碘对比剂过敏或有碘剂过敏史、硝酸甘油禁忌证、临床生命体征不稳定(如急性心梗、失代偿心衰等)、肾功能不全($\text{Cr} \geq 1.5 \text{ mg/}$

dl)和对比剂肾病、心律不齐、冠状动脉支架置入或搭桥术后、屏气失败者及肥胖者($\text{BMI} > 30$)。

1.2 仪器设备 使用 256 层螺旋极速 CT(PHILIPS Brilliance iCT, 荷兰飞利浦公司),最快旋转速度 0.27s/圈,时间分辨率 34 ms。采用双筒高压注射器(Ulrich, XD 2001, 德国欧利奇公司)。

1.3 扫描参数设定 A 组:管电压 120 kV,管电流 800 mAs~900 mAs。球管旋转时间 0.27 s,螺距 0.16,准直 128×0.625, FOV 250 mm,矩阵 512×512,重建参数 XCB,层厚 0.9 mm,层间距 0.45 mm。B 组:管电压 120 kV,管电流基于不同的 BMI 优化设定为: BMI≤20, 200 mAs; 21≤BMI≤22, 250~300 mAs; 23≤BMI≤24, 350~400 mAs; 25≤BMI≤26, 450~500 mAs; 27≤BMI≤28, 550~600 mAs; 29≤BMI<30, 650~800 mAs。其他扫描参数同 A 组。

1.4 检查方法 患者准备:①告知患者整个检查过程,以缓解部分患者紧张情绪。②严格屏气训练,扫描时要求患者采用平静呼吸下屏气,部分患者不能自主屏气,采用捏鼻法。③扫描前 3 min,给予 0.5 mg 硝酸甘油舌下含服,所有患者均未服用降低心率的药物。扫描方法:①患者采用仰卧位,脚先进,按标准位置连接心电信号监测仪,连接静脉通道,并预注射 20 ml 生理盐水,观察静脉通道是否通畅。②先行胸部正侧位定位像扫描,再通过钙化评分扫描,确定心脏靶扫描区域,扫描范围上下界取气管分叉下方 1 cm 至心膈面下方 2 cm,左右界取左右心外侧缘 2~3 cm,前后界取前胸壁至胸椎前缘。③冠状动脉增强靶扫描:采用双筒高压注射器,18 G 套管针一般置于右肘正中静脉,注射非离子型碘对比剂碘普罗胺(Iopromide, 370 mgI/ml, 拜耳医药)60~90 ml(体重≤65 kg 按 1.2 ml/kg, 65 kg<体重≤70 kg 按 1.1 ml/kg, 体重>70 kg 按 1.0 ml/kg, 总量不超过 90 ml),注射速率 6 ml/s,注射完毕后以等速注入生理盐水 40 ml。监测层面设定为气管分叉下方 1 cm 水平,感兴趣区(region of interest, ROI)为降主动脉,采用对比剂团注追踪法(bolus tracking, BT)监测降主动脉对比剂 CT 值;A、B 两组均采用回顾性心电门控扫描模式,触发扫描阈值为 150 Hu,延迟时间为 5~6 s,扫描时同步监测心电信号并记录心电图和心率,整个扫描过程约为 4~7 s。

1.5 图像后处理技术 扫描结束后先观察和比较原始轴位图像,选择最清晰的扫描时相,将采集的原始数据传送到 EBW4.52 工作站,使用智能化心脏软件进行图像分析。CCTA 最主要的图像后处理方法包括:容积再现(volume rendering, VR)、曲面重组

(curved planar reformation, CPR)、最大密度投影(maximum intensity projection, MIP)、多平面重组(multiple planar reformation, MPR)。结合以上几种重建方法来多平面、多角度地显示冠状动脉各血管分支、分段及其病变。

1.6 图像质量评估

1.6.1 客观图像质量评估采用信号噪声比(signal noise ratio, SNR)和对比度噪声比(contrast noise ratio, CNR)进行评估。信号强度(signal intensity, SI)用测量原始冠状动脉增强图像的 CT 值表示, ROI 选择尽量大一些,但要避开血管壁和冠状动脉硬化斑块。在冠状动脉原始轴位图像上,分别测量左主干开口水平的升主动脉根部(SI1)、右冠状动脉近段(SI2)及左主干(SI3)的 CT 值,然后计算三者强化的平均值(SI4),同时测量胸大肌的 CT 值(SI5)(图 1)。图像噪声(background noise, BN)用测量升主动脉根部 CT 值的标准差(SD)来表示,其 ROI 大小约为 1 cm。根据拟定的公式: $SI4 = (SI1 + SI2 + SI3) / 3$, $SNR = SI4 / BN$, $CNR = (SI4 - SI5) / BN$, 计算出客观评估指标 SNR 和 CNR。

1.6.2 主观图像质量评估根据美国心脏学会(AHA)分类标准,将冠状动脉分为 16 段。右冠状动脉近段(RCAp)、中段(RCAm)、远段(RCA d)、右室后降支(PDA, 4a)和(或)左室后支(PLA, 4b)为 1~4 段;左主干(LM)为 5 段;左前降支近段(LADp)、中段(LADm)、远段(LADd)、第一对角支(D1)、第二对角支(D2)为 6~10 段;回旋支近段(LCXp)、第一钝缘支(OM1)、回旋支中(LCXm)、第二钝缘支(OM2)、回旋支远段(LCXd)和中间支(intermediate)为 11~16 段^[13]。由 2 名有经验的影像诊断医师和 1 名研究生以双盲法对图像进行评分,仅评估 RCA、LM、LAD 及 LCX,共 10 个主支节段,并记录每位患者 10 个节段的最终分值。根据文献^[14]采用 4 分制半定量对冠状动脉节段进行评分,标准如下:4 分(优秀),血管连续,管壁光滑锐利、无伪

影;3 分(良好),血管连续,管壁轻度模糊伪影;2 分(中等),血管连续,管壁中度运动伪影,但不影响诊断;1 分(差),血管严重运动伪影,管腔出现错层、中断,血管不连续或显示不清等情况或其中之一,不能进行评估。其中 ≥ 2 分为可评估节段。

1.7 辐射剂量评估记录每位患者检查时由计算机自动生成的容积 CT 剂量指数(computed tomography dose index volume, CTDIVOL, 单位 mGy)、剂量长度乘积(dose-length products, DLP, 单位 mGy × cm)。有效剂量(effective dose, ED, 单位 mSv), 根据 $ED = DLP \times k$ (k 为换算因子,取值 $0.014 \text{ mSv} \times \text{mGy}^{-1} \times \text{cm}^{-1}$)公式^[15]计算。本研究统计的辐射剂量仅为 CCTA 扫描时的辐射剂量,不包括定位像、钙化积分和检测阈值峰值的辐射剂量。

1.8 统计学处理采用 SPSS 20.0 统计软件对所获得的研究数据进行统计分析,计量资料(年龄、BMI、心率、扫描长度、CT 值、冠状动脉分段评分、BN、SNR、CNR、CTDIVOL、DLP、ED)以均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,方差齐性采用 t 检验,方差不齐采用 Wilcoxon 秩和检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者基本资料分析本研究对 120 例患者进行 CCTA 检查。A、B 两组年龄、BMI、扫描长度、平均心率(HR)方面有较好一致性,差异无统计学意义($P > 0.05$, 表 1)。

2.2 图像质量评估

2.2.1 两组图像质量客观指标分析对 120 例的图像质量客观指标(SI1、SI2、SI3、SI4、SI5、BN、SNR、CNR)进行分析。结果显示:两组间各测量 CT 值差异均无统计学意义($P > 0.05$, 表 2)。两组图像 BN、SNR 和 CNR 相比差异均无统计学意义($P > 0.05$, 表 3),但 B 组图像 BN 较 A 组有所增加,SNR 和 CNR 较 A 组有所下降,其图像质量仍可以满足诊断要求(图 1)。

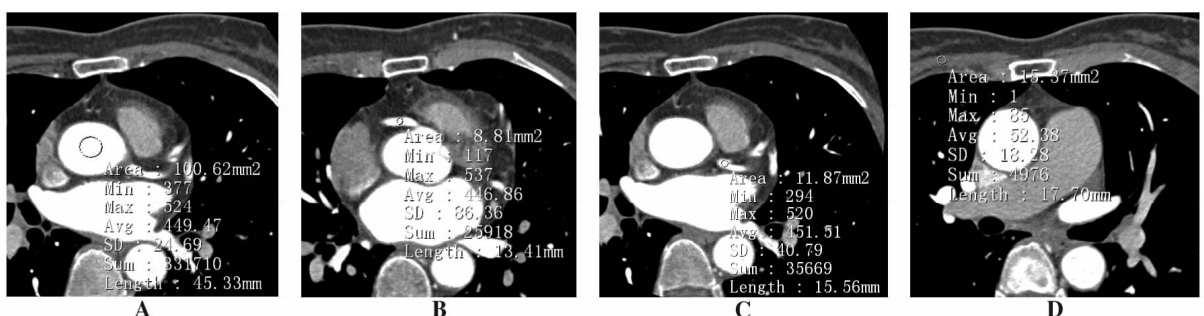


图 1 图像 CT 值及噪声测量示意图(A:SI1 值及 BN;B:SI2 值;C:SI3 值;D:SI5 值)

表 1 两组患者基本资料比较($\bar{x} \pm s$)

组别	<i>n</i>	年龄(岁)	BMI(kg/m ²)	扫描长度(mm)	HR(次/min)
A 组	60	54.95 ± 12.44	23.92 ± 2.29	128.11 ± 9.52	72.55 ± 12.99
B 组	60	54.63 ± 11.86	24.67 ± 2.11	126.38 ± 11.45	68.53 ± 11.31
<i>t</i> 值		0.14	1.87	0.90	1.81
<i>P</i> 值		0.88	0.08	0.35	0.08

表 2 两组图像测量的 CT 值比较($H_u, \bar{x} \pm s$)

组别	<i>n</i>	SI1	SI2	SI3	SI4	SI5
A 组	60	471.52 ± 80.09	446.47 ± 83.47	448.67 ± 75.43	455.55 ± 73.85	63.33 ± 8.66
B 组	60	465.88 ± 66.09	456.48 ± 70.64	448.75 ± 70.27	457.04 ± 65.98	64.50 ± 6.14
<i>t</i> 值		0.42	0.71	0.01	0.12	0.85
<i>P</i> 值		0.67	0.48	0.99	0.91	0.37

注:SI1:升主动脉根部 CT 值;SI2:右冠状动脉近段 CT 值;SI3:左主干 CT 值;SI4:SI1、SI2 和 SI3 平均值;SI5:胸大肌 CT 值

表 3 两组图像 BN、SNR 和 CNR 比较($\bar{x} \pm s$)

组别	<i>n</i>	BN	SNR	CNR
A 组	60	30.48 ± 5.60	15.42 ± 3.73	13.29 ± 3.52
B 组	60	32.08 ± 3.56	14.47 ± 2.72	12.40 ± 2.60
<i>t</i> 值		1.87	1.59	1.58
<i>P</i> 值		0.06	0.11	0.11

注:BN:噪声;SNR:信号噪声比;CNR:对比度噪声比

表 4 两组冠状动脉节段图像质量主观评分比较($\bar{x} \pm s$)

组别	<i>n</i>	RCA	LM	LAD	LCX	平均值
A 组	60	3.63 ± 0.56	3.85 ± 0.40	3.71 ± 0.43	3.49 ± 0.49	3.63 ± 0.41
B 组	60	3.61 ± 0.52	3.78 ± 0.42	3.64 ± 0.48	3.41 ± 0.52	3.58 ± 0.44
<i>t</i> 值		0.20	1.74	0.84	0.87	0.64
<i>P</i> 值		0.82	0.38	0.44	0.40	0.47

注:RCA:右冠状动脉;LM:左主干;LAD:前降支;LCX:回旋支

表 5 两组辐射剂量各指标比较($\bar{x} \pm s$)

组别	<i>n</i>	CTDIVOL(mGy)	DLP(mGy × cm)	ED(mSv)
A 组	60	58.12 ± 2.41	1024.30 ± 66.50	14.34 ± 0.92
B 组	60	29.86 ± 6.25	512.40 ± 100.27	7.16 ± 1.40
<i>Z</i> 值		9.54	9.54	9.54
<i>P</i> 值		0.00	0.00	0.00

注:CTDIVOL:容积 CT 剂量指数;DLP:剂量长度乘积;ED:有效辐射剂量

2.2.2 两组图像质量主观指标分析 对两组 120 例患者,共 1200 个冠状动脉节段总评分及冠状动脉各支图像质量主观评分组间比较无显著差异($P > 0.05$,表 4),两组图像质量均能满足诊断要求。

2.3 两组辐射剂量指标分析 两组间 CTDIVOL、DLP 和 ED 比较差异显著($P < 0.05$,表 5),B 组 ED 较 A 组明显降低,降低约 50.07%。

3 讨 论

在我国,冠心病(coronary artery disease, CAD)是常见病和多发病,其发病率和死亡率均呈不断上升趋势,已严重威胁着人类的健康^[16]。过去,该病的诊断以选择性冠状动脉造影为“金标准”,近年来,随着 MSCT 技术的快速发展,CCTA 日益发挥

出了不可或缺的重要作用。但随着 CCTA 检查人数不断增加和所需的较高的辐射剂量,也带来了低剂量电离辐射对患者产生的随机效应损伤。这种效应损伤主要是由于 X 线可以导致 DNA 链的断裂和碱基的破坏,而偶然错误的修复可引起点突变、染色体异位和基因融合,诱导肿瘤发生。根据有关数据统计,美国约 1.5% ~ 2.0% 的癌症由 CT 检查所致^[17]。因此,必须重视和关注人们在选择 CCTA 检查时所承担的与低剂量电离辐射有关的健康风险。

目前有许多降低 CCTA 辐射剂量的方法,研究较多的是前瞻性心电门控扫描技术,它较回顾性心电门控扫描技术可降低约 50% ~ 80% 的辐射剂量,是降低辐射剂量的方法之一。由于前瞻性心电门控仅有设定的 10% 期相宽度的曝光扫描,而不是采集全心动周期数据,对于屏气欠佳、高心率、心律不齐、支架植入术后及冠状动脉搭桥术后等患者,无法进行其他期相重建,可能会造成部分冠状动脉节段无法评价甚至检查失败,因此需要选择回顾性心电门控扫描模式,采集全心电周期的数据,进行任意时相重建;针对部分心律不齐的患者还可进行心电编辑后处理,可以确保 CCTA 检查成功率。但常规回顾性心电门控扫描技术采用螺旋扫描方式且螺距很小,高度重叠扫描,患者接受的辐射剂量较高。如何最大程度地控制回顾性心电门控冠状动脉成像辐射剂量,同时又能得到满足诊断要求的图像质量,是目前急需解决的问题。

BMI 是当今公认的一种评定肥胖程度的分级方法,是国际上衡量人体胖瘦程度以及健康状况的一个常用指标。有研究表明患者辐射剂量降低与体型有关系,有研究者认为无论角度调节还是 Z 轴调节技术都是有效降低辐射剂量的技术,但必须根据患者体型正确地选择管电流才能获得符合诊断要求的图像^[18]。本研究基于 BMI 优化了回顾性心电门控管电流,并对 60 例患者应用优化后的扫描条件进行了 CT 冠状动脉成像,通过对图像质量和辐射剂量的分析,并与常规回顾性心电门控比较,结果显示基于 BMI 优化回顾性心电门控管电流方法可获得满足诊断要求的图像质量,同时辐射剂量明显降低。结果表明,实验组图像客观评估指标(BN、SNR、CNR)与对照组比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。实验组图像 BN 较对照组有所增加,图像 SNR、CNR 较对照组有所下降,但图像质量仍可以满足诊断要求。这是因为实验组管电流降低时,X 射线束中的光子数呈正比减少,使得 X 线的强度(mAs)也随之减少,由于图像 BN 与 mAs 的平方成反比关系^[19],

从而导致图像 BN 增加,SNR、CNR 下降。实验组与对照组图像质量主观评估差异不显著($P > 0.05$),实验组有效辐射剂量与对照组比较则有显著差异($P < 0.05$),实验组有效辐射剂量明显降低,与对照组相比降低约 50.07%。

因此,在进行 MSCT 冠状动脉成像时,需要基于患者的 BMI 来个性化设置不同的管电流,尽可能降低患者辐射剂量。目前国内普遍存在的问题是医生对 CT 电离辐射和其相关风险的意识相对淡薄,过度追求高质量图像,高于诊断的需要。虽然降低 CT 扫描条件会增加图像的噪声,但只要能满足诊断要求,放射科医生和心脏专科医生就应该接受适度的噪声。但同时也提醒我们不能过度盲目降低扫描条件,否则会导致图像质量下降而影响对病变的诊断。这就要求放射科医生在实际工作中应该遵循 ALARA 原则,根据不同患者和扫描设备,合理选择最优化扫描方案,在保证诊断图像质量的同时,尽可能减少患者的辐射暴露。

本研究对于 BMI > 30 的患者,因病例较少,未纳入研究。另外,在根据 BMI 优化回顾性心电门控管电流时,没有考虑到相同的 BMI 患者因个体差异,肥胖的部位可能不同,此时 BMI 并不能完全准确的反映患者胸廓大小、胸部皮下脂肪和肌肉厚度,由此可能会导致结果产生一定的差异。

【参考文献】

- [1] 王一民,曹建新,杨 诚,等. 低管电压对双源 CT 冠状动脉成像图像质量和辐射剂量的影响[J]. 放射学实践,2010,25(9): 999-1002.
- [2] Leipsic J, LaBounty TM, Mancini GB, et al. A prospective randomized controlled trial to assess the diagnostic performance of reduced tube voltage for coronary CT angiography[J]. Am J Roentgenol, 2011, 196(4): 801-806.
- [3] Ketelsen D, Fenchel M, Buchgeister M, et al. Estimation of radiation exposure of different dose saving techniques in 128-slice computed tomography coronary angiography[J]. Eur J Radiol, 2012, 81(2): 153-157.
- [4] 李芳云,唐秉航,张晓东,等. 256 层 CT 前瞻性 & 回顾性心电门控 ECG 电流调制技术的应用[J]. 放射学实践,2011,26(7): 781-784.
- [5] Hou Y, Yue Y, Guo W, et al. Prospectively versus retrospectively ECG-gated 256-slice coronary CT angiography: image quality and radiation dose over expanded heart rates[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2012, 28(1): 153-162.
- [6] Achenbach S, Marwan M, Ropers D, et al. Coronary computed tomography angiography with a consistent dose below 1 mSv using prospectively electrocardiogram-triggered high-pitch spiral acquisition[J]. Eur Heart J, 2010, 31(3): 340-346.

冰冻血浆及冷沉淀 3 种制品,若未进行病毒核酸检测,势必造成至少 3 名受血者感染。因此,以 TMA 技术大规模筛查无偿献血者能明显降低输血可能导致的感染风险。

【参考文献】

- [1] Soldan K, Barbara JA, Ramsay ME, et al. Estimation of the risk of hepatitis B virus, hepatitis C virus and human immunodeficiency virus infectious donations entering the blood supply in England [J]. Vox Sang, 2003, 84(4): 274-286.
- [2] Gallarda JL, Dragon E. Blood screening by nucleic acid amplification technology: current issues, future challenges [J]. Mol Diag, 2000, 5(1): 11-12.
- [3] 何亚琴,徐立,杨爱龙. 核酸检测在筛查献血者乙型肝炎病毒中的应用[J]. 中国输血杂志, 2013, 26(3): 147-149.
- [4] Allain JP. Occult hepatitis B virus infection; implications intransfusion[J]. Vox Sang, 2004, 86(2): 83-91.
- [5] Stramer SL, Glynn SA, Kleinman SH, et al. Detection of HIV-1 and HCV infections among antibody-negative blood donors by nucleic acid-amplification testing[J]. N Engl J Med, 2004, 351(8): 760-768.
- [6] 张妍,朱海峰,孙波,等. 核酸检测技术在血液筛查中的应用及分析[J]. 中国输血杂志, 2012, 25(12): 1298-1300.

- [7] 何亚琴,张建伟,杨爱龙,等. 核酸检测技术在常州地区献血筛查中的应用[J]. 中国输血杂志, 2011, 24(7): 560-561.
- [8] 夏云峰. 张家港地区献血者血液核酸检测结果分析[J]. 国际检验医学杂志, 2013, 34(16): 2174-2175.
- [9] 徐晶. 核酸检测技术在南昌地区无偿献血血液筛查中的应用[J]. 实验与检验医学, 2012, 30(5): 437-438.
- [10] 王霞,潘彤,李娜,等. 天津市无偿献血者 HBV、HIV 和 HCV 核酸检测分析[J]. 中国输血杂志, 2012, 25(10): 1008-1009.
- [11] 邓雪莲,安万新,梁晓华. 大连市血液中心血清学检测与核酸检测并行的效果观察[J]. 中国输血杂志, 2012, 25(1): 38-39.
- [12] 成军,孙长贵,戴玉柱,等. 驻浙部队 HBV 感染情况及低浓度 HBsAg 流行病学调查[J]. 东南国防医药, 2009, 11(4): 298-301.
- [13] 陈勇,胡毓安,袁大莉,等. 乙型肝炎病毒表面大蛋白的检测及其临床应用[J]. 东南国防医药, 2012, 14(6): 525-527.
- [14] 林秀蓉,陈巧绘,林海. TaqMan-MGB 探针针对 HCV 基因的检测及分型研究[J]. 东南国防医药, 2012, 14(1): 20-22.
- [15] 曾劲峰,郑欣,许晓陶. ELISA 检测与 NAT 在血液筛查应用中的互补性研究[J]. 中国输血杂志, 2012, 25(10): 1012-1013.

(收稿日期:2013-11-14;修回日期:2013-11-27)

(本文编辑:张仲书; 英文编辑:王建东)

(上接第 5 页)

- [7] Hara AK, Paden RG, Silva AC, et al. Iterative reconstruction technique for reducing body radiation dose at CT; feasibility study[J]. AJR, 2009, 193(3): 764-771.
- [8] Hirai N, Horiguchi J, Fujioka C, et al. Prospective versus retrospective ECG-gated 64-detector coronary CT angiography: assessment of image quality, stenosis, and radiation dose [J]. Radiology, 2008, 248(2): 424-430.
- [9] 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[J]. Radiology, 2008, 248(2): 431-437.
- [10] Stolzmann P, Leschka S, Scheffel H, et al. Dual-source CT in step-and-shoot mode; noninvasive coronary angiography with low radiation dose[J]. Radiology, 2008, 249(1): 71-80.
- [11] Ko SM, Kim NR, Kim DH, et al. Assessment of image quality and radiation dose in prospective ECG-triggered coronary CT angiography compared with retrospective ECG-gated coronary CT angiography[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2010, 26(1): 93-101.
- [12] 张晓东,唐秉航,李芳云,等. 心率对 256 层 CT 前瞻性心电门控冠状动脉成像质量的影响[J]. 放射学实践, 2011, 26(7): 712-725.
- [13] Austen WG, Edwards JE, Frye RL, et al. A reporting system on patients evaluated for coronary artery disease. Report of the Ad Hoc Committee for Grading of Coronary Artery Disease, Council on Cardiovascular Surgery, American Heart Association[J]. Circulation,

1975, 51(4 Suppl): 5-40.

- [14] Bischoff B, Hein F, Meyer T, et al. Comparison of sequential and helical scanning for radiation dose and image quality; results of the prospective multicenter study on radiation dose estimates of cardiac CT angiography (PROTECTION) I Study [J]. AJR, 2010, 194(6): 1495-1499.
- [15] Bongartz G, Golding SJ, Jurik AG, et al. European Commission Website. European guidelines for multislice computed tomography: appendix C. Funded by the European Commission, March 2004. Contract No. FIGM-CT2000-20078-CTTIP. www.msct.eu/PDF_FILES/EC%20CA%20Report%20D5%20%20Dosimetry.pdf. Accessed March 26, 2009.
- [16] 吴兆苏,姚崇华,赵冬,等. 我国多省市心血管病趋势及决定因素的人群监测(中国 MONICA 方案)I. 发病率和死亡率监测结果[J]. 中华心血管病杂志, 1997, 25(1): 6-11.
- [17] Brenner DJ, Hall EJ. Computed tomography; an increasing source of radiation exposure [J]. N Engl J Med, 2007, 357(22): 2277-2284.
- [18] McCollough CH, Bruesewitz MR, Kofler JM Jr. CT dose reduction and dose management tools; overview of available options[J]. Radiographics, 2006, 26(2): 503-512.
- [19] 高建华,孙尧昶,李剑颖,等. 后置滤过器 C2 对 64 排螺旋 CT 冠状动脉成像质量的影响[J]. 中国医学影像技术, 2007, 23(1): 73-76.

(收稿日期:2013-10-21;修回日期:2013-11-01)

(本文编辑:张仲书; 英文编辑:王建东)