

器官剂量调制技术在女性胸部 CT 成像中对乳腺的保护作用

王明月 董军强 高剑波 刘杰 侯平

450052 郑州大学第一附属医院放射科

通信作者:高剑波, Email: cjr. gaojianbo@vip. 163. com

DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 0254-5098. 2016. 07. 011

【摘要】 目的 探讨器官剂量调制(organ dose modulation, ODM)技术在女性胸部 CT 扫描中对乳腺区辐射剂量和图像质量的影响。**方法** 前瞻性收集临床需要行胸部 CT 检查的女性患者 112 例,按照检查的先后顺序将患者分为两组:对照组 56 例,采用常规平扫;试验组 56 例,平扫采用 ODM 技术。分析两组患者乳腺区域前、左、后、右 4 个方向的管电流分布情况,评价 ODM 对乳腺区域图像质量和辐射剂量的影响。**结果** 对照组患者前、后方向上管电流均为(128 ± 43) mA,而试验组患者前方向上管电流较后方向管电流低($t = -18.701, P < 0.01$)。试验组 4 个方向管电流均较对照组降低($t = 11.71 \sim 20.22, P < 0.01$)。试验组患者的容积 CT 剂量指数和有效剂量均较对照组降低($t = 3.58, 3.55, P < 0.05$)。两组患者间图像质量的客观和主观评价指标差异均无统计学意义($P > 0.05$)。**结论** 在女性胸部 CT 扫描时应用 ODM 技术,可以在不改变图像质量的前提下,降低乳腺区辐射剂量,保护敏感器官。**临床试验注册** 中国临床试验注册中心, ChiCTR-DOD-16008427

【关键词】 器官剂量调制; 体层摄影术, X 射线计算机; 辐射剂量; 乳腺

基金项目: 河南省重点科技攻关计划项目(14210231093)

Organ dose modulation in chest CT scan in female: protection of breasts Wang Mingyue, Dong Junqiang, Gao Jianbo, Liu Jie, Hou Ping

Radiology Department, First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, China

Corresponding author: Gao Jianbo, Email: cjr. gaojianbo@vip. 163. com

【Abstract】 Objective To study the effects of organ dose modulation (ODM) technique on dose reduction of the breasts and the related thoracic image quality in female chest CT. **Methods** One hundred and twelve female patients with chest CT were enrolled in this study and divided into two groups according to the order: control group ($n = 56$, using conventional scan) and experimental group ($n = 56$, using ODM technique). The tube currents in different directions (A/L/P/R) were analyzed in the two groups. The effects of ODM on the radiation dosage and image quality were assessed. **Results** The tube currents in anterior and posterior direction were both (128 ± 43) mA in the control group. However, the tube current in the anterior was lower than that in the posterior in experimental group ($t = -18.701, P < 0.01$). The tube currents in all direction in the experimental group were all lower than those in the control group ($t = 11.71 \sim 20.22, P < 0.01$). The CTDI_{vol} and E in the experimental group were lower than those in the control group ($t = 3.58, 3.55, P < 0.05$). There were no significant differences for the objective and the subjective scores between two groups ($P > 0.05$). **Conclusions** ODM technique could protect the female breasts by reducing the radiation dose without image quality degrading during chest CT scan. **Trial registration** Chinese clinical trial registry, ChiCTR-DOD-16008427

【Key words】 Organ dose modulation; Tomography, X-ray computer; Radiation dosage; Breast

Fund program: Key Science and Technology Program of Henan Province(14210231093)

进行胸部 CT 检查时,女性乳腺对 X 射线的暴露不可避免,过量吸收和累积 X 射线会增加诱发乳腺癌的风险^[1]。目前,常用的减低胸部 CT 扫描辐射剂量的方法有降低管电压、降低管电流和自动曝

光技术等^[2],但是,这些方法都不能特异地保护乳腺区域^[3]。

器官剂量调制(organ dose modulation, ODM)是一项新的辅助扫描技术,通过改变敏感器官区域的

管电流,实现对敏感器官的保护作用。笔者前瞻性探讨 ODM 技术对乳腺区域管电流、图像质量和辐射剂量的影响,旨在提高 ODM 技术在女性胸部 CT 扫描中的临床应用价值。

资料与方法

1. 临床资料:前瞻性收集郑州大学第一附属医院 2014 年 12 月至 2015 年 9 月,根据临床需要行胸部 CT 检查的女性患者 112 例,按照检查的先后顺序分为两组:对照组 56 例,年龄 21 ~ 77 岁,平均年龄 (52.9 ± 12.8) 岁,体质量指数 (BMI) $18.67 \sim 29.14 \text{ kg/m}^2$,平均为 $(23.7 \pm 2.7) \text{ kg/m}^2$; 试验组 56 例,年龄 22 ~ 74 岁,平均年龄 (50.4 ± 10.8) 岁,体质量指数 (BMI) $19.10 \sim 29.04 \text{ kg/m}^2$,平均为 $(24.1 \pm 2.4) \text{ kg/m}^2$ 。两组患者的年龄和体质量指数差异均无统计学意义 ($P > 0.05$),两组患者具有可比性。患者均签署知情同意书,试验经过医院伦理委员会批准。

2. CT 扫描设备及参数:使用美国 GE 公司能谱 CT (Discovery CT) 扫描仪进行螺旋 CT 扫描。扫描参数:管电压 120 kVp,自动管电流调制,自动毫安 120 ~ 650 mA,噪声指数 NI = 14,层厚、层间距均 5 mm,螺距 1.531,转速 0.7 s/周。

3. 扫描方案:所有患者均取仰卧位、双手臂上举成标准位固定^[4]。扫描范围从肺尖至肺底,扫描前,患者去除身上金属物品并进行呼吸训练。对照组患者采用常规胸部平扫;试验组患者平扫时扫描正侧位双重定位相,在定位相上打开 ODM 技术后将 ODM 区域框放置在乳腺区域。两组图像均采用滤波反投影 (filtered back projection, FBP) 技术联合自适应迭代统计重建技术 (adaptive statistical iterative reconstruction, ASIR),迭代比例为 30%。重建后图像传输到 ADW4.6 后处理工作站上进行测量评估。

4. 记录两组管电流及评估辐射剂量:记录 mA 值列表上前、左、后、右 4 个方向上管电流值,计算两组乳腺区在 4 个方向上的平均管电流。记录两组平扫时由机器自动计算得到的容积 CT 剂量指数 (volume CT dose index, CTDI_{vol}) 和剂量长度乘积 (dose-length product, DLP),并计算有效剂量 (effective dose, E), $E = k \cdot \text{DLP}$,根据 2003 年英国的调查报告 (NRPBW67), $k = 0.014 \text{ mSv} \cdot \text{mCy}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ ^[2]。

5. 图像质量分析

(1) 客观评价:由 1 名具有 3 年胸部诊断经验的放射科医师对两组的图像进行测量。在乳腺层面双侧均匀的肺实质内对称地画两个感兴趣区 (ROI),每个 ROI 约 36 mm^2 ,记录 ROI 内的 CT 值均数和标准差,并取两侧的平均值。在乳腺层面前胸壁脂肪内放置 ROI,ROI 约 9 mm^2 ,记录前胸壁脂肪 CT 值的标准差 (SD),SD 代表图像背景噪声。

(2) 主观评分:由 2 名分别具有 2 年胸部诊断经验的放射科医师在不知晓患者分组的情况下共同对图像质量进行评估。每例患者取乳腺层面,分别观察肺窗 (窗宽 1 200、窗位 -700) 和纵隔窗 (窗宽 350、窗位 40),根据小气道、肺血管和纵隔内结构及病灶显示的清晰度和有无伪影对图像按照 5 分制进行评分。5 分为图像非常清晰,无伪影;4 分为图像清晰,有轻度伪影;3 分为图像较清晰,有伪影,尚可诊断;2 分为图像模糊,伪影较大;1 分为图像模糊,伪影大,不能诊断。二者意见不一致时,需再次阅片并最终达成一致。

6. 统计学处理:数据用 $\bar{x} \pm s$ 表示。采用 SPSS 16.0 软件对数据进行统计分析。两组患者间的年龄、体质量指数、管电流、辐射剂量及图像质量客观评价指标采用独立样本 *t* 检验,图像质量主观评分采用 Mann-Whitney *U* 非参数秩和检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 两组患者不同方向管电流和辐射剂量比较:结果见表 1。对照组前、后方向上管电流相等,而试验组患者前、后方向上管电流差异有统计学意义 ($t = -18.701, P < 0.01$)。两组患者之间不同方向的管电流差异均有统计学意义 ($t = 11.71 \sim 20.22, P < 0.01$)。试验组较对照组 CTDI_{vol} 减低 18% ($t = 3.58, P < 0.05$),E 减低 20% ($t = 3.55, P < 0.05$)。

2. 两组患者图像质量比较:对照组和试验组患者间,乳腺区肺实质 CT 值、肺实质噪声及图像背景噪声差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。对照组图像质量评分 3、4、5 分,分别有 1、17 和 38 例,试验组分别有 1、19 和 36 例,平均分为 4.7 ± 0.5 和 4.6 ± 0.5 ,两组间评分差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。两组图像质量均较好,可满足诊断要求 (表 2)。

表 1 两组患者乳腺区域不同方向上管电流及辐射剂量($\bar{x} \pm s$)Table 1 Tube currents in the different direction and radiation dosage in the breast area between two groups ($\bar{x} \pm s$)

| 组别 | 例数 | 管电流(mA) | | | | 辐射剂量 | |
|-----|----|----------|----------|----------|----------|---------------------------|-----------|
| | | 前 | 左 | 后 | 右 | CTDI _{vol} (mGy) | E(mSv) |
| 对照组 | 56 | 128 ± 43 | 162 ± 57 | 128 ± 43 | 162 ± 57 | 5.2 ± 1.5 | 2.5 ± 0.8 |
| 试验组 | 56 | 81 ± 27 | 118 ± 41 | 109 ± 36 | 119 ± 42 | 4.2 ± 1.2 | 2.0 ± 0.7 |
| t 值 | | 20.22 | 15.86 | 11.71 | 16.91 | 3.58 | 3.55 |
| P 值 | | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | 0.01 | 0.01 |

注:CTDI_{vol}·容积 CT 剂量指数;E.有效剂量

表 2 两组患者图像质量比较(HU, $\bar{x} \pm s$)Table 2 The comparison of image quality between two groups(HU, $\bar{x} \pm s$)

| 组别 | 例数 | 肺实质 CT 值 | 肺实质噪声 | 背景噪声 |
|-----|----|-----------|------------|-----------|
| 对照组 | 56 | -847 ± 46 | 26.5 ± 2.5 | 6.7 ± 1.4 |
| 试验组 | 56 | -842 ± 52 | 27.3 ± 3.5 | 6.9 ± 1.4 |
| t 值 | | -0.483 | -1.394 | -0.736 |
| P 值 | | 0.630 | 0.166 | 0.463 |

讨 论

自动管电流是一种采用 z 轴射线管电流调制的自动曝光控制系统,根据不同层面的体厚而改变对应的毫安。智能管电流是 x、y 轴空间根据 X 射线管入射方向和穿过人体厚度的不同来调整对应的毫安,对于每次沿 z 轴旋转,系统都会根据患者长轴和短轴比计算每个 x 和 y 轴方向上的 mA 值。器官剂量调制(ODM)是特殊的 mA 模式,在 Smart mA 基础上强调对位于患者前方的放射敏感器官所在位置,如眼睛和乳腺的保护,通过大幅度减低 120°扇角内 X 射线管电流(mA)来降低敏感器官区域的辐射剂量,并加入 ODM 算法,同时维持总体图像噪声(标准偏差)^[5]。使用 ODM 技术的前提是自动和智能管电流同时打开,当智能管电流以 x 和 y 方向调制沿 z 轴的 mA 时,对于沿 z 轴的每个位置,系统都会使用 ODM 的算法,根据患者在扫描架中的方向,以前、左、后、右的患者方向计算 mA 值,并可读式地呈现在 mA 表上。以往文献中,没有直观显示保护区管电流的值^[6],本研究可以直观地比较 ODM 技术对于保护区管电流的影响。

本研究结果显示,对于对照组患者不应用 ODM 技术,前、后两方向上管电流相等均为(128 ± 43) mA,而试验组患者应用 ODM 技术后,在前方向上管电流明显低于后方向上管电流。试验组患者不同方向的管电流均低于对照组患者。说明 ODM 技术能显著减低乳腺区域前方向的管电流。胡敏霞等^[7]在体模实验中得到辐射剂量与管电流呈正相关,说

明 ODM 技术的应用能减低乳腺区域的辐射剂量。本研究结果显示,试验组较对照组 CTDI_{vol}、E 分别减低 17.99%、20%,降低幅度小于以往文献报道^[8]。笔者考虑其主要原因在于,本研究是在自动管电流低剂量的基础上再次减低敏感器官区的辐射剂量,辐射剂量减低幅度会相应减小。图像质量的决定因素是图像噪声,高噪声会影响组织对病变的检出^[9]。本研究结果显示,试验组应用 ODM 技术后,乳腺层面肺实质噪声及图像背景噪声均较对照组差异无统计学意义,两组间乳腺层面肺实质 CT 值和主观评价指标的差异均无统计学意义。两组图像质量均较好,可以满足诊断需求,与其他学者的结果一致。

本研究不足主要有:笔者应用辐射剂量表得出扫描剂量,而采用器官表面接受辐射剂量更能准确地反映 ODM 技术对敏感器官辐射剂量的影响幅度,有待今后进一步测量研究。

综上所述,在女性胸部 CT 扫描中应用 ODM 技术,可以在不改变图像质量的前提下减低辐射剂量,实现对乳腺区域的保护。

利益冲突 本研究具有独立性和科学性,研究设计、收集、分析和文章撰写均由本文的共同作者完成,共同作者间无利益冲突关系。本研究与商业机构间无财务往来

作者贡献声明 本研究的病例收集、数据测量分析和文章起草由王明月完成;研究设计及文章修改由董军强完成;文章审阅由高剑波完成;CT 技术指导及参数设计由刘杰、侯平完成

参 考 文 献

- [1] 柳杰,刘佩芳,王红彬,等.不同附加滤过与数字乳腺 X 射线摄影辐射剂量和影像质量相关性的研究[J].中华放射学杂志,2012,46(12):1079-1082. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2012.12.005.
- Liu J, Liu PF, Wang HB, et al. Correlation study of effect of additional filter on radiation dose and image quality in digital mammography[J]. Chin J Radiol, 2012, 46(12):1079-1082.

- DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2012.12.005.
- [2] 王晓华,张艳,袁慧书,等.自动管电压调制技术参考毫安秒对胸部 CT 平扫图像质量和辐射剂量的影响[J].中华放射学杂志,2015,49(3):179-182. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2015.03.005.
- Wang XH, Zhang Y, Yuan HS, et al. Effect of reference mAs in CARE kV technique on image quality and radiation dose in unenhanced chest CT[J]. Chin J Radiol, 2015, 49(3):179-182. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2015.03.005.
- [3] Lungren MP, Yoshizumi TT, Brady SM, et al. Radiation dose estimations to the thorax using organ-based dose modulation [J]. AJR, 2012, 199(1):W65-73. DOI: 10.2214/AJR.11.7798.
- [4] 朱卫平,王振,钟建国,等.手臂上举姿势对胸部多层 CT 扫描自动管电流曝光技术的影响[J].中华放射学杂志,2012,46(10):948-949. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2012.10.018.
- Zhu WP, Wang Z, Zhong JG, et al. The effects of the arm pose to the automatic tube current exposure technology during chest MSCT [J]. Chin J Radiol, 2012, 46(10):948-949. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2012.10.018.
- [5] Taylor S, Litmanovich DE, Shahrzad M, et al. Organ-based tube current modulation: are women's breasts positioned in the reduced-dose zone? [J]. Radiology, 2015, 274(1):260-266. DOI: 10.1148/radiol.14140694.
- [6] Hoang JK, Yoshizumi TT, Choudhury KR, et al. Organ-based dose current modulation and thyroid shields: techniques of radiation dose reduction for neck CT [J]. AJR, 2012, 198(5):1132-1138. DOI: 10.2214/AJR.11.7445.
- [7] 胡敏霞,赵心明,宋俊峰,等.64层螺旋 CT 腹部扫描参数优化的初步研究[J].中华放射学杂志,2011,45(3):264-269. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2011.03.008.
- Hu MX, Zhao XM, Song JF, et al. Preliminary study of the optimization of abdominal CT scanning parameters on 64-slice spiral CT [J]. Chin J Radiol, 2011, 45(3):264-269. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2011.03.008.
- [8] Hurwitz LM, Yoshizumi TT, Goodman PC, et al. Radiation dose savings for adult pulmonary embolus 64-MDCT using bismuth breast shields, lower peak kilovoltage, and automatic tube current modulation [J]. AJR, 2009, 192(1):244-253. DOI: 10.2214/AJR.08.1066.
- [9] 赵峰,曾勇明,彭刚,等.胸部低剂量 CT 扫描管电流与噪声分布相关性研究[J].中华放射医学与防护杂志,2012,32(1):100-103. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2012.01.030.
- Zhao F, Zeng YM, Peng G, et al. Correlation between the tube current and image noise in low-dose chest CT scan [J]. Chin J Radiol Med Prot, 2012, 32(1):100-103. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2012.01.030.

(收稿日期:2015-11-04)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

本刊可直接使用缩写形式的常用词汇

本刊对于以下放射医学工作者比较熟悉的一些常用词汇,将允许在论文撰写和发表文章中直接使用其缩写,可以不标注中文。按汉语拼音排序如下:

- | | |
|-------------------------------|--------------------|
| 白介素(IL) | 聚偏氟乙烯(PVDF) |
| 苯甲基磺酰氟(PMSF) | 链霉素和素-生物素复合物(SABC) |
| 丙氨酸转氨酶(ALT) | 临床靶区体积(CTV) |
| 传能线密度(LET) | 磷酸盐缓冲液(PBS) |
| 磁共振成像(MRI) | 三维适形放疗(3D-CRT) |
| 碘化丙啶(PI) | 十二烷基硫酸钠(SDS) |
| 二氨基联苯胺(diaminobenzidine, DAB) | 四甲基偶氮唑盐比色法(MTT) |
| 二甲基亚砷(DMSO) | 苏木精-伊红染色(HE) |
| 二喹啉甲酸(BCA) | 胎牛血清(FBS) |
| 反转录-聚合酶链反应(RT-PCR) | 体质量指数(BMI) |
| 放射增敏比(SER) | 天冬氨酸转氨酶(AST) |
| 计划靶区体积(PTV) | 调强适形放疗(IMRT) |
| 计算机断层扫描(CT) | 危及器官(OAR) |
| 剂量长度乘积(DLP) | 一氧化氮(NO) |
| 剂量体积直方图(DVH) | 异硫氰酸荧光素(FITC) |
| 焦碳酸二乙酯(DEPC) | 转化生长因子(TGF) |
| 聚丙烯酰胺凝胶电泳(PAGE) | 肿瘤坏死因子(TNF) |
| 聚合酶链反应(PCR) | 肿瘤靶区体积(GTV) |

(本刊编辑部)