

• 胸部影像学 •

体质指数、窄 R-R 间期结合前瞻性心电门控和迭代重建技术在 CTCA 三低成像中的应用

何其舟, 余飞, 付亚军, 许东, 霍然, 代平

【摘要】 目的:探讨体质指数(BMI)、窄 R-R 间期结合前瞻性心电门控和迭代重建技术在 CTCA 三低(低管电压、低对比剂浓度、低对比剂用量)成像中的应用价值。**方法:**选取 300 例临床疑有冠状动脉疾病的患者行 CTCA 检查,分为常规组和实验组;常规组 100 例,对比剂浓度和管电压分别为 350 mg I/mL 和 120 kV(350 mg I/mL-120 kV), BMI ≤ 30 kg/m²;实验组 200 例,其中 100 例 BMI < 23 kg/m² 的患者按随机数字法分成 320 mg I/mL-80 kV 组(A 组)和 350 mg I/mL-120 kV 组(B 组),另 100 例 BMI 为 23~30 kg/m² 的患者按同样方法分成 320 mg I/mL-100 kV 组(C 组)和 350 mg I/mL-120 kV 组(D 组),A、B、C、D 每组各 50 例。常规组采用迭代重建技术及 350 mg I/mL 的碘海醇,实验组中 A、C 两组采用迭代重建技术及 320 mg I/mL 的碘克沙醇,B、D 两组采用非迭代重建技术及 350 mg I/mL 的碘海醇;对每位患者的 CTCA 图像进行主观评分,测量容积剂量指数(CTDIvol)、剂量长度乘积(DLP)、有效辐射剂量(ED)、图像噪声、冠状动脉 CT 值、信噪比(SNR)和对比噪声比(CNR),并进行统计学分析。**结果:**常规组与实验组的 CTCA 图像质量评分差异无统计学意义($P>0.05$),而碘对比剂用量及辐射剂量两组差异均有统计学意义(P 值均 <0.05);实验组内 A 组与 B 组、C 组与 D 组间图像质量主观评分差异均无统计学意义(P 值均 >0.05),而 CTDIvol、DLP、ED 差异均有统计学意义(P 值均 <0.05)。A 组与 B 组、C 组与 D 组的噪声及 CT 值差异均有统计学意义(P 值均 <0.05),A 组与 B 组、C 组与 D 组的平均 SNR 及平均 CNR 差异均无统计学意义(P 值均 >0.05)。**结论:**与常规双源 CT 冠状动脉成像方案相比,基于体质数、窄 R-R 间期结合前瞻性心电门控与迭代重建技术的 CTCA,不仅可大幅降低辐射剂量,同时可以降低碘对比剂浓度和用量,所获得的冠状动脉图像质量均能满足临床诊断要求。

【关键词】 冠状动脉; 体层摄影术, X 线计算机; 辐射剂量; 体质指数; 心率

【中图分类号】 R543.3; R814.42 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2017)09-0936-06

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2017.09.009

Body mass index and narrow R-R interval in combination with prospective electrocardiographic gating and iterative reconstruction techniques in the application of dual-source CT coronary angiography with "Three-low" technique HE Qi-Zhou, YU Fe, FU Ya-Jun, et al. Department of Radiology, Traditional Chinese Medicine Hospital, Affiliated of Southwest Medical University, Sichuan 646000, China

【Abstract】 Objective: To investigate the value of body mass index (BMI) and narrow R-R interval in combination with prospective electrocardiographic gating and iterative reconstruction techniques in the application of dual-source CT coronary angiography (CTCA) with "Three-low" (low tube voltage, low-concentration and low-dose) technique. **Methods:** Three hundred patients with suspected coronary artery disease underwent CTCA, which were divided into the conventional group and experimental group. There were 100 patients in the conventional group, 350mg I/mL of iohexol were administrated, and the tube voltage was 120kV, with BMI ≤ 30 kg/m². 200 patients were in the experimental group, 100 patients with BMI < 23 kg/m² were randomly divided into group A (320mg I/mL 80kV) and group B (350mg I/mL 120kV); the other 100 patients with BMI as 23~30kg/m² were also randomly divided into group C (320mg I/mL 100kV) and group D (350mg I/mL 120kV), with 50 cases in each subgroup. In the conventional group, iterative reconstruction technique and 350mg I/mL of iohexol were used. In the experimental group, iterative reconstruction technique and 320mg I/mL iodixanol were used in Group A and Group C; non-iterative reconstruction technique and 350mg I/mL iohexol were used in Group B and D. The image quality of CTCA were subjectively scored, CT dose index volume (CTDIvol), dose length produce (DLP), effective dosage (ED), image noise, CT value of coronary artery, SNR and CNR were measured for each patient and statistically analyzes was performed. **Results:** There was no significant difference between the conventional and experimental group in the subjective image quality score of CTCA ($P>0.05$), yet there was significant difference in the amount of iodine contrast agent and radiation dose in these two groups ($P<0.05$). In the experimental group, no significant difference was found in the subjective image quality score between Group A and B, and Group C and D as well ($P>0.05$); while significant differences

作者单位: 646000 西南医科大学附属中医医院放射科

作者简介: 何其舟(1973-),男,四川人,硕士,副主任医师,主要从事胸腹部影像诊断工作。

基金项目: 四川省教育厅科研课题(17ZB0483)

were found in CTDIvol, DLP and ED ($P < 0.05$ for all). There was significant difference between group A and B and between group C and D in average noise and mean CT value, respectively ($P < 0.05$), yet there was no significant difference between group A and B in the mean SNR and CNR, and between group C and D as well ($P > 0.05$ for all). **Conclusion:** Compared with the protocol using in conventional dual-source CTCA, protocol based on BMI and narrow R-R interval in combination with prospective electrocardiographic gating and iterative reconstruction technique can not only reduce the radiation dose significantly, but also reduce the concentration and the dosage of iodine contrast agent, while the image quality of coronary artery can still meet the needs of clinical diagnosis.

【Key words】 Coronary; Tomography, X-ray computed; Radiation dose; Body mass index; Heart Rate

随着 CT 技术的快速发展, CT 冠状动脉成像(CT coronary angiography, CTCA)已成为一种精确评价冠状动脉病变且相对无创的检查方法^[1-3], 但由于伴随较高的辐射剂量, 同时较高的碘负荷导致对比剂肾病的发病率升高, 已受到越来越多的重视。目前, 低管电压技术是降低辐射剂量的有效手段, 相关报道在满足 CTCA 诊断要求的情况下, 可将管电压从 120 kV 降至 100 kV^[4]。并且, 对于体质指数(body mass index, BMI)较低的患者, 管电压可降至 80 kV, 图像质量仍能满足诊断要求^[5,6]。另一方面, 降低碘负荷(包括碘对比剂浓度和用量)可减少潜在的肾损害, 因此降低辐射剂量和对比剂用量是当前 CTCA 技术研究的热点。本研究基于 BMI、心率大小结合前瞻性心电门控与迭代重建技术, 探讨采用低管电压(80 或 100 kV)、低浓度对比剂(320 mg I/mL)、低对比剂用量在冠状动脉 CT 成像中的应用价值及在保证图像质量、满足诊断要求的前提下有效降低辐射剂量和碘对比剂用量的可行性。

材料与方法

1. 病例资料

2015 年 3 月—2015 年 10 月, 选取疑有冠状动脉疾病的患者 300 例, 分为常规组和实验组。常规组 100 例, BMI ≤ 30 kg/m², 其中男 56 例, 女 44 例, 年龄 33~87 岁, 平均年龄(61.60 ± 12.5)岁, 平均 BMI(24.68 ± 2.78) kg/m²。实验组 200 例, 将其中 100 例 BMI < 23 kg/m² 的患者按随机数字表法和不同扫描条件分成 A 组(320 mg I/mL-80 kV)、B 组(350 mg I/mL-120 kV)行 CTCA 检查, 每组 50 例, 其中男 58 例, 女 42 例, 年龄 33~88 岁, 平均年龄(63.09 ± 12.4)岁, 平均 BMI(21.71 ± 1.54) kg/m²; 另外 100 例患者(23 kg/m² $\leq$ BMI ≤ 30 kg/m²)按同样方法分成 C 组(320 mg I/mL-100 kV)、D 组(350 mg I/mL-120 kV), 每组 50 例, 其中男 54 例, 女 46 例, 年龄 30~82 岁, 平均年龄(59.87 ± 11.10)岁, 平均 BMI(25.81 ± 2.43) kg/m²。病例排除标准: 碘对比剂过敏、严重肝肾功能不全、严重心率不齐(心率变异超过 10 次以上)及心功能不全者; 冠状动脉支架植入术或

冠状动脉搭桥术后; BMI > 30 kg/m² 及不能配合呼吸者。所有患者均在自然心率下完成 CTCA 检查。各组患者在年龄、性别、心率、心率变异、扫描范围上差异均无统计学意义($P > 0.05$)。本研究通过本院伦理委员会审核, 且在检查前签署碘对比剂给药知情同意书。

2. 检查方法

采用德国 Siemens 双源 CT (Somatom I definition flash) 行 CTCA 检查。所有受检者扫描前 5 min 舌下含服硝酸甘油 0.5 mg, 于右肘正中静脉埋置 18G 留置针, 患者取仰卧位, 严格训练患者屏气。首先扫描常规屏气胸部定位像, 扫描范围自气管分叉处下 1 cm 至膈面。根据屏气后心电图中的心率变化自动选择相应扫描时相。对比剂浓度、用量及注射流率: 常规组对比剂采用碘海醇(欧乃派克), 浓度 350 mg I/mL, 用量 70 mL, 注射流率 5.5 mL/s; 实验组 A 和 C 对比剂均采用碘克沙醇(浓度 320 mg I/mL); 实验组 B 和 D 对比剂均采用碘海醇(欧乃派克, 浓度为 350 mg I/mL); 实验组对比剂用量 = 体质量 $\times 0.8$ mL/kg (不足 40 mL 用量采用 40 mL, 最高不超过 60 mL), 注射流率 = 对比剂用量/10 s; 两组均采用 Bolus-tracking 团注法, 感兴趣区(region of interest, ROI)设置于升主动脉根部, 触发阈值 100 HU, 延迟时间 4 s。注射完碘对比剂后以相同流率注射生理盐水 40 mL。扫描参数: 常规组管电压为 120 kV; 实验组 A、B、C、D 管电压分别为 80、120、100 和 120 kV; 管电流采用四维智能在线剂量调控技术(CARE Dose 4D, 西门子医疗系统), 根据患者个体情况自动调制; 探测器准直 2 mm $\times$ 64 mm $\times$ 0.6 mm, 图像层厚 0.6 mm, 卷积核 b26f, 采用自适应前瞻性心电门控序列扫描技术, 数据采集期相: 常规组为 25%~80% R-R 间期; 实验组心率 < 75 次/分为 60%~80% R-R 间期, 心率 ≥ 75 次/分为 30%~50% R-R 间期。320 mg I/mL-80 kV(A 组)和 320 mg I/mL-100 kV(C 组)采用迭代重建(sinogram affirmed iterative reconstruction, SAFIRE)技术, 350 mg I/mL-120 kV(B 组)和 350 mg I/mL-120 kV(D 组)采用滤波反投影重建(filtered back projection, FBP)技术, 将重建数据传输至工作站(syngovia)。

3. 图像评价与分析方法

所有图像经血管容积再现(volume rendering, VR)、最大密度投影(maximum intensity projection, MIP)、多平面重建(multi-planar reformation, MPR)、曲面重建(curve planar reformation, CPR)等后处理后,对图像质量进行主观及客观评价,其中主观评价标准根据美国心脏病学会(American Heart Association, AHA)冠状动脉树的 15 段分段法命名^[7],由 2 位有经验的放射科医师采用盲法对重建图像进行独立分析并评价图像质量,存在意见分歧时,共同协商达成一致;冠状动脉图像质量评分标准^[8]:冠状动脉图像边缘清晰,无运动伪影者为 5 分;图像边缘略模糊,有轻度运动伪影者为 4 分;图像边缘中度模糊,有中度运动伪影但无明显错层,不影响诊断者为 3 分;边缘模糊,运动伪影明显者为 2 分;冠状动脉管腔不能辨认无法诊断者为 1 分。3 分及 3 分以上者视为可诊断图像。客观评价采用升主动脉根部平均强化 CT 值、噪声标准差(standard deviation, SD)、信号噪声比(signal noise ratio, SNR)和对比噪声比(contrast noise ratio, CNR);测量时将 ROI 置于冠状动脉左主干开口同一层面的主动脉根部,ROI 面积根据具体情况尽可能大,测量血管腔内平均 CT 值(SI),将升主动脉根部的 SD 值作为图像噪声;同时记录左主干(left main coronary artery, LM)近段的 CT 值(SI1)和同层前胸壁肌肉组织的 CT 值(SI2),两者之差为强化对比度;计算 SNR 和 CNR,公式为:SNR = SI/SD;CNR = (SI1 - SI2)/SD。

4. 辐射剂量

辐射剂量仅为冠状动脉 CTA 的辐射剂量,不包括定位和检测峰值时间的辐射剂量;每例患者的辐射剂量主要通过三个参数来表示:CT 容积剂量指数(CT dose index volume, CTDIvol)、剂量长度乘积(dose length product, DLP)和有效辐射剂量(effective dose, ED)[ED=DLP×k (k=0.014mSv·mGy⁻¹·cm⁻¹)]^[9]。

5. 统计学处理

采用 SPSS 19.0 软件进行统计学处理。计量资料采用均值±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,计数资料采用绝对数表示。A 组与 C 组、B 组与 D 组年龄、BMI、心率、心率变异、管电流、螺距、扫描长度、CTDIvol、DLP、ED、冠状动脉的各客观参数值及冠状动脉图像质量评分的比较均采用两独立样本 *t* 检验。以 *P* < 0.05 为差异有统计学意义。

结 果

1. 常规组与实验组的冠状动脉图像质量主观评分比较

300 例患者共有 4330 段冠状动脉血管可供评价,

常规组 100 例患者中能满足诊断要求的冠脉节段为 1483 个,可诊断率为 98.8%;实验组 200 例患者中能满足诊断要求的冠脉节段为 2847 个,可诊断率为 94.9%;两组分别有 17 个、53 个冠脉节段不能满足要求,其原因分别为呼吸运动(31 个)、冠状动脉严重钙化(19 个)、血管闭塞后显示不清(20 个)所致。在两组冠状动脉分支血管[左前降支 LAD(left anterior descending artery, LAD)、LM、右冠状动脉(right coronary artery, RCA)、左回旋支(left circumflex artery, LCX)]中,LCX 可诊断率最低,LM 可诊断率最高;常规组和实验组的血管图像质量均能满足临床诊断要求,质量评分为 3 分及 3 分以上者的比例在两组间差异无统计学意义(*P* > 0.05)。

2. 常规组与实验组碘对比剂用量、流率比较

实验组 A、B、C、D 各组的对比剂用量均低于常规组,实验组 A、B、C、D 四组碘对比剂用量比较,其中 BMI < 23 kg/m² 的 A、B 两组差异无统计学意义(*t* = -0.147, *P* = 0.292),BMI 为 23~30 kg/m² 的 C、D 两组差异无统计学意义(*t* = -1.098, *P* = 0.404)。实验组 A、B、C、D 各组的对比剂流率均低于常规组,实验组 A、B、C、D 四组流率比较,其中 BMI < 23 kg/m² 的 A、B 两组差异无统计学意义(*t* = 0.250, *P* = 0.120),BMI 为 23~30 kg/m² 的 C、D 两组差异无统计学意义(*t* = 4.880, *P* = 0.394,表 1)。

表 1 各组 CTCA 对比剂用量及注射流率比较

组别	BMI (kg/m ²)	浓度 (mg I/mL)	碘对比剂用量 (mL)	注射流速 (mL/s)
常规组	≤30	350	70	5.5
实验组 A	<23	320	46.8±3.73	4.25±0.37
实验组 B	<23	320	48.5±4.66	4.27±0.29
实验组 C	23~30	320	51.2±5.99	4.34±0.43
实验组 D	23~30	320	53.7±6.60	4.41±0.34

3. 常规组与实验组的 CTCA 辐射剂量比较

常规组与实验组比较,采集时间窗增宽,TI 时间延长,CTDIvol、DLP、ED 均增高,而实验组 A、B、C、D 四组的采集时间窗一样,其扫描时间 TI 差异无统计学意义;在 BMI 相同的情况下,管电压越低,辐射剂量也越低,其中 A 组(320 mg I/mL-80 kV)的 CTDIvol、DLP、ED 值均较 B 组(350 mg I/mL-120 kV)明显降低,差异有统计学意义(*P* < 0.05),C 组(320 mg I/mL-100 kV)的 CTDIvol、DLP、ED 值均较 D 组(350 mg I/mL-120 kV)明显降低,差异有统计学意义(*P* < 0.05)。

4. 实验组 CTCA 的图像质量客观评价

A 组与 B 组、C 组与 D 组的噪声及 CT 值差异均有统计学意义(*P* 值均 < 0.05),A 组和 B 组的图像质量评分均为 5 分(图 1、2),C 组和 D 组的图像质量评分也均为 5 分(图 3、4),A 组与 B 组、C 组与 D 组的平

表 2 各组 CTCA 扫描参数及辐射剂量比较

组别	BMI (kg/m ²)	管电压 (kV)	管电流 (mAs)	R-R 宽度	TI (s)	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy·cm)	ED (mSv)
常规组	≤30	120	289.73±51.7	55%	0.66±0.12	42.09±11.76	540.38±144.12	7.56±2.02
实验组 A	<23	80	223.60±41.5	20%	0.42±0.06	5.40±1.35	64.02±17.00	0.89±0.23
对照组 B	<23	120	263.38±48.1	20%	0.43±0.08	23.09±5.87	272.28±75.71	3.79±1.05
实验组 C	23~30	100	282.12±35.0	20%	0.39±0.04	14.67±3.10	168.10±42.51	2.34±0.59
实验组 D	23~30	120	315.33±47.2	20%	0.42±0.06	28.24±7.65	321.04±81.41	4.42±1.15

注: A 组与 B 组的 CTDIvol、DLP、ED 比较, *t* 值分别为 -15.06, -15.73 和 -15.80, *P* 值均 <0.05; C 组与 D 组的 CTDIvol、DLP、ED 比较, *t* 值分别为 -12.62, -11.90 和 -11.43, *P* 值均 <0.05。

表 3 A、B、C、D 四组 CTCA 图像质量客观评价

组别	BMI (kg/m ²)	CT 值(st)	噪声(HU)	SNR	CNR
A 组	<23	562.68±48.74	38.16±6.06	15.62±5.67	13.32±5.27
B 组	<23	371.33±31.95	22.49±4.33	19.78±5.54	16.50±5.28
C 组	23~30	405.69±40.36	26.95±4.74	17.12±7.34	13.98±5.21
D 组	23~30	354.44±31.36	23.08±3.36	16.51±4.98	13.13±3.96

注: A 组与 B 组的 CT 值(*t*=10.13, *P*=0.000)、噪声(*t*=5.84, *P*=0.000)差异均有统计学意义, 平均 SNR(*t*=0.46, *P*=0.65)、平均 CNR(*t*=-0.48, *P*=0.63)差异均无统计学意义; C 组与 D 组的 CT 值(*t*=4.95, *P*=0.000)、噪声(*t*=2.07, *P*=0.04)差异均有统计学意义, 平均 SNR(*t*=1.57, *P*=0.12)、平均 CNR (*t*=1.34, *P*=0.19) 差异均无统计学意义。

均 SNR 及平均 CNR 差异均无统计学意义(*P* 值均 >0.05, 表 3)。

讨 论

CTCA 对冠状动脉疾病的诊断具有较高的价值,

已被业界广泛接受并应用,但其较高的辐射剂量及因碘对比剂产生的不良反应也成为研究热点。目前降低 CTCA 辐射剂量的途径和技术包括前瞻性心电门控扫描、降低管电压、降低管电流、心电图自动管电流调制技术、体型适应性电流调制、降低 Z 轴长度、增大螺

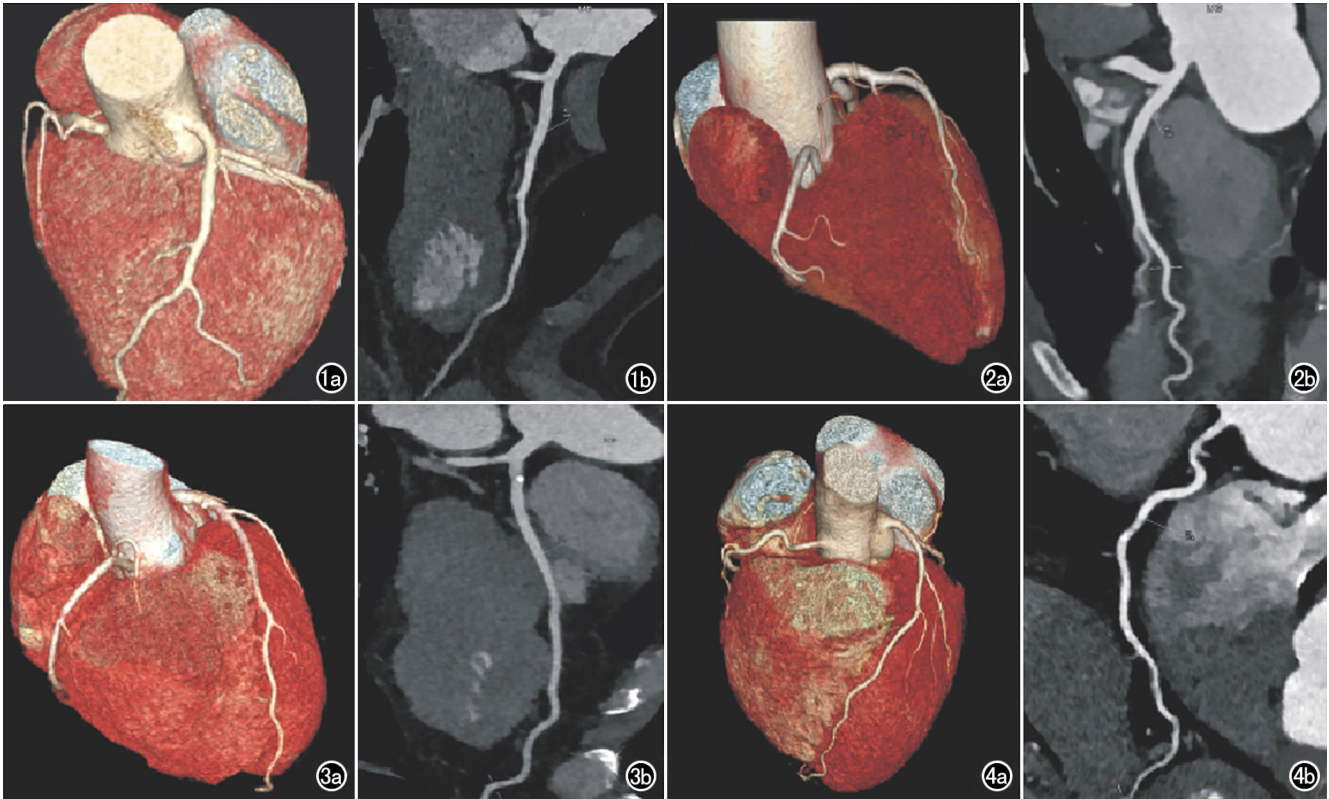


图 1 实验组 A 组患者,男,51 岁,BMI 22kg/m²,采用迭代重建技术,图像质量主观评分为 5 分,ED1.02mSv。a) VR 图像清晰显示前降支;b) CPR 图像清晰显示前降支。图 2 实验组 B 组患者,女,64 岁,BMI 21kg/m²,采用非迭代重建技术,图像质量主观评分为 5 分,ED4.5mSv。a) VR 图像清晰显示前降支;b) CPR 图像清晰显示前降支。图 3 实验组 C 组患者,男,62 岁,BMI 29kg/m²,采用迭代重建技术,图像质量主观评分为 5 分,ED 2.07mSv。a) VR 图像清晰显示前降支;b) CPR 图像清晰显示前降支。图 4 实验组 D 组患者,男,56 岁,BMI 28kg/m²,采用非迭代重建技术,图像质量主观评分为 5 分,ED 5.8mSv。a) VR 图像清晰显示前降支;b) CPR 图像清晰显示前降支。

距、迭代重建算法等^[10], 这些技术均有效降低了辐射剂量。因在实际工作中出于对检查成功率及图像质量的保证, 对比剂的浓度和剂量仍较高, 从而导致皮漏和对比剂肾病的发生概率增高, 故有效降低碘对比剂用量和辐射剂量具有重要意义; 本文主要采用 DSCT 自适应前瞻性心电门控序列扫描结合患者 BMI 和心率, 在有效的 R-R 间期内降低管电压、对比剂浓度、对比剂用量进行 CTCA 检查, 并结合自动管电流调制和迭代重建技术, 在保证图像质量满足临床诊断要求的情况下, 探讨降低辐射剂量、对比剂浓度及用量的可行性。

1. BMI 结合低 kV、自动管电流调控技术在 CT-CA 双低成像中的应用

BMI 是国际公认的一种评定肥胖程度的分级方法, BMI 较低的患者检查时其辐射剂量应随之降低, 管电压与辐射剂量呈指数关系, 降低管电压可显著降低辐射剂量, 虽然降低管电压可导致图像噪声增加, 尤其是肥胖患者, 这种噪声的增加对软组织的影响较大, 对增强的血管影响不大, 因为这种效应可由 CT 值增加来补偿^[11]; 同时降低管电压后能够增加碘对比剂的 CT 值, 从而增加血管与周围组织的对比; 有文献报道, 当冠脉强化 CT 值高于 300 HU 时即可满足诊断要求, 因为对于 CTCA 检查, 并非密度越高越好, 密度过高降低了管腔与管壁钙化之间的密度差, 不利于钙化斑块的显示; 血管强化过高时, 还可能因为部分容积效应而低估非钙化斑块的面积, 从而低估管腔的狭窄程度^[12-13], 并且也会因为高浓度伪影的干扰而影响较小的非钙化斑块的检出和 CT 值的测量。因此, 在实际应用中可以针对不同的 BMI 的患者选择适当的管电压和使用低浓度碘对比剂。管电流目前均采用自动调控技术, 可以根据患者 BMI 的大小自行调控辐射剂量, 本研究结果显示 BMI 越大, 自动管电流平均值越大, 辐射剂量也越高, 本研究 D 组患者的平均 BMI 大于 B 组患者, 即使管电压均为 120 kV, 但 B 组的 CT-DIvol、DLP、ED 值 [分别为 (23.09 ± 5.87) mGy、 (272.28 ± 75.71) mGy·cm、 (3.79 ± 1.05) mSv] 均较 D 组 [分别为 (28.24 ± 7.65) mGy、 (321.04 ± 81.41) mGy·cm、 (4.42 ± 1.15) mSv] 明显降低, 辐射剂量 D 组高于 B 组, 表明 BMI 可以影响管电流的自动调控, 从而降低辐射剂量。

2. 迭代重建算法对图像质量的影响

在扫描过程中降低了管电压, 噪声增加必然会导致图像质量下降, 尤其是对于超重的患者更加明显, 降低管电压会导致图像的 SNR 及 CNR 下降。有研究证实, 采用 50% 的剂量配合迭代重建技术, 与 100% 剂量配合 FBP 重建相比, 降低了噪声, 并提高了 CNR,

故在扫描过程中使用迭代重建技术可避免降低管电压所带来的影响; 辐射剂量与管电流和扫描时间的乘积呈线性关系, 增加管电流可降低图像噪声、提高 SNR 和 CNR, 降低管电流会因为 SNR 的降低而影响图像质量^[14-15]; 迭代重建算法可以通过降低噪声、提高 SNR 及 CNR 而改善图像质量, 使在得到满足临床诊断要求图像的前提下降低辐射剂量成为可能。目前 CT 的迭代算法主要分两种: 第一代迭代算法主要建立在噪声模型上, 仅能降低图像噪声, 第二代算法则建立在解剖模具及噪声模具基础上, 能够降低螺旋伪影, 增加解剖细节。本研究采用西门子 SAFIRE 迭代算法配合低浓度碘对比剂 (320 mg I/mL) 及低管电压 (80 和 100 kV), 得到的图像的噪声、SNR 及 CNR 与高浓度碘对比剂 (350 mg I/mL)、高管电压 (120 kV) 扫描得到的图像进行比较, 差异均无统计学意义。并且, 在图像质量的主观评价方面, 其合格率及优秀率两组均无明显差异。因此, 采用低浓度对比剂、低管电压 (80 和 100 kV) 同时配合迭代重建算法在 CTCA 检查中是可行的, 甚至在肥胖人群 (BMI 为 $23 \sim 30 \text{ kg/m}^2$) 中亦可应用。

3. 前瞻性心电门控结合心率有效的 R-R 间期对辐射剂量的影响

前瞻性心电门控冠状动脉成像技术通过心电图中的心率快慢及变化自动选择相适应的重建时相, 控制 X 射线管曝光。前瞻性心电门控冠状动脉成像技术可以提供心率不齐补偿技术, 当期前收缩发生时, 可自动识别并忽略扫描或重复扫描, 可提高检查成功率, 适用于期前收缩等严重心率不齐患者^[16-17]。前瞻性心电门控冠状动脉成像扫描时间分辨率较高且采用自动重建时相设计, 本研究中所有病例在检查前均未予以心率干预, 实验组中心率 < 75 次/分时采集期相为 60%~80% R-R 间期, 心率 ≥ 75 次/分时采集期相为 30%~50% R-R 间期; 其扫描时间 TI 均低于常规组的 25%~80% R-R 间期; 扫描时间的下降不仅降低了辐射剂量, 同时也降低了碘对比剂用量。本研究常规组与实验组在 BMI 和管电压相同的情况下, 实验组中的 B 组和 D 组的扫描时间均为 R-R 间期的 20%, 其管电流、TI、CTDIvol、DLP、ED 和对比剂使用量均明显低于常规组。

综上所述, 本研究基于 BMI、心率大小结合前瞻性心电门控及迭代重建技术的 CTCA 检查中, 不仅可降低辐射剂量, 同时也可降低碘对比剂浓度和减少对比剂用量, 而图像质量均能满足临床诊断要求, 遵循尽可能降低辐射剂量 (As Low As Reasonably Achievable, ALARA) 的原则, 达到个性化扫描的目的。

参考文献:

- [1] Hara T, Yamada S, Hayashi T, et al. Accuracy of nonstenotic coronary atherosclerosis assessment by multi-detector computed tomography[J]. Circ J, 2007, 71(6): 911-914.
- [2] Hamon M, Morello R, Riddell JW, et al. Coronary arteries: diagnostic performance of 16- versus 64-section spiral CT compared with invasive coronary angiography——meta-analysis[J]. Radiology, 2007, 245(3): 720-731.
- [3] Husmann L, Valenta I, Gaemperli O, et al. Feasibility of low-dose coronary CT angiography: first experience with prospective ECG-gating[J]. Eur Heart J, 2008, 29(2): 191-197.
- [4] Neefjes LA, Dharampal AS, Rossi A, et al. Image quality and radiation exposure using different low-dose scan protocols in dual-source CT coronary angiography: randomized study[J]. Radiology, 2011, 261(3): 779-786.
- [5] Wang D, Hu XH, Zhang SZ, et al. Image quality and dose performance of 80kV low dose scan protocol in high-pitch spiral coronary CT angiography: feasibility study[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2012, 28(2): 415-423.
- [6] 曹建新, 王鹏, 王一民, 等. 低体质量指数患者双源 CT 低管电压冠状动脉成像的应用研究[J]. 中华放射学杂志, 2013, 47(5): 452-457
- [7] Hausleiter J, Meyer T, Hermann F. Estimated radiation dose associated with cardiac CT angiography[J]. JAMA, 2009, 301(5): 500-507.
- [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] Smith-Bindman R, Miglioretti DL. CT DIvol, DLP, and effective dose are excellent measures for use in CT quality improvement [J]. Radiology, 2011, 261(3): 999-1000.
- [10] Jun BR, Yong HS, Kang EY, et al. 64-slice coronary computed tomography angiography using low tube voltage of 80kV in subjects with normal body mass indices: comparative study using 120kV[J]. Acta Radiologica, 2012, 53(10): 1099-1106.
- [11] Fei X, Du X, Yang Q, et al. 64-MDCT coronary angiography: phantom study of effects of vascular attenuation on detection of coronary stenosis[J]. AJR, 2008, 191(1): 43-49.
- [12] Szucs farkas Z, Kurmann L, Strautz T, et al. Patient exposure and image quality of low-dose pulmonary computed tomography angiography: comparison of 100 and 80kVp protocols[J]. Invest Radiol, 2008, 43(12): 871-876.
- [13] Johnson TR, Nikolaou K, Wintersperger BJ, et al. Optimization of contrast material administration for electrocardiogram-gated computed tomographic angiography of the chest[J]. J Comput Assist Tomogr, 2007, 31(2): 265-271.
- [14] 张兆琪, 徐磊. 重视冠状动脉多层 CT 成像的低剂量检查[J]. 中华放射学杂志, 2009, 43(7): 681-683.
- [15] 陈凯, 刘忱, 赵汉青, 等. 双源 CT 低碘浓度对比剂联合低 kV 和非迭代重建技术在冠状动脉 CTA 检查中的临床价值[J]. 放射学实践, 2015, 30(10): 997-1000.
- [16] 王小琴, 钱农, 潘昌杰, 等. 双源 CT 非心率控制自适应前瞻性心电图序列扫描冠状动脉成像[J]. 中国医学影像技术, 2012, 28(10): 1910-1913.
- [17] 吕仁锋, 徐哲, 王拓, 等. 能谱 CT 双低剂量高清共轭采集在冠状动脉狭窄诊断中的价值[J]. 放射学实践, 2015, 30(10): 985-988.

(收稿日期: 2017-02-06 修回日期: 2017-05-31)

“肿瘤定量影像专栏”征文通知

精准医疗战略使得医学影像领域向着定量影像的方向快速发展。随着定量影像相关的序列、软件和应用技术的优化,尤其是伴随动态增强血流动力学模型的开发与改进,动态增强定量成像技术在 MRI、CT 领域的研究成果丰硕。为肿瘤良恶性评估及分期、肿瘤化疗药物和抗血管生成药物临床疗效评估提供了更精准的影像评估工具,肿瘤定量影像研究和临床普及应用也成为目前的影像发展热点之一。

为及时报道医学影像工作者开展肿瘤定量成像技术的研究及临床应用的最新成果和进展,《放射学实践》杂志 2017 年拟作“肿瘤定量影像专栏”征文。

征文内容为:CT/MR 增强定量成像技术在肿瘤疾病的定性诊断、分期以及疗效评估的临床和实验研究。征文要求:内容具备创新性、科学性和实用性,层次清楚、逻辑性强;语句通顺、文字简练。实验要经过严格的科研设计,明确病例的入选标准、排除标准及观察指标;样本数应达到相应的标准。

征文时间:2017 年 4 月 1 日 截稿时间:2017 年 12 月 31 日。

投稿网址:www.fsxsj.net,来稿注明“肿瘤定量影像专刊”。

电话:027-83662875

来稿经审稿通过,特予优先发表。

(本刊编辑部)