文章编号:1000-5404(2007)22-2191-03

论著

16层螺旋CT成像参数对肺容积和肺密度测量结果影响的研究

邹利光,张 冬,刘卫金,戚跃勇,戴书华,孙清荣,陈 垦 (第三军医大学新桥医院放射科,重庆 400037)

提 要:目的 研究16层螺旋CT成像参数对肺容积、肺密度评估指标定量分析结果的影响。**方法** 共筛选50例受检者,根据CT扫描方法的不同分为2组。A组30例,测量在不同重建层厚、重建方式、成像阈值下的全肺容积(total lung volume, V)和平均肺密度(mean lung density, MLD)。B组20例40个单侧肺,测量在不同扫描剂量、重建方式、成像阈值下部分肺容积(Vp)和MLD。**结果** 重建层厚对肺容积和密度测量结果有显著影响:1.25 mm重建层厚所获得的V及MLD较10 mm层厚小($P=0.000$);扫描剂量对肺容积测量结果有显著影响,而对MLD无显著影响,低剂量扫描所获得的Vp较常规剂量小($P=0.001$);重建方式对肺容积和肺密度测量结果有显著影响,骨重建获得的Vp及MLD较标准重建小($P<0.05$)。**结论** 16层螺旋CT成像参数对肺容积和肺密度测量结果有显著影响,1.25 mm重建层厚、低剂量扫描和标准重建既能满足图像定量分析的需要,又能降低患者所接受的辐射剂量。

关键词:体层摄影术;X线计算机;肺容积;肺密度;成像参数
中图法分类号:R814.42;R816.41 **文献标识码**:A

Assessment of lung volume and density by 16-slice CT with different imaging parameters

ZOU Li-guang, ZHANG Dong, LIU Wei-jin, QI Yue-yong, DAI Shu-hua, SUN Qing-rong, CHEN Ken (Department of Radiology, Xinqiao Hospital, Third Military Medical University, Chongqing 400037, China)

Abstract: Objective To study the effect of imaging parameters of 16-slice CT on lung volumetry and density measurement. **Methods** Fifty cases were included and divided into 2 groups. In 30 cases of Group A, total lung volume (V) and mean lung density (MLD) were measured with different slice thickness, reconstruction algorithms and imaging threshold. In 20 cases and 40 unilateral lungs of Group B, partial lung volume (Vp) and MLD were measured with different scan doses, reconstruction algorithms and imaging threshold. **Results** There were highly significant differences of V and MLD between 1.25 mm and 10 mm slice thickness, the V and MLD measured with 1.25 mm slice thickness were smaller than with 10mm thickness ($P=0.000$). The effect of scan dose was significant on lung volume analysis but insignificant on MLD, the Vp measured with low dose scan was smaller than with conventional dose ($P=0.001$). Reconstruction algorithms affected lung volume and density analysis significantly, the Vp and MLD obtained with bone algorithms was smaller than with standard algorithms ($P<0.05$). **Conclusion** Quantitative analysis of lung volume and density using 16-slice CT is correlated significantly with imaging parameters. Slice thickness of 1.25 mm, low dose scan of 60 mAs and standard algorithms reconstruction can meet the requirements of quantitative analysis and reduce the radiation to patients.

Key words: tomography, X-ray computed; lung volume; lung density; imaging parameter

CT肺容积测定对肺功能评估有重要价值[1,2],多层螺旋CT(multi-slice spiral CT, MSCT)近年运用日益广泛,特别是16层MSCT的使用,扫描全肺仅需10 s左右,解决了扫描速度和屏气时间之间的矛盾,大多数患者均能顺利完成扫描,同时可从原始数据中以薄层及多种重建方式获得高质量的扫描图像。Shah等[3]的研究中显示了MSCT种子限域生长及表面遮盖显示(surface shaded display, SSD)三维肺模型(three-dimensional lung model, 3D-lung)建模后处理技术在肺容积测量中的价值。本研究拟通过MSCT扫描结合阈值限定图像分割及SSD 3D-lung后处理技术,观察扫

作者简介:邹利光(1964-),男,四川省江油市人,硕士,主任医师,教授,主要从事胸部疾病放射诊断方面的研究。电话:(023)68774676,E-mail: zoulg@mail.tmmu.com.cn
通讯作者:刘卫金,电话:(023)68774676
收稿日期:2007-04-13;修回日期:2007-08-08

描剂量、重建层厚、重建方式及成像阈值对肺容积、肺密度测量结果的影响。

1 材料与方法

1.1 研究对象

本研究共筛选受检者 50 例，所有检查均征得受检者本人书面签字同意，严格除外因胸廓畸形、大面积肺部感染、大量胸水、肺内实质性病灶直径大于 4 cm 等影响肺功能的疾病。

根据 CT 扫描方法分为 2 组。A 组：常规剂量 MSCT 全肺扫描，共 30 例，其中男性 22 例，年龄 34～73(59±11)岁，女性 8 例，年龄 32～55(42±7)岁。B 组：常规剂量和低剂量 MSCT 部分肺段扫描，共 20 例，其中男性 13 例，年龄 39～65(48±9)岁，女性 7 例，年龄 32～59(44±12)岁。

1.2 CT 扫描方法

成像设备为美国 GE 公司 LightSpeed 16 型 16 层螺旋 CT 成像系统。受试者取仰卧位，双手抱头，头先进扫描体位，扫描前认真训练受试者在平静呼吸状态下屏气。常规剂量及低剂量扫描所用参数见表 1。

表 1 胸部 MSCT 扫描参数

剂量	电压(kV)	电流(mA)	扫描时间(s/圈)	准直器宽度(mm)	螺距	进床速度(mm/圈)
常规剂量	120	220	0.8	20	1.375:1	27.50
低剂量	120	120	0.5	10	1.375:1	13.75

扫描序列及图像重建方式：A 组在平静呼吸状态下屏气行常规剂量全肺 MSCT 扫描，图像重建方式采用层厚 10 mm、间隔 10 mm 及层厚 1.25 mm、间隔 1.25 mm 标准重建及骨重建；B 组在平静呼吸状态下屏气，一次屏气先后完成常规剂量及低剂量部分肺段 MSCT 扫描(扫描范围 3 cm)，常规剂量 MSCT 扫描由肺尖至肺底，低剂量 MSCT 扫描由肺底至肺尖，图像重建方式均采用层厚 1.25 mm、间隔 1.25 mm 标准重建及骨重建。

1.3 CT 三维后处理及肺密度、肺容积指标的测量

16 层螺旋 CT 随机配备的 AW4.2 工作站中集成肺定量分析软件，图像分割采用阈值限定技术，成像阈值上限分别设定为 -200 Hu 及 -300 Hu，成像阈值下限均设定为 -1 024 Hu。SSD 技术用于 3D-lung 建模，多方位旋转观察 3D-lung，如有含气管腔(如食管腔、结肠脾曲、胃泡)与 3D-lung 连接，则进行手工切除校正。

A 组 30 例行常规剂量全肺扫描，测量在不同层厚、重建方式、成像阈值下全肺容积(total lung volume，V)和平均肺密度(mean lung density，MLD)。B 组 20 例行 40 个单侧肺节段扫描，测量在不同扫描剂量、重建方式、成像阈值下部分肺容积(part lung volume，Vp)和 MLD。

1.4 统计学处理

数据以 $\bar{x}\pm s$ 表示，采用 SPSS 12.0 统计软件进行配对 t 检验。

2 结果

2.1 10 mm 与 1.25 mm 层厚 V、MLD 测量结果

根据 A 组 30 例结果显示，常规剂量在重建方式及成像阈值上限相同的情况下，10 mm 及 1.25 mm 层厚所获得的 V 及 MLD 具有非常显著性差异($P<0.01$)，1.25 mm 层厚所获得的 V 及 MLD 较 10 mm 层厚小，见表 2。

表 2 常规剂量扫描 10 mm 与 1.25 mm 层厚 V、MLD 测量结果($\bar{x}\pm s$)

测量指标			10 mm 层厚	1.25 mm 层厚	t	P
V(cm^3)	标准重建	-200 Hu	4 505.25±1 161.35	4 293.85±1 120.12	17.390	0.000
		-300 Hu	4 350.20±1 137.08	4 217.15±1 109.90	16.098	0.000
	骨重建	-200 Hu	4 480.05±1 145.76	3 497.95±828.80	3.311	0.004
		-300 Hu	4 333.35±1 123.30	3 441.35±820.16	3.044	0.007
MLD	标准重建	-200 Hu	-733.50±51.77	-783.70±48.28	33.541	0.000
(Hu)		-300 Hu	-750.70±51.31	-792.35±48.27	26.906	0.000
	骨重建	-200 Hu	-737.60±51.58	-776.75±37.98	4.884	0.000
		-300 Hu	-753.95±50.97	-785.55±37.54	4.159	0.001

2.2 常规剂量与低剂量扫描 Vp、MLD 测量结果

根据 B 组 20 例 40 个单侧部分肺段结果显示，在层厚、成像阈值上限及图像重建方式相同的情况下，低剂量扫描测得的 Vp 较常规剂量扫描小，在标准重建情况下有显著性差异($P<0.05$)，在骨重建情况下，具有非常显著性差异($P<0.01$)，显示扫描剂量对 Vp 有显著影响。在其他条件相同的情况下，低剂量扫描获得的 MLD 较常规剂量高，但它们之间无显著性差异($P>0.05$)，说明扫描剂量对 MLD 无显著影响，见表 3。

表 3 1.25 mm 层厚常规剂量与低剂量扫描 Vp、MLD 测量结果($\bar{x}\pm s$)

测量指标			常规剂量	低剂量	t	P
Vp(cm^3)	标准重建	-200 Hu	323.11±62.61	316.84±62.64	4.372	0.001
		-300 Hu	319.76±62.28	313.52±62.27	4.374	0.001
	骨重建	-200 Hu	317.18±59.46	304.70±56.72	3.122	0.010
		-300 Hu	314.18±59.08	301.81±56.33	3.075	0.011
MLD	标准重建	-200 Hu	-790.75±9.85	-790.33±10.06	-0.212	0.836
(Hu)		-300 Hu	-796.42±9.10	-795.67±9.35	-0.421	0.682
	骨重建	-200 Hu	-798.00±8.46	-795.83±8.53	-1.125	0.285
		-300 Hu	-802.83±8.30	-800.92±8.47	-1.008	0.335

2.3 标准重建及骨重建 Vp、MLD 测量结果

根据 B 组结果显示，在层厚、扫描剂量、成像阈值上限相同的情况下，标准重建与骨重建获得的 Vp 在常规剂量 -200、-300 Hu 成像阈值上限及低剂量 -300 Hu 成像阈值上限时有显著性差异($P<0.05$)，在低剂量 -200 Hu 成像阈值上限时有非常显著性差异($P<0.01$)，在层厚、扫描剂量、成像阈值上限相同的情况下，标准重建与骨重建获得的 MLD 有非常显著性差异，说明重建方式对 Vp 及 MLD 有显著性影响，见表 4。

表 4 1.25 mm 层厚标准重建与骨重建 Vp、MLD 测量结果($\bar{x}\pm s$)

测量指标			标准重建	骨重建	t	P
Vp(cm^3)	常规剂量	-200 Hu	323.11±62.61	317.18±59.46	2.774	0.018
		-300Hu	319.76±62.28	314.18±59.08	2.562	0.026
	低剂量	-200 Hu	316.84±62.64	304.70±56.72	3.259	0.008
		-300 Hu	313.52±62.27	301.81±56.33	3.101	0.010
MLD(Hu)	常规剂量	-200 Hu	-790.75±9.85	-798.00±8.46	11.309	0.000
		-300 Hu	-796.42±9.10	-802.83±8.30	13.710	0.000
	低剂量	-200 Hu	-790.33±10.06	-795.83±8.53	4.549	0.001
		-300 Hu	-795.67±9.35	-800.92±8.47	5.368	0.000

3 讨论

CT 肺容积定量分析中三维后处理关键技术是自动从扫描图像中将肺组织与其他组织分割开。目前常用的图像分割技术有自动边缘检测、阈值限定、种子限域生长等。各种方法都有其自身特点，但使用目的在

于尽量减少手工操作,加快处理速度,做到自动化的同时,又保证测量数据的准确性。本研究中使用了与 Arakawa 等[4]研究中类似的阈值限定分割技术,通过成像阈值上下限设定,自动切除该阈值区域外组织,仅保留目标阈值内组织。肺 CT 值与周围组织 CT 值差异较大,通过阈值限定分割能较好地分离出肺组织。

我们通过图像分割及 SSD 3D-lung 的建模和校正,完整提取了全肺的几何信息,平均肺密度的测量通过计算包含在 3D-lung 中的每个体素密度之和除以体素总数得到,较传统基于二维图像通过每层面平均肺密度之和除以层面数得到的平均肺密度而言,其测量准确性得到了提高。肺容积的测量通过包含在 3D-lung 中的体素总数乘以每个体素的体积得到,而某一选定 CT 值范围内的部分肺容积用含在 3D-lung 中该选定 CT 值范围内的体素总数乘以每个体素的体积得到,这种方法优于传统基于二维图像获得体积的方法,即通过叠加每层面体积(每层面面积乘以层厚)得到全肺体积。

白红利等[5]对不同扫描层厚肺密度对比研究显示,较小层厚扫描肺密度略有降低,但差异无统计学意义。本研究结果显示扫描层厚对 V 及 MLD 的影响差异具有统计学意义,较小层厚扫描获得的 V 及 MLD 较小,其原因在于阈值限定图像分割技术的使用。在这一特殊的图像分割技术使用前提下,层厚所致的部分容积效应对测值的影响非常显著,且这种影响在任何扫描剂量和重建方式下均存在。较小扫描层厚的采用可以减轻部分容积效应对 V 及 MLD 测值的影响,测值的准确性得到了提高,同时在 SSD 3D-lung 建模中也有利于图像的分割。

为探讨扫描剂量对肺容积及肺密度测值的影响,B 组病例在同一屏气状态下行常规剂量及低剂量部分肺扫描,以排除呼吸因素的影响。本研究结果显示低扫描剂量获得的 MLD 较常规剂量的稍高,但差异无统计学意义,与文献[6]报道相符。MLD 的增高,表明在低剂量情况下部分体素的 CT 值增高,由于阈值限定图像分割技术的使用,使得保留在 3D-lung 中的体素总数及体素密度之和较常规剂量减小,这种两两减少对基于"体素密度之和/体素总数"所获得的平均肺密度无显著影响,然而对肺容积的影响是显著的,1.25 mm的层厚决定了每个体素的体积较小,而影响肺容积的主要因素是体素总数,因此即便体素总数较轻微减少,肺容积的变化也是显著的。

本研究显示,骨重建方式的 V 及 MLD 测量值较标准重建的小,这种差异具有统计学意义。骨重建的目的在于提高图像空间分辨率,但其在提高图像空间分辨率的同时会降低图像的密度分辨率,从而改变体素的密度,在使用阈值限定图像分割技术的情况下,3D-lung 中体素总数及体素密度之和也将发生改变,因而使 V 及 MLD 测量值发生改变。

以往研究中均倾向使用骨重建方式获得较高的空间分辨率,其目的在于方便使用边缘自动检测技术进行图像分割或手工圈定需要进行密度和面积测量的范围[7]。随着设备技术和后处理软件的发展,使用阈值限定这一特殊的图像分割技术需要的是较高的密度分辨率而非空间分辨率,因此选择标准重建方式获得较高的密度分辨率较为合适。同时对低剂量 -300 Hu 成像阈值上限 SSD 3D-lung 建模及轴位分割图像分析显示,标准重建方式的图像有利于图像的自动分割,且其轴位分割图像保留了较多的肺内组织信息,而骨重建方式的图像进行自动分割时在 3D-lung 表面及肺尖区域有较多的点状影不易与 3D-lung 分开,需手工切除校正,影响了工作效率及测值的准确性和重复性,且其轴位分割图像中肺内组织分割严重,影响了其信息的完整性。因此对于阈值限定图像分割技术而言,选择标准重建方式显得更为合适。

综上所述,1.25 mm 重建层厚,低剂量扫描和标准重建既能满足图像定量分析的需要,又能降低患者所接受的辐射剂量。

参考文献:

[1] 葛婉俊, 张国桢, 朱砚萍, 等. 多层螺旋 CT 评价肺气肿患者肺功能的可行性[J]. 中华放射学杂志, 2007, 41(3): 243 -247.

[2] 陈　垦, 邹利光. 多层螺旋 CT 肺容积评估及其与肺功能的相关性研究[J]. 第三军医大学学报, 2005, 27(9): 922 -924.

[3] Shah E, Gilkeson R, Subramanyan K, *et al*. Comparison of computer-aided calculation of emphysema volumetry with manual quantification using CT images[J]. International Congress Series, 2004, 1268: 956 -960.

[4] Arakawa A, Yamashita Y, Nakayama Y, *et al*. Assessment of lung volumes in pulmonary emphysema using multidetector helical CT: comparison with pulmonary function tests[J]. Comput Med Imaging Graph, 2001, 25(5): 399 -404.

[5] 白红利, 杨志刚, 余建群, 等. 低剂量螺旋 CT 肺部扫描对肺密度的评价[J]. 临床放射学杂志, 2003, 22(7): 534 -536.

[6] Zompatori M, Fasano L, Mazzoli M, *et al*. Spiral CT evaluation of pulmonary emphysema using a low-dose technique[J]. Radiol Med (Torino), 2002, 104(1 -2): 13 -24.

[7] Brown M S, McNitt-Gray M F, Goldin J G, *et al*. Automated measurement of single and total lung volume from CT[J]. J Comput Assist Tomogr, 1999, 23(4): 632 -640.

(编辑　王　红)