

Lung VCAR software for measurement of analogous small lung nodule volume with low-dose MSCT

LI Sheng-hu^{1,2}, HUANG Gang², XU Xiang-jiu^{2*}, MA Ya-qiong²

(1. the First Clinical Medical College, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China;

2. Department of Radiology, Gansu Provincial Hospital, Lanzhou 730000, China)

[Abstract] **Objective** To observe the value of Lung VCAR software for measurement of analogous small lung nodule volume by MSCT with different doses. **Methods** Seven porcine lungs were inflated and prepared with artificial nodules, which were made up with injection of animal fat, paraffin and iodized oil in a certain ratio. The thoracic wall was simulated with a roll bandage surrounded by cysts filled with water. The chest phantom was scanned by MSCT in 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90 and 200 mA. The original data were reconstructed with bone algorithm and 1.25 mm thickness. Then the reconstructed data were transferred into workstation AW 4.4. Volumes of analogous small lung nodules were measured automatically with Lung VCAR software, and then analyzed among different tube currents. Dose length product (DLP) was also compared between 200 mA and 10 mA MSCT. **Results** There was no significant difference between nodule volume which was measured in different tube currents and real volume (all $P > 0.05$). Comparing with DLP in 200 mA, radiation dose significantly reduced with 10 mA ($P < 0.05$). **Conclusion** Lung VCAR software can measure the volume of analogous small lung nodules with low dose MSCT.

[Key words] Tomography, X-ray computed; Pulmonary nodules; Volume; Radiation dose

低剂量 CT Lung VCAR 软件测量模拟肺小结节体积

李生虎^{1,2}, 黄刚², 徐香玖^{2*}, 马娅琼²

(1. 兰州大学第一临床医学院, 甘肃 兰州 730000; 2. 甘肃省人民医院放射科, 甘肃 兰州 730000)

[摘要] **目的** 分析 Lung VCAR 软件测量不同剂量条件下 MSCT 图像中模拟肺小结节的准确度。**方法** 猪心肺联合器官 7 个, 膨胀猪肺后注入动物脂肪、石蜡、碘化油混合物, 制备成模拟肺小结节模型, 肺周围包绕水囊模拟胸廓。在 10、15、20、25、30、35、40、45、50、60、70、80、90 及 200 mA 不同管电流下进行 MSCT 扫描, 原始数据用 1.25 mm 骨重建, 获得薄层数据导入 AW 4.4 工作站, 用 Lung VCAR 软件自动测量模拟肺小结节的体积, 分析不同剂量条件下模拟肺小结节体积及注射体积之间的差异, 并比较 MSCT 常规剂量(200 mA)和低剂量(10 mA)的剂量长度乘积(DLP)。**结果** 不同管电流下, Lung VCAR 软件测量模拟肺小结节体积与注射体积之间差异无统计学意义(P 均 > 0.05)。与常规剂量 DLP 相比, 低剂量条件下 DLP 明显降低($P < 0.05$)。**结论** 利用 Lung VCAR 软件能够在低剂量扫描中准确测量模拟肺小结节的体积。

[关键词] 体层摄影术, X 线计算机; 肺结节; 体积; 放射剂量

[中图分类号] R734.2; R814.42 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2012)04-0787-04

孤立性肺结节(solitary pulmonary nodules,

SPN)定义为肺实质内圆形的不透光区,边缘光整,最大直径 ≤ 3 cm,若直径 < 1 cm 则称为小结节^[1]。低剂量 MSCT 检测非钙化肺小结节的敏感度高,并能明显降低辐射剂量^[2],已成为近年研究的热点;所检出的许多小结节常缺乏恶性征象,需要定期随访,但通过二维 CT 测量直径来判断结节的倍增时间存在很大误

[作者简介] 李生虎(1984—),男,甘肃白银人,在读硕士,医师。研究方向:胸部影像诊断。E-mail: shenghuli@139.com

[通讯作者] 徐香玖,甘肃省人民医院放射科,730000。

E-mail: xvxiangjiu@sina.com

[收稿日期] 2011-09-30 **[修回日期]** 2011-11-03

差^[3],用肺小结节体积评估肿瘤生长情况可能更加准确。本研究选取猪心肺联合器官,人工制备肺小结节模型,评价 Lung VCAR 软件在低剂量 CT 扫描中测量肺小结节体积的价值。

1 材料与方 法

1.1 材料与仪器 猪心肺联合器官(7个),乳胶管、1 ml 注射器、9 号腰穿针(直径 0.9 mm,长度 103 mm)、碘化油、动物脂肪、石蜡、医用超声耦合剂。GE LightSpeed 128 层 VCT 扫描仪,与之适配的 AW 4.4 工作站和 Lung VCAR 肺结节分析软件包。

1.2 模拟肺和胸廓的制备 ①模拟胸廓:将乳胶管内充满水,制成 9 个长度分别为 30、35、40、45、50、55、60、65 及 70 cm,直径 4~5 cm 的水囊,相互固定成桶状;②模拟肺:取猪心肺联合器官(器官无破损),经主支气管充入适量气体,使肺组织处于膨胀状态,并密封主支气管,确保无漏气。

1.3 模拟肺结节制备 参考 Juergen 等^[4]制备肺结节方法,将动物脂肪、石蜡、碘化油按体积比例 85:14:1 混合,并用胸部扫描协议检测其 CT 值,制成混合物(熔

点为 37 °C、CT 值为 50~100 HU),置于恒温箱中(37°C)备用。用 1 ml 注射器配置 9 号腰穿针缓慢将混合物注入膨胀肺组织的 16 个不同部位,并记录注射体积。注射结束后,在肺表面涂布医用超声耦合剂(厚度 1~2 mm),放入胸廓模型内。

1.4 CT 扫描参数 螺距 0.6 s,层厚 5 mm,层距 5 mm,管电压 120 kV,常规剂量管电流 200 mA,低剂量管电流分别取 10、15、20、25、30、35、40、45、50、60、70、80 及 90 mA,其他参数不变。采用随机数字表法随机选取管电流。以骨算法重建,重建层厚 1.25 mm,重建间隔 1.25 mm。将重建图像导入 AW 4.4 工作站,利用 Lung VCAR 图像分析软件包对重建薄层图像进行分析。

1.5 模型肺小结节纳入标准及排除标准 ①纳入标准:在常规剂量(200 mA)薄层 CT 图像中,模拟小结节与周围肺野有很好的分界线,呈类圆形或柱状,混合物未进入支气管或沿注射针孔反流。此类模拟小结节可用 Lung VCAR 软件进一步分析,自动测出体积并纳入研究,记录结节位置。②排除标准:在常规剂量

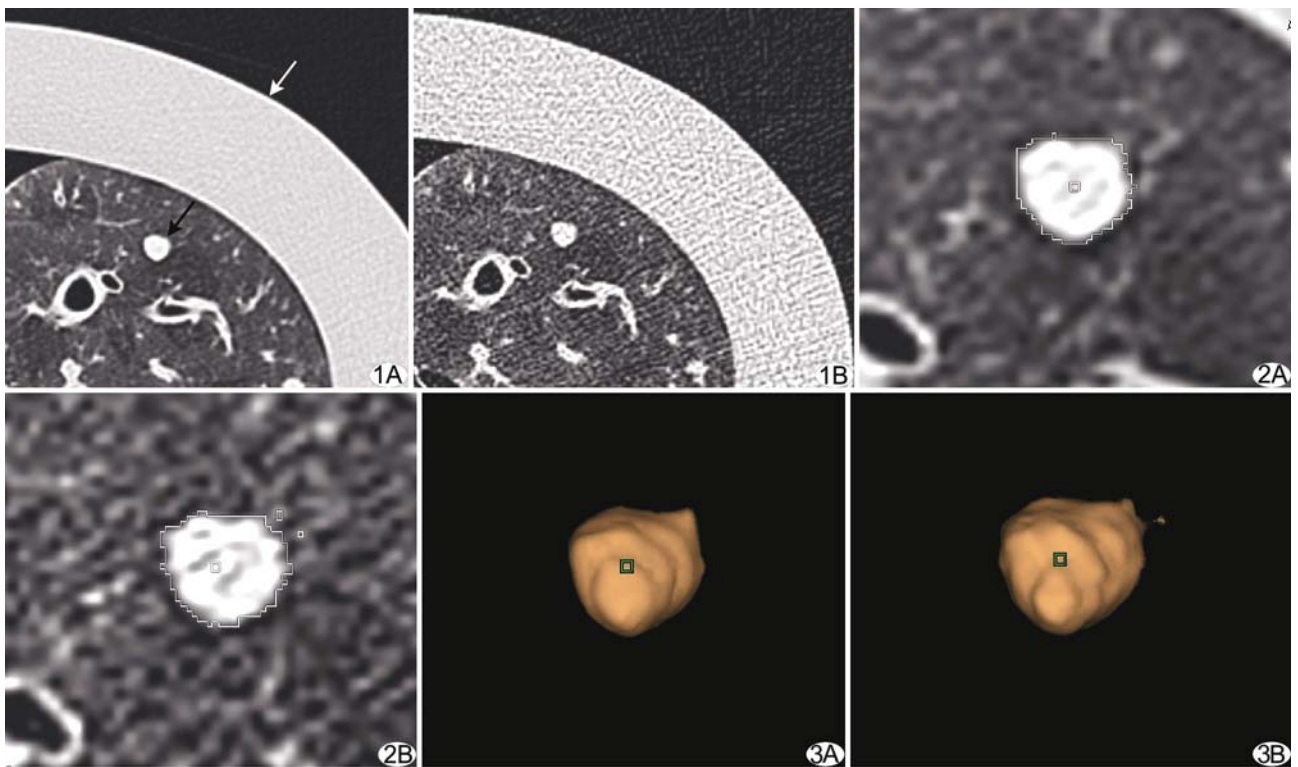


图 1 不同管电流轴位 MSCT 图像显示模拟肺小结节 A. 200 mA 图像(黑箭示模拟肺小结节;白箭示模拟胸廓的水囊); B. 同一部位 10 mA 图像 图 2 Lung VCAR 软件自动分析与图 1 同一模拟肺小结节体积轴位图像 A、B 分别为 200、10 mA 时软件自动分段模拟肺小结节后勾画出的模拟结节范围 图 3 Lung VCAR 软件自动分析与图 1 同一模拟肺小结节 VR 图像 A、B 分别是 200、10 mA 时通过自动重建的 VR 图像,获得的模拟肺小结节体积分别为 207、216 mm³,制备模拟肺小结节时注射体积为 220 mm³

(200 mA)薄层 CT 图像中,模拟小结节与肺血管或支气管重叠,或者分段不良,不能用 Lung VCAR 软件自动测得体积。

1.6 模型肺小结节体积测量方法 选择同一剂量扫描薄层 CT 图像,启动 Lung VCAR Single,在查看(Review)模式下标记模拟肺小结节,切换到分析(Analysis)模式后,软件自动进行分段,并计算体积。

1.7 统计学分析 采用 SPSS 13.0 软件包分析数据,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示。对不同剂量下模拟肺小结节体积及制备时注射体积进行球形检验(Mauchly's test of sphericity),如 $P > 0.05$,即满足 Huynh-Feldt 条件,用单因素重复测量设计的方差分析;若 $P \leq 0.05$,即不满足球形对称条件,重复测量数据间存在高度相关性,用校正系数 *Epsilon* 对方差分析进行校正,采用 Greenhouse-Geisser 校正结果。对不同扫描剂量采用配对样本 *t* 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 制备 112 个模拟肺小结节,14 个因混合物通过支气管和注射针孔反流未成功,成功制备 98 个(98/112, 87.50%)。其中 20 个模拟肺小结节与肺血管或支气管重叠,12 个因结节分段不良未能测出,最后共 66 个(66/98, 58.92%)模拟小结节纳入研究。

2.2 对纳入的 66 个模拟肺小结节按照不同射线剂量分析其体积(图 1~3)。对所测得体积和制备结节时的注射体积进行球形检验,用校正系数 *Epsilon* 对方差分析结果进行校正,采用 Greenhouse-Geisser 校正结果,不同管电流时所测小结节体积与注射体积间差异无统计学意义($F = 1.669, P = 0.116$)。

2.3 比较常规剂量(200 mA)和低剂量(10 mA)扫描的射线剂量长度乘积(dose length product, DLP),管电流为 10 mA 时 DLP 明显降低 [$(17.43 \pm 1.41) \text{mGy} \cdot \text{cm}$ vs $(348.53 \pm 28.18) \text{mGy} \cdot \text{cm}$, $P < 0.05$]。

3 讨论

早期鉴别肺小结节的良、恶性十分重要,但胸部 CT 检查中肺小结节常缺乏具有鉴别价值的典型征象,少见典型的恶性肿瘤征象如空泡征、毛刺征、支气管截断征等,而用穿刺活检方法获取病理组织困难,使得临床评估肺小结节的良、恶性成为棘手问题。恶性肿瘤组织的一个显著特点是不断生长、体积随时间不断增加;“倍增时间”这一概念用于描述结节体积增长 1 倍所需的时间,是评价肺结节性质的重要指标。通过二维图像测量直径评价肿瘤生长本身存在很多缺

陷^[3],加之主观判断造成的差异,测量结果不够准确,不能正确鉴别其良、恶性。PET 和 CT 增强扫描评估肺小结节受分辨率和强化值测量的限制^[5]。MSCT 技术的不断发展和计算机辅助检测(computer-aided detection, CAD)软件的成熟,将有助于放射科医师早期检测具有恶性可能的肺小结节^[6-7],通过定期随访测量肺小结节体积、评估倍增时间,为临床检测肺小结节发挥重要作用;但常规 MSCT 扫描剂量高,易对患者造成危害,限制了其应用。

在健康体检、结节随访、治疗效果评估方面,采用低剂量 CT 既可减少射线剂量,又能获得有诊断价值的图像和肺结节体积参数。本研究采用人工制备模拟肺小结节,用肺结节自动分析软件 Lung VCAR 测量模拟结节的体积,避免了手工测量造成的误差,增强了测量的可重复性。本研究中边界清晰、与支气管和血管影无明显重叠的模拟结节在相同剂量条件下多次测量体积无明显变化;不同剂量条件下对同一结节的体积测量结果略有不同;部分情况下由于结节与支气管和血管影重叠,造成无法分段,不能准确测量其体积,与 Ko 等^[8]研究结果有相似之处。当模拟结节与支气管或血管影重叠时,Lung VCAR 软件会将相邻的支气管和血管影计算在内,测得体积较真实体积明显增大;但在临床工作中,可以通过肺结节体积分析软件提供的 MPR 图像和测量时勾勒的体积测量范围加以判定,以提高测量的准确度。

除肺结节本身及周围组织的影响之外,扫描参数对体积测量的准确度也起重要作用,层厚、层间距、扫描野、灰阶阈值等都对测量结果有不同程度的影响^[9-10]。本研究中仅改变了管电流,其他参数保持不变,从测量数据可以看出,不同管电流下所测得的体积不同,但差异无统计学意义,提示可以通过给定相同的低剂量扫描参数,在计算机软件的辅助下测量模拟结节体积,并有可能用于评估结节倍增时间。

本研究的不足之处:模拟肺小结节表面较光滑,与周围组织分界清晰,难以模拟毛刺征、空泡征、胸膜凹陷征、支气管截断征等肺小结节的形态特征;所有结节均为实性,未能模拟纯磨玻璃样结节和混合密度结节并测量其体积。

[参考文献]

- [1] Austin JH, Müller NL, Friedman PJ, et al. Glossary of terms for CT of the lungs: Recommendations of the Nomenclature Commit-

- tee of the Fleischner Society. Radiology, 1996, 200(2):327-331.
- [2] Bellomi M, Veronesi G, Rampinelli C, et al. Evolution of lung nodules $<$ or $=$ 5 mm detected with low-dose CT in asymptomatic smokers. Br J Radiol, 2007, 80(957):708-712.
- [3] Revel MP, Bissery A, Bienvenu M, et al. Are two-dimensional CT measurements of small noncalcified pulmonary nodules reliable? Radiology, 2004, 231(2):453-458.
- [4] Juergen B, Julien D, Hendrik B, et al. Respiratory-gated helical computed tomography of lung: Reproducibility of small volumes in an ex vivo model. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2007, 69(5): 1642-1649.
- [5] Swensen SJ, Viggiano RW, Midthun DE, et al. Lung nodule enhancement at CT: Multicenter study. Radiology, 2000, 214(1): 73-80.
- [6] Fraioli F, Serra G, Passariello R. CAD (computed-aided detection) and CADx (computer aided diagnosis) systems in identifying and characterising lung nodules on chest CT: Overview of research, developments and new prospects. Radiol Med, 2010, 115(3):385-402.
- [7] Girvin F, Ko JP. Pulmonary nodules: Detection, assessment, and CAD. AJR Am J Roentgenol, 2008, 191(4):1057-1069.
- [8] Ko JP, Marcus R, Bomszyk E, et al. Effect of blood vessels on measurement of nodule volume in a chest phantom. Radiology, 2006, 239(1):79-85.
- [9] Goo JM, Tongdee T, Tongdee R, et al. Volumetric measurement of synthetic lung nodules with multi-detector row CT: Effect of various image reconstruction parameters and segmentation thresholds on measurement accuracy. Radiology, 2005, 235(3): 850-856.
- [10] Ravenel JG, Leue WM, Nietert PJ, et al. Pulmonary nodule volume: Effects of reconstruction parameters on automated measurements—a phantom study. Radiology, 2008, 247(2): 400-408.

《中国介入影像与治疗学》杂志 2012 年广告代理启事

《中国介入影像与治疗学》杂志是经国家新闻出版总署批准,由中国科学院主管,中国科学院声学研究所主办,中国工程院医药卫生工程学部协办的国家级学术期刊。主编为邹英华教授。本刊创刊于 2004 年 9 月,为月刊,64 页,彩色印刷,每月 10 日出刊,国内外公开发行(ISSN 1672-8475, CN 11-5213/R, 邮发代号:80-220)。广告经营许可证号:京海工商广字第 0074 号。

《中国介入影像与治疗学》杂志授权北京博朗迪科技有限公司为广告销售独家代理,全面负责杂志的广告销售业务。

北京博朗迪科技有限公司,隶属于中国公共医疗(控股)有限公司(港股代码 08116),公司致力于医学影像数据领域的开发、应用,与中国健康促进基金会携手组建中国医学数字影像专项基金,开展医学影像研究、合作。同时,通过与《中国介入影像与治疗学》、《中国医学影像技术》等业内领军杂志的强强联合,加强医学影像媒体平台合作。

北京博朗迪科技有限公司诚邀业内同仁,借助本刊广告,推进中国医学影像事业发展,共同搭建医学影像宽广平台,共赢美好未来。

联系人:张女士 联系电话:010-67810853-610 传真:010-82038927

E-mail:zhangxin@legendmt.com

地址:北京经济技术开发区康定街 1 号国盛科技园 7 号 邮编:100176