

Dual-energy virtual non-contrast technique in evaluation of mediastinal lymph nodes using dual-source CT

CHEN Hua, YE Ying, LIU Heng, ZHANG Tijiang, LUO Kejin, WANG Xiangao, LI Bangguo*
(Department of Radiology, Affiliated Hospital of Zunyi Medical College, Zunyi 563003, China)

[Abstract] **Objective** To compare clinical value of dual-energy virtual non-contrast (VNC) and conventional non-contrast (CNC) techniques in patients with lesions of mediastinal lymph nodes by dual-source CT. **Methods** A total of 50 patients with suspicious mediastinal lymphadenopathy underwent CNC and two-phase dual energy chest CT. The arterial and venous phase VNC images were obtained using Siemens Syngo MMWP 47136 workstation. The mean CT value, SNR, image quality and radiation dose were compared among CNC, arterial and venous phase VNC images. **Results** There was no statistical difference of mean CT value and image quality scores in the muscle behind the thoracic vertebral body of the tracheal bifurcation level among CNC, arterial and venous phase VNC (all $P > 0.05$). There were statistical difference of SNR among CNC, arterial and venous phase VNC ($P < 0.05$). CT dose index volume, dose-length product and effective dose of conventional three-phase scan were higher than those of dual-energy two-phase scan (all $P < 0.05$). The lymph node CT values of malignant, benign and normal group were statistical difference among CNC, arterial and venous phase VNC images ($P < 0.05$). **Conclusion** There was no difference in images quality between VNC and CNC. Both of them are valuable and effective in clinical use. And VNC can reduce the radiation dosage.

[Key words] Lymph nodes; Mediastinum; Tomography, X-ray computed; Virtual non-contrast; Radiation dosage

DOI: 10.13929/j.1003-3289.2016.08.034

双源 CT 双能量虚拟平扫技术 评价纵隔淋巴结

陈 华, 叶 颖, 刘 衡, 张体江, 骆科进, 王显高, 李邦国*
(遵义医学院附属医院放射科, 贵州 遵义 563003)

[摘要] **目的** 比较双源 CT 双能量虚拟平扫(VNC)与常规平扫(CNC)在纵隔淋巴结病变检查中的临床应用价值。**方法** 对 50 例临床疑诊纵隔淋巴结病变患者行双能量 CT CNC 和增强扫描, 并重建动脉期 VNC 和静脉期 VNC, 对 CNC 与动、静脉期 VNC 图像平均 CT 值、SNR、图像质量评分及总辐射剂量进行比较。**结果** 50 例患者气管杈水平胸椎椎体后方肌肉 CNC 及动、静脉期 VNC 的平均 CT 值、图像质量评分差异均无统计学意义(P 均 > 0.05), SNR 差异有统计学意义($P < 0.05$)。常规三期扫描的容积 CT 剂量指数、剂量长度乘积、有效剂量均高于双能量双期扫描, 差异有统计学意义(P 均 < 0.05)。恶性组、良性组、正常组淋巴结 CNC 及动、静脉期 VNC 的 CT 值差异均有统计学意义(P 均 < 0.05)。**结论** 纵隔双源 CT 双能量 VNC 与 CNC 图像质量无差别, 均可满足临床诊断要求, 且 VNC 辐射剂量更小。

[关键词] 淋巴结; 纵隔; 体层摄影术; X 线计算机; 虚拟平扫; 辐射剂量

[中图分类号] R733.4; R814.42 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2016)08-1277-04

[基金项目] 贵州省科技厅社会发展科技攻关计划项目(黔科合 SY 字[2013]3038)、贵州省教育厅普通高等学校创新团队自然科学研究项目(黔教合人才团队字[2014]37)。

[第一作者] 陈华(1973—), 男, 贵州赤水人, 硕士, 主治医师。研究方向: 胸腹部影像学。E-mail: xzmlnch@163.com

[通信作者] 李邦国, 遵义医学院附属医院放射科, 563003。E-mail: lbg2015@163.com

[收稿日期] 2015-12-26 **[修回日期]** 2016-03-31

纵隔淋巴结是胸内淋巴结的重要组成部分,CT 是目前诊断纵隔淋巴结病变的主要方法之一,但 CT 的辐射剂量较大。研究^[1]报道,X 线辐射剂量与癌症具有相关性。双源 CT 双能量虚拟平扫(virtual non-contrast, VNC)技术采用实时动态曝光剂量调节(CARE Dose 4D 技术)可提升扫描速度和图像质量,同时 VNC 无需行常规平扫(conventional non-contrast, CNC),可降低辐射剂量^[2]。研究^[3-4]报道,与常规 CT 相比较,VNC 辐射剂量可降低 30%~60%,增加了该技术临床应用的可行性^[5]。本研究旨在通过采用双源 CT 双能量 VNC 技术评估纵隔淋巴结病变的图像质量及辐射剂量,探讨 VNC 技术是否可替代 CNC 用于纵隔淋巴结病变的检测。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集我院 2013 年 7 月—2015 年 1 月因临床疑诊为纵隔淋巴结病变接受双源 CT 双能量扫描的患者 50 例,男 40 例,女 10 例,年龄 16~82 岁,平均(55.2±14.1)岁。其中 38 例共 160 枚纵隔淋巴结经临床、病理证实,包括恶性组淋巴结 58 枚(转移性 26 枚,淋巴瘤 32 枚)、良性组淋巴结 36 枚(结核性 23 枚,反应性增生 13 枚)、正常组淋巴结 66 枚。受检者检查前均签署知情同意书。

1.2 仪器与方法 采用 Siemens Somatom Definition Flash 双源 CT 行 CNC 及双能量双期增强扫描。扫描范围从胸廓入口至后肋膈角区。CNC 采用单能量模式,管电压 80 kV,管电流 110 mAs,准直 128×0.6 mm,螺距 0.6。增强采用双能量模式,A、B 两个球管管电压 80、140 kV,管电流 461、178 mAs,自动启用 CARE Dose 4D 技术,球管旋转时间为 0.5 s,动、静脉期延迟时间为 30 s;两个球管分别设置相同的准直(32×0.6 mm)和螺距(0.6)。重建层间距及层厚均为 1 mm。将重建获得的双能量数据传入 Siemens Syngo MMWP 47136 后处理工作站,将动、静脉期图像导入 Dual-Energy 软件,选择 Liver VNC 后处理程序获得动脉期 VNC 和静脉期 VNC 图像。调整纵隔窗 VNC 图像窗宽 380 HU,窗位 55 HU,与 CNC 一致。尽可能在淋巴结最大层面勾画 ROI,ROI 面积大于 20 mm²。测量纵隔淋巴结常规平扫及动、静脉期 VNC 的 CT 值,各参数均经 3 次测量并取其平均值,尽可能在同层面、同部位进行测量。

1.3 图像评价 通过纵隔窗进行观察,测量气管杈水平胸椎椎体后方肌肉 ROI 的 VNC 和 CNC 的 CT 值、SNR,SNR=平均 CT 值/标准差^[6],测量区域大小约

50~100 mm²。由 2 名高年资胸部影像诊断医师采用双盲法对图像质量进行评分,如意见出现分歧,与第 3 名医师进行讨论,达成一致。阅片顺序为 CNC,动、静脉期 VNC 图像。评分标准按纵隔窗 5 分等级进行评分^[7]:5 分,解剖结构和淋巴结显示清晰,可以明确评估;4 分,解剖结构和淋巴结显示较清晰,可以进行评估,但不很好;3 分,大部分解剖结构和淋巴结能够用于临床诊断,仅极少数图像不能用于评估;2 分,解剖结构和淋巴结显示不很清晰,影响临床诊断;1 分,解剖结构和淋巴结不能清楚显示,不能应用于临床诊断。评分达 3 分及以上者,均能够满足临床诊断要求,评分达 4 分及以上为图像质量优。

1.4 辐射剂量 扫描完成后由机器自动生成容积 CT 剂量指数(computed tomography dose index volume, CTDIvol)与剂量长度乘积(dose-length product, DLP),计算有效剂量(effective dose, ED),ED=DLP×k,k 为换算因子,按欧盟 CT 质量标准指南中胸部 k 值为 0.014^[8]。受检者接受常规扫描(平扫、动脉期及静脉期)的 ED,以相当于 CNC 患者 ED 的 3 倍计算;双能量 VNC 技术 ED 即动、静脉期双能量增强扫描的 ED 之和。

1.5 统计学分析 采用 SPSS 18.0 统计分析软件,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用单因素方差分析比较 CNC 及动、静脉期 VNC 图像平均 CT 值、SNR、图像质量评分的差异,常规三期与双能量双期扫描 ED 的比较采用独立样本 *t* 检验。恶性组、良性组与正常组淋巴结的 CNC 及动、静脉期 VNC 的 CT 值的比较采用单因素方差分析。两两比较采用 LSD 法。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 图像质量、辐射剂量 气管杈水平胸椎椎体后方肌肉 CNC 及动、静脉期 VNC 平均 CT 值差异无统计学意义($P > 0.05$);SNR 差异有统计学意义($P < 0.05$)。CNC 及动、静脉期 VNC 图像质量评分差异无统计学意义($P > 0.05$),见表 1(图 1、2)。双能量双期扫描的 CTDIvol、DLP、ED 均低于常规三期扫描,差异有统计学意义($P < 0.05$,表 2)。

2.2 纵隔淋巴结 CT 值 恶性组、良性组、正常组淋巴结 CNC 及动、静脉期 VNC 的 CT 值差异均有统计学意义(P 均 < 0.05),见表 3。三组间两两比较差异均有统计学意义(P 均 < 0.05)。

3 讨论

双源 CT 双能量技术已成为近年的研究热点。纵隔结构复杂,纵隔淋巴结病变的临床症状和体征无特

表 1 胸椎体后方肌肉软组织 VNC 与 CNC 的 CT 值、SNR 及图像质量评分比较 ($\bar{x} \pm s$)

扫描方式	CT 值(HU)	SNR	图像质量评分
动脉期 VNC	52.63±2.97	3.96±0.43	4.40±0.73
静脉期 VNC	53.29±3.08	4.08±0.46	4.50±0.68
CNC	51.93±2.98	3.62±0.39	4.58±0.61
F 值	2.540	16.085	0.897
P 值	0.082	<0.001	0.410

表 2 双能量双期与常规三期扫描辐射剂量比较 ($\bar{x} \pm s$)

扫描方式	CTDIvol(mGy)	DLP(mGy·cm)	ED(mSv)
双能量双期	22.76±4.07	658.34±120.65	9.21±1.69
常规三期	27.00±2.72	782.46±136.69	10.95±1.91
t 值	-4.813	-4.814	-4.822
P 值	<0.001	<0.001	<0.001

表 3 三组淋巴结 CNC 及动、静脉期 VNC 的 CT 值(HU, $\bar{x} \pm s$)

组别	CNC	动脉期 VNC	静脉期 VNC
恶性组	35.82±5.44	36.49±5.44	37.05±5.85
良性组	45.50±2.63	46.08±2.57	46.68±2.36
正常组	49.26±7.74	52.24±3.54	52.09±3.53
F 值	81.315	181.413	172.815
P 值	<0.001	<0.001	<0.001

异性,难以通过体格检查等方法诊断。因此,影像学检查成为诊断纵隔淋巴结病变的主要方法。

双源 CT 具备独立的两套 X 线球管-探测器系统,这两套独立组合数据获取系统是形成双能量成像的硬件基础^[9]。双源 CT 双能量 VNC 是利用碘对比剂和软组织 X 线不同衰减系数的差别,经双能模式扫描后,通过专门的数据处理软件计算和分析,自动将碘对比剂分离出来,使碘从增强影像上去除,获得类似于 CNC 的图像,所以称作 VNC^[10-11]。双源 CT 扫描过程中自动启用 CARE Dose 4D 技术,自动调整毫安量并提高检查速度及射线利用率,可降低受检者接受的辐射剂量^[2]。双源 CT 迭代重建技术已广泛应用于临床^[12-13],Maffei 等^[14]认为迭代重建技术在降低受检者辐射剂量的同时可提高图像质量。在采用 VNC 技术处理图像时部分数据量会有所减少,从而使 VNC 图像质量比 CNC 图像质量稍降低,VNC 图像噪声比 CNC 稍增高。本研究 ROI 选择在气管杈水平胸椎椎体后方肌肉,CNC 与动、静脉期 VNC 图像的平均 CT 值差异无统计学意义($P>0.05$)。动、静脉期 VNC 图像的 SNR 高于 CNC($P<0.05$)。Yeh 等^[15]认为动、静脉期 VNC 图像 SNR 高于 CNC,是因 VNC 图像的后处理算法使用了专用滤波平滑技术,因而导致背景



图 1 患者男,63 岁,右肺上叶鳞癌 CNC(A)、动脉期 VNC(B)和静脉期 VNC(C)图像气管杈水平胸椎后方肌肉 CT 值分别为 51.08、51.76、51.90 HU;均清楚显示降主动脉壁钙化灶



图 2 患儿男,6 岁,淋巴瘤 CNC(A)、动脉期 VNC(B)和静脉期 VNC(C)图像均清楚显示右肺门区钙化灶及肿大淋巴结

噪声下降; SNR 是权衡图像不受干扰的重要指标, SNR 与 X 线球管管电流、管电压有明显关系, 并与重建算法、层厚等有相关性; 提高管电流、增大扫描层厚、降低管电压, 会使 SNR 增高^[16]。

在降低管电压、管电流的同时, 增加螺距可有效降低受检者所接受的 ED, 但可能影响图像质量, 因此在满足图像质量的前提下减少辐射剂量是 CT 发展的一个关注点。常规胸部 CT 扫描为平扫及动、静脉期增强扫描, 而双能量 VNC 技术可直接进行动、静脉期增强扫描, 通过增强后处理技术得到类似 CNC 的 VNC 图像, 从而减少一次平扫的辐射剂量, 使受检者接受的总辐射剂量低于常规三期扫描, 还可减少检查费用、缩短检查时间。本研究对双源 CT 双能量双期扫描与常规三期扫描的 CTDIvol、DLP、ED 进行比较, 发现双能量双期扫描较常规三期扫描的 ED 明显减低 ($P < 0.001$); 此外, 本研究中 VNC 的图像质量评分与 CNC 差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 提示在保证图像质量的前提下, 双能量 VNC 技术可使辐射量下降。

双源 CT 双能量是在高低两种不同能量状态下利用 X 线衰减特性的不同成像, 实现物质密度成像及分离功能。而双能量扫描可更清晰地显示纵隔淋巴结, 双能量融合加权图像 SNR 和对比度^[17]。VNC 图像纵隔淋巴结平扫密度稍高于 CNC, 其原因可能为纵隔淋巴结常位于大血管周围, VNC 图像血管内残留的碘会对淋巴结数据测量准确性产生一定影响。本研究恶性组淋巴结平扫 CT 值低于良性组与正常组, 良性组平扫 CT 值低于正常组 (P 均 < 0.05)。

本研究的局限性: 样本量有限; 仅对 VNC 技术替代 CNC 的可行性进行研究, 未对 VNC 诊断病变的能力进行评价, 有待进一步完善。

综上所述, 双源 CT 双能量 VNC 技术可在保证图像质量、不影响纵隔淋巴结病变显示的情况下满足临床诊断需求, 并有效降低辐射剂量, 有较高的应用价值。

[参考文献]

[1] Brenner DJ, Elliston CD. Estimated radiation risks potentially associated with full-body CT screening. *Radiology*, 2004, 232(3): 735-738.

[2] Francone M, Napoli A, Carbone I, et al. Noninvasive imaging of the coronary arteries using a 64-row multidetector CT scanner: Initial clinical experience and radiation dose concerns. *Radiol Med*, 2007, 112(1):31-46.

[3] Graser A, Johnson TR, Chandarana H, et al. Dual energy CT: Preliminary observations and potential clinical applications in the abdomen. *Eur Radiol*, 2009, 19(1):13-23.

[4] Zhang LJ, Peng J, Wu SY, et al. Liver virtual non-enhanced CT with dual-source, dual-energy CT: A preliminary study. *Eur Radiol*, 2010, 20(9):2257-2264.

[5] 张龙江, 卢光明. 双能量 CT 在胸部的应用和进展. *中华放射学杂志*, 2011, 45(1):92-94.

[6] Kealey SM, Loving VA, Delong DM, et al. User-defined vascular input function curves: Influence on mean perfusion parameter values and signal-to-noise ratio. *Radiology*, 2004, 231(2):587-593.

[7] Behrendt FF, Schmidt B, Plumhans C, et al. Image fusion in dual energy computed tomography: Effect on contrast enhancement, signal-to-noise ratio and image quality in computed tomography angiography. *Invest Radiol*, 2009, 44(1):1-6.

[8] Mayo JR, Aldrich J, Muller NL, et al. Radiation exposure at chest CT: A statement of the Fleischner Society. *Radiology*, 2003, 228(1):15-21.

[9] 陈华, 李邦国, 叶颖, 等. 双源 CT 双能量虚拟平扫的临床应用研究进展. *中国医学影像技术*, 2016, 32(2):298-301.

[10] Graser A, Johnson TR, Hecht EM, et al. Dual-energy CT in patients suspected of having renal masses: Can virtual nonenhanced images replace true nonenhanced images? *Radiology*, 2009, 252(2):433-440.

[11] 江杰, 韩丹. 双能量 CT 虚拟平扫技术的临床应用及进展. *中华放射学杂志*, 2012, 46(10):958-960.

[12] Moscareiello A, Takx RA, Schoepf UJ, et al. Coronary CT angiography: Image quality, diagnostic accuracy, and potential for radiation dose reduction using a novel iterative image reconstruction technique-comparison with traditional filtered back projection. *Eur Radiol*, 2011, 21(10):2130-2138.

[13] Schindera ST, Diedrichsen L, Müller HC, et al. Iterative reconstruction algorithm for abdominal multidetector CT at different tube voltages: Assessment of diagnostic accuracy, image quality, and radiation dose in a phantom study. *Radiology*, 2011, 260(2):454-462.

[14] Maffei E, Martini C, Rossi A, et al. Diagnostic accuracy of second-generation dual-source computed tomography coronary angiography with iterative reconstructions: A real-world experience. *Radiol Med*, 2012, 117(5):725-738.

[15] Yeh BM, Shepherd JA, Wang ZJ, et al. Dual-energy and low-kVp CT in the abdomen. *AJR Am J Roentgenol*, 2009, 193(1):47-54.

[16] Tawfik AM, Kerl JM, Bauer RW, et al. Dual-energy CT of head and neck cancer: Average weighting of low- and high-voltage acquisitions to improve lesion delineation and image quality-initial clinical experience. *Invest Radiol*, 2012, 47(5):306-311.

[17] 胡奕, 郭启勇. 双源 CT 双能量扫描技术在腹部的应用. *中国临床医学影像杂志*, 2011, 22(2):108-111.