

低剂量技术在 CT 冠状动脉成像中的应用

杨爱春 陈邦文 严珍珍

中图分类号: R814.42 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2013)04-0059-03

【摘要】 目的 观察低剂量技术用于宝石 CT 冠状动脉成像的效果。方法 将 120 例拟行 CT 冠状动脉造影(CTA)的患者随机分为 A、B、C 三组各 40 例,其中 A 组采用常规曝光条件(120 kV, 210 mAs),图像重建采用滤过反投影(FBP)重建算法, B 组曝光条件(120 kV),采用 ECG 管电流调控技术,图像重建采用滤过反投影(FBP)重建算法, C 组曝光条件(120 kV),采用 ECG 管电流调控技术,图像重建采用适应性统计迭代重建(ASIR)技术,将 ASIR 权重值设定为 40%。观察三组图像质量评分及有效剂量(ED)。结果 三组图像质量评分无显著差异,但 ED 在 C 组 < B 组 < A 组, B 组与 A 组比较平均降低辐射剂量约 34%, C 组与 B 组比较平均降低辐射剂量约 36%, C 组与 A 组比较平均降低辐射剂量约 68%, 两两比较 P 均 < 0.05。结论 在冠状动脉 CTA 检查中采用 ECG 管电流调控技术,适应性统计迭代重建(ASIR)技术,能够在保证图像质量的前提下降低患者所受辐射剂量,其中采用 ECG 管电流调控技术结合适应性统计迭代重建(ASIR)技术,效果尤为明显。

【关键词】 CT; 冠状动脉造影; 低剂量

随着 64 层多排螺旋 CT 进入临床以来, MSCT 冠状动脉成像以其良好的空间分辨率、无创性和对斑块定量、定性分析得到了更为广泛的应用,目前已成为筛查冠心病的最重要的影像学检查手段^[1]。但是多采用的是薄层、小螺距、大范围的扫描,为了获得清晰的图像,其射线剂量必然要加大,导致 64 层螺旋 CT 冠状动脉成像辐射剂量高达 20~25 mSv,大大增加了病人辐射损伤随机效应的危险性。如何在满足临床诊断的前提下,根据辐射防护的最优化合理使用低剂量(ALARA)的原则,最大程度控制 CTA 辐射剂量、尽可能地减少辐射危害已越来越受到人们的重视。在 CT 检查中如何减少患者的辐射剂量正在成为国内外学者研究的热点。宝石 CT 具有的各种减少辐射剂量的技术,如宝石探测器的应用、ECG 管电流自动调制技术及螺距-心率自动匹配技术,适应性统计迭代重

建算法(adaptive statistical iterative reconstruction, ASIR)等。本研究通过对比分析不同的扫描参数进行冠状动脉成像时辐射剂量及图像质量的差异,为低剂量技术在 CT 冠状动脉成像中应用提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 临床资料 研究对象为 120 例拟行冠状动脉 CTA 的患者,男 75 例,女 45 例;年龄 36~68 岁,平均(54.8±10)岁。共 120 例患者中以胸闷就诊 62 例,胸痛就诊 42 例,冠心病随访 6 例,支架置入 2 例,体检患者 8 例。病例纳入标准:临床确诊及怀疑冠心病患者及体检者,无碘对比剂过敏,无肾病史,非妊娠者,无心律失常,无呼吸衰竭(和)或心力衰竭, BMI 为 16~25 kg/m²。患者静息心率小于 65 次/min 或经口服倍他乐克(哮喘、舒张压 < 60 mmHg 患者禁用) 25~150 mg 将心率控制在 65 次/min 以下。为避免扫描时间过长及金属伪影对图像质量造成影响,凡冠状动脉搭桥术后及置有心脏起搏器的患者均不纳入本

作者单位:浙江省(临海)台州医院放射科,浙江 台州 317000
作者简介:杨爱春(1976~),女,浙江三门人,主管技师,从事 CT、MRI 技术工作。

总之,RIA 技术在提高检验水平的同时也存在一定的辐射风险,给检验人员带来潜在的辐射危害。但是只要提高对辐射危害性的认识及防护意识,正确使用各种防护配套设施,严格操作规程,必然能将辐射危害降到最低,更好地为临床服务。

参考文献:

- [1] Hansen KA. The radioimmunoassay: an assay that revolutionized medicine [J]. S D Med, 2012, 65(4): 134.
- [2] 翁建庆,赵顺平,何俊主编. 电离辐射安全与防护培训教

程[M]. 北京: 国家环境保护总局辐射环境监测技术中心, 2007.

- [3] 张瑞, 延红. 放射免疫实验室的放射性防护 [J]. 中国辐射卫生, 2006, 15(4): 477.
- [4] Zárate A, Manuel L. Development of radioimmunoassay and its consequences in the medical research. A tribute to Rosalyn Yallow [J]. Rev Med Inst Mex Seguro Soc. 2011, 49(5): 465-468.
- [5] 孟博文. 检验科工作人员在工作中的自我防护与应急处理 [J]. 实用医技杂志, 2008, 15(22): 2 947-2 948.

(收稿日期: 2012-06-25)

研究。将 120 例患者随机分为 A、B、C 三组各 40 例, 其一般资料具有可比性。

1.2 扫描技术 采用 GE Discovery CT750 HD 机器(宝石 CT) 根据病人冠状动脉有无钙化及有无支架置入, 选择不同的扫描模式, 如冠状动脉有钙化或有支架置入, 选择高清模式扫描, 如冠状动脉无钙化及无支架置入, 选择非高清模式扫描。扫描条件: A 组管电压 120 kV, 机架转速 0.35 s/rot, 管电流 600 mA, 准直器宽度 40 mm (0.625 × 64), 视野 (field of view, FOV) 250 mm × 250 mm, 矩阵 512 × 512, 层厚为 0.625 mm, 层间距为 0.625 mm, 螺距 ~ 心率 (0.16 ~ 0.24) 自动匹配技术, 图像重建采用滤过反投影 (filtered back projection, FBP) 重建算法。B 组根据 ECG 调整管电流, μ A 范围最小 120 mA, 最大 600 mA, 余扫描参数与 A 组相同。C 组图像重建采用适应性统计迭代重建 (ASIR) 技术, 将 ASIR 权重值设定为 40%, 余扫描参数与 B 组相同。受检者常规进行钙化积分扫描, 扫描范围从气管隆突下 2 cm 处开始向下扫描到膈下 3 cm 为止。

1.3 冠状动脉延迟扫描时间 使用双筒高压注射器经肘静脉 5 ml/s 速率注入高浓度非离子型对比剂(碘的质量浓度为 370 g/L) 15 ml, 在对比剂注射完毕后以相同速度继续追加注射 0.9% 生理盐水 20 mL, 延迟 8 s 后, 在主动脉根部层面进行同层动态扫描 15 层, 层厚为 5 mm, 扫描时间为 1 s/层, 间隔 1 s/层, 利用软件自动计算出时间-密度曲线, 精确计算出造影剂到达的浓度峰值时间, 再加上 2 ~ 4 s 即为冠状动脉的延迟扫描时间, 用同样注射速率, 同样浓度造影剂, 经肘静脉注入造影剂(碘的质量浓度为 370 g/L) 60 ~ 80 mL, 在对比剂注射完毕后以相同速度继续追加注射 0.9% 生理盐水 40 mL, 以减少因上腔静脉及右心房内对比剂浓度过高造成的伪影。按上述计算出的冠状动脉延迟扫描时间对冠状动脉进行扫描, 在 65% ~ 80% R-R 间期中选取影像质量最佳的时相进行图像重建。原始图像传到 AW4.4 工作站, 对原始的横断面图像进行三维重建, 应用容积显示 (VR), 曲面重组 (CPR), 多平面重组 (MPR), 最大密度投影法 (MIP), 血管分析软件重建弯曲血管等技术重建。

1.4 相关指标观察 ①采用美国心脏协会冠状动脉改良分段方法^[2]: 分为右冠状动脉近段 (RCA1)、中段 (RCA2)、远段 (RCA3)、后降支 (PDA), 左冠状动脉主干 (LMC), 前降支近段 (LAD1)、中段 (LAD2)、远段 (LAD3)、对角支 (D1), 回旋支近段 (LCX1)、中段 (LCX2)、远段 (LCX3) 和钝缘 (OM) 支。②图像质量评分: 根据 Van Hoe^[3] 等推荐的评分标准, 将重建的

冠脉图像质量分为 5 级。5 级: 无伪影; 4 级: 有轻微伪影, 仅主干一段轻微模糊, 诊断不受限; 3 级: 中等伪影, 某一支主干的一半以上模糊, 但可以诊断; 2 级: 严重伪影, 某一支主干全长模糊或不清楚或不连续, 诊断受限; 1 级: 主干不能区别, 不能用于诊断。③辐射剂量: 由 CT 机自动记录每例患者的扫描长度 (L; 单位: cm) 和容积 CT 剂量指数 (CTDIvol; 单位: mGy)。分别计算剂量长度乘积 (DLP; $DLP = L \times CTDIvol$) 和有效剂量 (ED; 单位: mSv; $ED = k \times DLP$, k 为胸部剂量权重当量, 本研究中采用欧洲 CT 质量标准指南提出的胸部平均值 0.017 mSv / (mGy · cm)^[4]。

1.5 统计分析 应用统计学软件 SPSS 13.0 对数据进行统计分析。各组数据均采用均数 ± 标准差 (Mean ± SD) 进行统计, 应用 t 检验和方差分析, 对各组 SNR 和 ED 进行比较分析, $P < 0.05$ 有统计学意义。

2 评价结果

冠脉 CTA 扫描时, 三组患者的心率分别为 (65 ± 1.61) 次/min、(65 ± 1.72) 次/min 和 (65 ± 1.89) 次/min, 扫描长度分别为 (13.01 ± 1.82) cm、(13.15 ± 1.52) cm 和 (13.29 ± 1.41) cm。三组患者心率、扫描长度、年龄、性别构成、BMI 和对比剂应用, 经 t 检验、 χ^2 检验差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。

图像对比: A 组得分情况为: 5 分 359 支, 4 分 148 支, 3 分 2 支, 2 分 0 支, 1 分 0 支; B 组得分情况为: 5 分 358 支, 4 分 149 支, 3 分 1 支, 2 分 1 支, 1 分 0 支; C 组得分情况为: 5 分 359 支, 4 分 148 支, 3 分 1 支, 2 分 1 支, 1 分 0 支; 三组图像质量得分差别无明显统计学意义 ($P > 0.05$)。

扫描剂量比较 A 组扫描 CTDI 为 (73.57 ± 2.75) mGy, DLP (1032.67 ± 87.31) mGy · cm; B 组扫描 CTDI 为 (53.37 ± 2.33) mGy, DLP (683.71 ± 74.52) mGy · cm; C 组扫描 CTDI 为 (33.17 ± 1.91) mGy, DLP (431.21 ± 67.71) mGy · cm; B 组与 A 组比较差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 平均降低辐射剂量约 34%; C 组与 B 组比较差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 平均降低辐射剂量约 36%; C 组与 A 组比较差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 平均降低辐射剂量约 68%。

3 讨论

CT 是一种电离辐射相对较高的放射学检查, 目前 CT 检查所致电离辐射已成为严重的医疗问题和社会问题, CT 扫描辐射剂量主要取决于 CT 设备的自身质量和固有的性能、CT 的扫描参数设置和技术操作因素、以及受检者个体条件等三大方面。宝石 CT

具有的各种减少辐射剂量的技术,如宝石探测器的应用、ECG 管电流自动调制技术及螺距-心率自动匹配技术,适应性统计迭代重建算法(ASIR)等。本研究通过对比分析不同的扫描参数进行冠状动脉成像时辐射剂量及图像质量的差异,为低剂量技术在 CT 冠状动脉成像中应用提供参考依据。目前冠状动脉 CTA 多采用回顾性心电门控扫描技术,采用薄层、小螺距(0.16~0.24)重叠扫描,X 射线曝光时间覆盖整个心动周期,扫描所得为整个心动周期的所有期相的图像数据,在心脏重建时根据同步的心电图(ECG)信号,以心脏相对静止的期相提取一段数据进行图像重建,虽然能够重建任意相位的图像,保证 CTA 检查的成功率,进行心功能评估,但是患者接受的无用剂量较多,辐射剂量常明显高于其他部位的 CT 检查,检查辐射剂量问题较为明显。为了实现低剂量扫描,国内外学者多采用 ECG 管电流调控技术,并适当控制螺距,ECG 管电流调控技术的基本原理是根据心脏搏动的周期,在心脏舒张期的特定相位(左右冠状动脉都能够清晰显示的期相,如心率小于 65 次/min 时设 75% R-R 间期,心率大于 65 次/min 时设 40%~80% R-R 间期)采用最大毫安输出(100% 设定值),在其余相位采用低毫安输出(如 20%~30% 设定值),这样在保证图像质量的同时降低了辐射剂量。本研究 A 组与 B 组比较显示,患者心率小于 65 次/min 且其他条件不变的前提下,采用 ECG 管电流调控技术可以降低约 34% 的辐射剂量,而两组图像质量得分无明显差别。

目前 CT 所用的重建算法为滤过反投影(FBP)重建算法,但图像重建中 FBP 对噪声较为敏感,当降低扫描剂后图像的噪声和伪影会随之增加,从而影响图像的诊断。适应性统计迭代重建算法(ASIR)因在图像的重建中能有效地降低噪声,解决 FBP 技术中因剂量降低产生的噪声问题,而被应用于 CT 扫描后的图像重建^[5]。ASIR 重建算法首先设定 X 线源不是一个单独的点,实际物体和探测器均非一个点来估计一个综合投影,然后与实际测量的投影相比较,二者的差异就是需要校正的量,在校正中,有限的光子统计波动也进行考虑。因此经过多次的校正获得更新的图像,经过有限次的迭代重建,整个分析重建过程才结束,因此这种方法计算耗时,较 FBP 算法时间长约 50% (ASIR10 幅/s,FBP15 幅/s)^[5]。但是可通过降低噪声获得降低剂量的优势,即在相同噪声水平下,扫描剂量可以显著降低。Hara 等^[5]的研究表明,ASIR 技术与常规剂量 FBP 相比,剂量降低 32%~65%,图像质量没有改变,且噪声更小。本研究显示,

患者心率小于 65 次/min 且在其他条件相同的情况下,采用适应性统计迭代重建(ASIR)技术(本组将 ASIR 权重值设定为 40%),C 组与 B 组比较平均降低辐射剂量约 36%,C 组与 A 组比较平均降低辐射剂量约 68%,而三组图像质量得分无明显差别。

通过本组研究表明,三组图像质量评分无显著差异,辐射剂量有明显的统计学差异,ED 为 C 组<B 组<A 组。B 组与 A 组比较平均降低辐射剂量约 34%;C 组与 B 组比较平均降低辐射剂量约 36%;C 组与 A 组比较平均降低辐射剂量约 68%。由此可以提示在冠状动脉 CTA 检查中采用 ECG 管电流调控技术,适应性统计迭代重建(ASIR)技术(本组将 ASIR 权重值设定为 40%),能够在保证图像质量的前提下降低患者所受辐射剂量,其中采用 ECG 管电流调控技术结合适应性统计迭代重建(ASIR)技术(本组将 ASIR 权重值设定为 40%),效果尤为明显,可以大大减低患者辐射剂量,同时满足影像诊断和保护患者的双重需要。

本研究仅局限于其中采用 ECG 管电流调控技术结合适应性统计迭代重建(ASIR)技术,将 ASIR 权重值设定为 40% 权重值降低剂量的比较,对采用相同剂量图像噪声的降低程度、不同的 ASIR 权重值降低噪声的能力及对病变的显示能力等还有待进一步研究。总之,采用 ECG 管电流调控技术结合适应性统计迭代重建(ASIR)技术扫描是减少患者辐射剂量的最佳扫描方式。

参考文献:

- [1] 王锡明,武乐斌,李振家,等. 64 层螺旋 CT 在冠状动脉造影中的应用[J]. 中华放射学杂志,2005,39(12):1201-1204.
- [2] Hsieh J, Londt J, Vass M, et al. Step-and-shoot data acquisition and reconstruction for cardiac x-ray computed tomography[J]. Med Phys, 2006, 33(11):4236-4248.
- [3] Van Hoe LR, De Meerleer KG, Leyman PP, et al. Coronary artery calcium scoring using ECG-gated multidetector CT: effect of individually optimized image-reconstruction windows on image quality and measurement reproducibility[J]. Am J Roentgenol, 2003, 181(6):1093-1099.
- [4] Menzel HG, Schibilla H, Teunen D. Guidelines on radiation dose on the patient[K]//European Guidelines on Quality Criteria for Computed Tomography, 2006, 32-33.
- [5] Hara AK, Paden RG, Silva AC, et al. Iterative reconstruction technique for reducing body radiation dose at CT: feasibility study[J]. AJR Am J Roentgenol, 2009, 193(3):764-771.

(收稿日期:2012-06-24)