

# 基于数字模拟技术胸部CT扫描不同组织的噪声\*\*

赵峰<sup>1</sup>, 曾勇明<sup>1</sup>, 彭刚<sup>1</sup>, 曹会志<sup>2</sup>, 廖静敏<sup>2</sup>, 郁仁强<sup>1</sup>, 彭盛坤<sup>1</sup>, 谭欢<sup>1</sup>

## Noise of different tissues in chest CT scanning based on digital simulated technique

Zhao Feng<sup>1</sup>, Zeng Yong-ming<sup>1</sup>, Peng Gang<sup>1</sup>, Cao Hui-zhi<sup>2</sup>, Liao Jing-min<sup>2</sup>, Yu Ren-qiang<sup>1</sup>, Peng Sheng-kun<sup>1</sup>, Tan Huan<sup>1</sup>

### Abstract

**BACKGROUND:** Image noise level is closely related with the image quality in the CT images, it directly affects and limits of CT resolution of low-contrast material.

**OBJECTIVE:** To evaluate the correlation of estimated noise with the noise of different tissues and to analyze characteristic of different tissues noise on low dose chest scan by adding noise on raw data to simulate low dose scan.

**METHODS:** The noise was artificially introduced to the images of 20 volunteers using an image space noise addition tool to simulate nine groups of low dose scans with tube current of 10, 30, 50, 80, 100, 120, 150, 180 and 240 mA. The estimated noise of images was recorded. The noise of aorta, tissue of chest wall, vertebra, lung and air on levels of aortic arch, heart and liver were measured.

**RESULTS AND CONCLUSION:** There was significant statistical difference between the estimated noise and the measured noise in the index of aortic artery and other tissues estimated noise ( $P < 0.05$ ), which had linear correlation. The noise of different tissues increased significant in groups of 10-50 mA, and decreased gradually with the increase of current in groups of 80-240 mA. There was no statistical difference of the estimated noise value between the noise of 120 and 180 mA groups ( $P < 0.05$ ). The estimated noise of noise addition tool can be used to evaluate the image noise of different tissues. The tube current of 120 mA to 180 mA in low dose chest CT scan can reduce radiation dose and keep the image quality of different tissues.

Zhao F, Zeng YM, Peng G, Cao HZ, Liao JM, Yu RQ, Peng SK, Tan H. Noise of different tissues in chest CT scanning based on digital simulated technique. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2012;16(9): 1577-1580.  
[http://www.crter.cn http://en.zglckf.com]

### 摘要

**背景:** 在CT图像中, 图像噪声水平与影像质量密切相关, 它直接影响和限制着CT对低对比度物质的分辨力。

**目的:** 通过图像空间添加噪声软件模拟低剂量CT图像, 分析模拟噪声指数与不同组织噪声的相关性及胸部不同组织的噪声变化特点。

**方法:** 利用图像空间添加噪声软件对20名自愿者在常规参数下扫描获得的原始图像进行噪声添加, 模拟10, 30, 50, 80, 100, 120, 150, 180及240 mA共9组胸部低剂量图像, 记录每幅图像噪声指数, 测量主动脉弓层面、心脏层面、肺底3个层面的胸壁软组织、主动脉、脊柱、肺组织及空气中CT值的标准差。

**结果与结论:** 图像添加法计算的模拟噪声指数与主动脉弓及其他组织噪声实测噪声差异有显著性意义( $P < 0.05$ ), 呈线性相关。胸部低剂量扫描时, 当管电流在10~50 mA时噪声显著增加, 80~240 mA时模拟噪声值随着管电流增高降低幅度逐渐减低。胸部各组织120 mA组与180 mA组图像噪声差异无显著性意义( $P > 0.05$ )。提示图像空间添加噪声软件的噪声指数反映了图像不同组织的整体噪声水平。胸部低剂量CT检查时采用管电流120~180 mA时能够保证各组织噪声无明显变化的同时又可以降低辐射剂量。

**关键词:** 图像噪声; 辐射剂量; X射线, 计算机断层摄影; 胸部; 数字化医学; 组织工程

doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2012.09.014

赵峰, 曾勇明, 彭刚, 曹会志, 廖静敏, 郁仁强, 彭盛坤, 谭欢. 基于数字模拟技术胸部CT扫描不同组织的噪声[J]. 中国组织工程研究, 2012, 16(9):1577-1580. [http://www.crter.org http://cn.zglckf.com]

<sup>1</sup>Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China; <sup>2</sup>GE CT Imaging Research Center, Beijing 100176, China

Zhao Feng★, Studying for master's degree, Attending physician, Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China  
zhaofeng0823@126.com

Correspondence to: Zeng Yong-ming, Professor, Master's supervisor, Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China

Supported by: the Medicine Scientific Research Project of Chongqing Municipal Health Bureau, No. 08-2-29\*

Received: 2011-08-22  
Accepted: 2011-11-07

## CT扫描图像不同组织的噪声分布特点。

## 0 引言

在CT图像中, 图像噪声水平与影像质量密切相关, 它直接影响和限制着CT对低对比度物质的分辨力<sup>[1-4]</sup>。图像质量的决定因素是图像噪声, 当某些正常组织与病变组织对X射线吸收系数差别不大时, 高噪声水平会影响这些组织病变的检出。如何优化扫描方案, 使图像具有合适的噪声而不降低影像诊断质量是值得探讨的问题。本文拟通过数字模拟技术利用图像空间添加噪声软件计算的模拟噪声指数, 分析胸部

## 1 对象和方法

**设计:** 对比观察。

**时间及地点:** 于2010-12/2011-06在重庆医科大学附属第一医院放射科完成。

**对象:** 签署知情同意的正常成年自愿者(门诊健康体检人员)20人, 其中男18人, 女2人, 年龄(43.0±6.4)岁, 身高(1.67±0.05) m, 体质量(67.7±11.2) kg, 体质量指数(24.19±3.47) kg/m<sup>2</sup>。

**纳入标准:** ①健康成年体检人员, 年龄35~50

<sup>1</sup> 重庆医科大学附属第一医院放射科, 重庆市400016; <sup>2</sup> GE 中国CT影像研究所, 北京市100176

赵峰★, 男, 1976年生, 安徽省濉溪县人, 汉族, 重庆医科大学在读硕士, 主治医师, 主要从事辐射剂量优化及图像后处理研究。  
zhaofeng0823@126.com

通讯作者: 曾勇明, 教授, 硕士生导师, 重庆医科大学附属第一医院放射科, 重庆市400016

中图分类号: R318  
文献标识码: B  
文章编号: 1673-8225 (2012)09-01577-04

收稿日期: 2011-08-22  
修回日期: 2011-11-07 (20110729002/G·G)

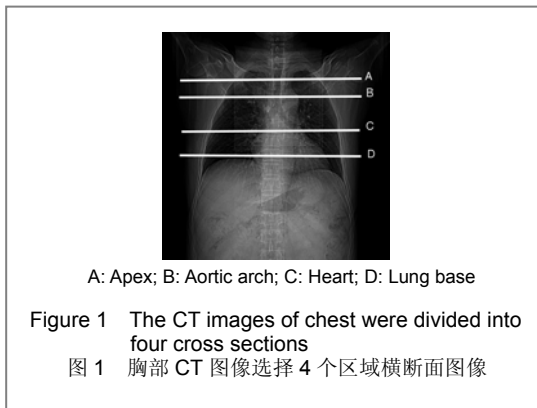
岁。②对试验方案知情同意者。

**排除标准:** 有肺部手术史, 肺部弥漫性病变及职业病的体检人员。

**方法:**

**CT设备及扫描方法:** 使用GE公司Brightspeed 16排螺旋CT及ADW4.2图像处理工作站。采用固定管电流300 mA, 管电压120 kV; 层厚5 mm; DFOV 35 cm; 螺距0.983; 球管转速0.5 s/r, 标准重建, 扫描后存储图像。

**原始图像选择:** 每位自愿者图像分为4个区: 肺尖区(肺上界与主动脉弓之间1/2处)、主动脉弓水平区、心脏水平区(主动脉弓与肺下界之间1/3处)、肺底区(主动脉弓与肺下界2/3处), 按分区每区各选择一幅图像, 见图1, 共计80幅图像。



**实验方法:** 利用GE公司研发的基于数字模拟技术的图像空间添加噪声软件, 计算出模拟噪声值及模拟低剂量扫描图像。图像噪声的计算原理是基于自动管电流技术, 根据X射线的实际吸收计算在不同毫安下的影像噪声<sup>[5-7]</sup>。图像噪声软件添加随机高斯噪声于实际扫描原始数据, 通过改变管电流模拟不同噪声水平CT图像或通过改变噪声模拟不同管电流的CT图像。添加模拟噪声依据模拟管电流(mA)值计算<sup>[8-11]</sup>。模拟噪声水平计算如下:

$$\sigma_{\text{simulated}} = \sigma_{\text{actual}} \times \sqrt{mAs_{\text{actual}} / mAs_{\text{simulated}}}$$

将自愿者CT原始图像导入图像空间添加噪声软件, 添加噪声模拟10, 30, 50, 80, 100, 120, 150, 180及240 mA共9种胸部扫描图像, 记录每幅图像模拟噪声值。测量胸壁软组织、主动脉、骨骼、肺组织及空气中大小约99 mm<sup>2</sup>兴趣区CT值及标准差(SD值)。以CT值标准差作为实测噪声值<sup>[12-14]</sup>。

**主要观察指标:** 以模拟软件计算的不同管电流噪声值及CT携带的软件测量不同管电流胸

壁软组织、主动脉、骨骼、肺组织、空气及主动脉噪声值(CT值标准差)。

**统计学分析:** 本文作者采用SPSS 17.0统计软件进行分析, 以胸壁软组织、主动脉、骨骼、肺组织、空气及主动脉实测噪声值(CT值标准差)与不同层面模拟噪声值比较, 采用配对t检验并行Pearson相关性分析; 对80~180 mA之间的不同组织实测噪声值进行方差分析, 多组间重复比较用Tukey法。

**2 结果**

**2.1 参与者数量分析** 按意向性处理, 共20名健康自愿者, 全部进入结果分析, 无脱落。

**2.2 主动脉实测噪声值与同层模拟噪声平均值比较** 各毫安不同层面主动脉、胸壁软组织、空气、骨骼及肺组织实测噪声值(SD值)平均值与图像噪声添加软件模拟噪声值之间差异见表1, 2。

表1 不同层面主动脉实测噪声与模拟噪声平均值比较  
Table 1 Comparison of actual measured noise and simulated noise at different levels (x±s, n=20, HU)

Item	Different levels of lung		
	Aortic arch	Heart	Lung base
Measurement noise	20.97±14.49	18.08±11.42	21.95±15.81
Simulated noise	76.59±14.10	19.05±11.78	22.72±14.15
Pearson correlation coefficient	0.927	0.916	0.856
t	3.103	1.928	0.890
P	0.003	0.057	0.376

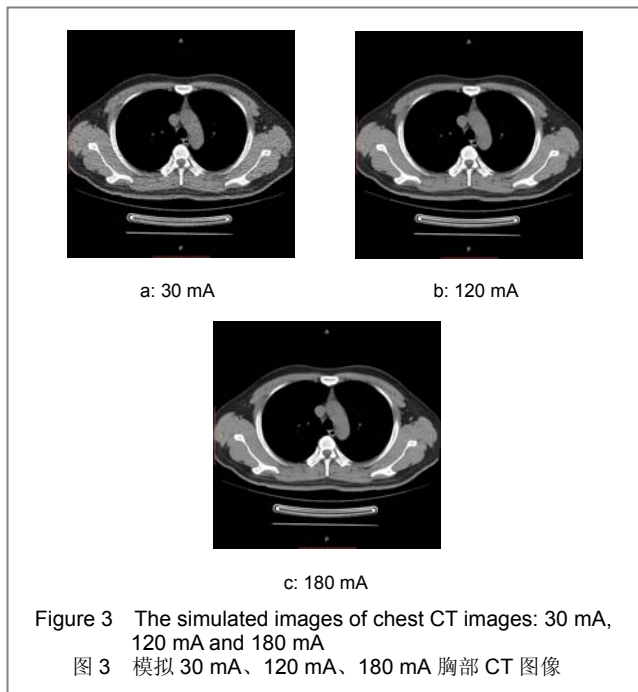
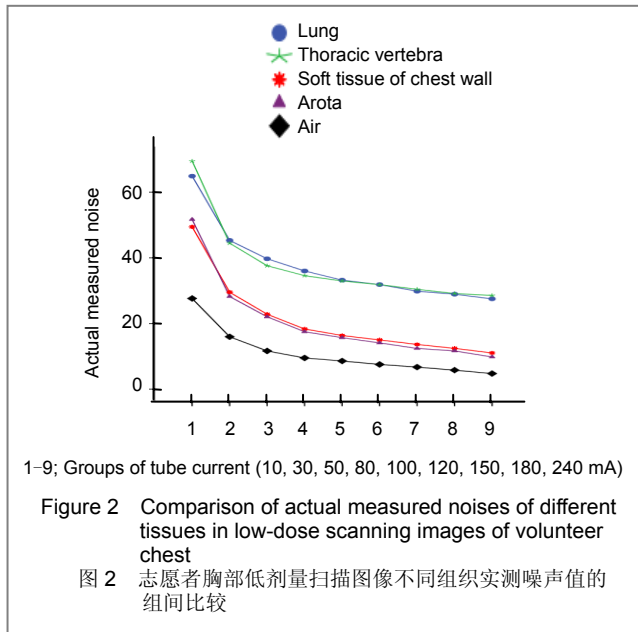
表2 不同组织实测噪声与模拟噪声值 Pearson 相关系数  
Table 2 Pearson correlation coefficient of actual measured noise and simulated noise in different tissues (r)

Different levels of lung	Soft tissue of chest wall	Air			
		Thoracic vertebra	Lung	Aorta	
Aortic arch	0.872	0.866	0.823	0.885	0.927
Heart	0.861	0.875	0.608	0.869	0.916
Lung base	0.875	0.550	0.586	0.855	0.856

主动脉(心脏层面及肺底层)实测噪声值与模拟噪声值之间差异无显著性意义(P > 0.05)。主动脉弓实测噪声值与模拟噪声值间有差异性, 但两者间存在线性相关。主动脉弓实

测噪声值与模拟噪声值间差异有显著性意义( $P < 0.05$ )。空气、胸壁软组织、肺与模拟噪声值间有较高线性相关性, Pearson相关系数均大于0.8。

2.3 不同组织胸部CT扫描图像噪声分布特点 不同组织噪声随管电流的增高降低, 在10~80 mA时降低明显, 100~240 mA时逐渐降低, 见图2及图3。



在胸部低剂量扫描区域(管电流80~180 mA), 主动脉及胸壁软组织100 mA组与180 mA组比较差异存在显著性意义( $P < 0.05$ ), 而空气、肺及骨骼组织100 mA组与180 mA组比较差异无显著性意义( $P > 0.05$ ); 各组织120 mA组与180 mA组内比较, 图像噪声差异无显著性意义( $P > 0.05$ ), 见表3。

表3 志愿者胸部低剂量扫描图像不同管电流实测噪声值的组间比较

Table 3 Comparison of actual measured noise of different tube currents in low-dose scanning images of volunteer chest (P)

Groups of tube current	Air	Aorta	Soft tissue of chest wall	Lung	Thoracic vertebra
100/80 mA	0.975	0.310	0.460	0.916	0.987
100/120 mA	0.928	0.461	0.377	0.999	0.998
100/180 mA	0.150	< 0.01	< 0.01	0.626	0.647
120/180 mA	0.685	0.062	0.129	0.856	0.856

### 3 讨论

随着CT技术的迅速发展及临床应用的广泛普及, CT的辐射剂量较高, 被认为是造成医源性辐射的主要原因, CT辐射剂量问题受到了越来越多的关注<sup>[15-16]</sup>。由于肺部结构自然对比度高, 胸部低剂量CT扫描可以在降低辐射剂量的同时不影响病变检出率, 因此胸部CT低剂量的应用及研究日益增多。目前, 胸部低剂量扫描主要通过降低管电流来实现降低辐射剂量的目的<sup>[17-21]</sup>。随着CT技术的发展, CT系统应用预设噪声指数在降低剂量的同时可保证不同层面图像质量的一致性, 随着噪声指数降低, 图像噪声降低, 图像质量提高<sup>[22]</sup>。

随着CT技术发展, 其临床应用越来越广泛。然而CT的辐射剂量较高, 被认为是造成医源性辐射的主要原因<sup>[23-24]</sup>。在CT图像中, 图像噪声水平与影像质量密切相关, 它直接影响和限制着CT对低对比度物质的分辨力。如何优化扫描方案, 使图像具有合适的噪声而不降低影像诊断质量是值得探讨的问题。Mayo等<sup>[25]</sup>首次提出降低临床CT辐射剂量的研究。采用患者重复扫描的方法优化CT图像质量的研究会增加患者辐射剂量, 违背了医学伦理道德。既往模拟低剂量技术曾在X射线摄片中应用<sup>[26-27]</sup>, 研究证明, 计算机模拟软件等进行研究可得到良好的效果<sup>[28-30]</sup>。因此通过数字模拟技术, 对原始图像添加噪声来模拟低剂量图像的方法能够避免对患者的重复实验。

本文通过图像空间添加噪声软件, 计算每层志愿者胸部体模CT图像模拟噪声值, 评价胸部不同组织的噪声。实验证明: ①主动脉(心脏层面及肺底层面)实测噪声值与模拟噪声值之间差异无显著性意义( $P > 0.05$ )。主动脉弓实测噪声值与模拟噪声值间差异有显著性意义, 但两者间存在线性相关。主动脉弓实测噪声值与模拟噪声值间有差异性, 与主动脉弓水平图像包含肩胛骨, 影响了图像噪声。②胸壁软组织、肺与模拟噪声值间有较高线性相关性。实测肺组织及骨骼组织的噪声值较大, 与肺内含有的肺纹理及骨骼密度不均匀, 无法测量到绝对均匀区域有关, 因此其不能代表整幅图像的噪声

水平。多数学者常用主动脉CT值的标准差来评价胸部图像噪声水平<sup>[12, 29]</sup>。本实验结果显示, 采用数字图像噪声模拟软件计算的模拟噪声值, 与主动脉实测噪声值相当, 可用于图像噪声评价; 图像噪声随管电流的改变而变化, 各组织结构呈现出不同的噪声分布特点。

胸部低剂量CT扫描时图像噪声水平随着管电流增高逐渐降低, 当管电流在80~300 mA时各组织CT图像噪声随着管电流增高降低幅度逐渐减小。肺组织及骨骼在80~180 mA时实测噪声组间比较差异均无显著性意义, 因此对于肺内病变采用低剂量扫描时图像噪声变化不明显。对于胸部低剂量CT扫描, 作者推荐最大管电流设定范围为120~180 mA, 在此范围内各组织噪声值差异无显著性意义, 可以在保证各组织噪声水平变化不大的同时降低患者辐射剂量。本实验样本量较少, 且均为健康体检者, 120~180 mA时噪声是否对肺部病灶检出率有影响, 尤其对于肺内低密度病灶如磨玻璃结节病灶能否检出, 还需进一步研究。

综上所述, 数字图像噪声模拟软件计算的模拟噪声值能够反映CT图像噪声整体水平。胸部不同组织CT图像噪声分布的特点, 论证了肺组织噪声随管电流的降低变化不明显, 肺部病变检查时可应用低剂量扫描技术。胸部低剂量CT扫描选择120~180 mA为最大管电流, 可以保证各层面不同组织噪声水平变化不大。

#### 4 参考文献

[1] Swensen SJ, Jett JR, Hatman TE, et al. CT screening for lung cancer: five-year prospective experience. *Radiology*. 2005;235:259-265.

[2] Swense SJ, Jett JR, Hartman TE, et al. Lung cancer: interobserver agreement on interpretation of pulmonary findings at low-dose CT screening. *Radiology*. 2008;246:265-272.

[3] Diederich S, Wormanns D, Semik M, et al. Screening for early lung cancer with low-dose spiral CT: prevalence in 817 asymptomatic smokers. *Radiology*. 2002;222:773-781.

[4] Gierada DS, Pilgram TK, Ford M, et al. Lung cancer: interobserver agreement on interpretation of pulmonary findings at low-dose CT screening. *Radiology*. 2008;246:265-272.

[5] Bohy P, De Maertelaer V, Roquigny A, et al. Multidetector CT in patients suspected of having lumbar disk herniation: comparison of standard-dose and simulated low-dose techniques. *Radiology*. 2007;244(2):524-531.

[6] Tack D, De Maertelaer V, Petit W, et al. Multi-detector row CT pulmonary angiography: comparison of standard-dose and simulated low-dose techniques. *Radiology*. 2005;236(1):318-325.

[7] Joemai RM, Geleijns J, Veldkamp WJ. Development and validation of a low dose simulator for computed tomography. *Eur Radiol*. 2010;20(4):958-966.

[8] Hanai K, Horiuchi T, Sekiguchi J, et al. Computer-simulation technique for low dose computed tomographic screening. *J Comput Assist Tomogr*. 2006;30(6):955-961.

[9] Bankier AA, Schaefer-Prokop C, De Maertelaer V, et al. Air trapping: comparison of standard-dose and simulated low-dose thin-section CT techniques. *Radiology*. 2007;242(3):898-906.

[10] Shrimpton PC, Hart D, Hillier MC, et al. Aspects of examination frequency and assurance[A], Survey of CT practice in the UK. NRPB-R248[C]. Chilton: NRPB. 1991. Part1.

[11] Kopka L, Funke M, Breiter N, et al. An anatomically adapted variation of the tube current in CT: studies on radiation dosage reduction and image quality. *Rofo*. 1995;163(2):383-387.

[12] Heyer CM, Mophr PS, Lemberg SP, et al. Image quality and radiation exposure at pulmonary CT angiography with 100- or 120-kVp protocol: prospective randomized study. *Radiology*. 2007;25(2):577-583.

[13] Kim MJ, Park CH, Choi SJ, et al. Multidetector computed tomography chest examinations with low-kilovoltage protocols in adults: effect on image quality and radiation dose. *J Comput Assit Tomogr*. 2009;33:416-421.

[14] Stephan B, Hatem A, Paul S, et al. Computed Tomography of the Lung in the High-Pitch Mode: Is Breath Holding Still Required? *Invest Radiol*. 2011;46:240-245.

[15] Brenner DJ, Hall EJ. Computed tomography -- an increasing source of radiation exposure. *N Engl J Med*. 2007;357(22): 2277-2284.

[16] Toth T, Ge Z, Daly MP. The influence of patient centering on CT dose and image noise. *Med Phys*. 2007;34(7):3093-3101.

[17] McCollough CH, Bruesewitz MR, Kofler, et al. CT dose reduction and dose management tools: overview of available options. *Radiographics*. 2006;26(2):503-512.

[18] Russell MT, Fink JR, Rebeles F, et al. Balancing radiation dose and image quality: clinical applications of neck volume CT. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2008;29(4):727-731.

[19] Ledenius K, Gustavsson M. Effect of tube current on diagnostic image quality in paediatric cerebral multidetector CT images. *Br J Radiol*. 2009;82(976):313-320.

[20] Yu L, Li H, Fletcher JG, McCollough CH. Automatic selection of tube potential for radiation dose reduction in CT: a general strategy. *Med Phys*. 2010;37(1):234-243.

[21] Brisse HJ, Madec L, Gaboriaud G, et al. Automatic exposure control in multichannel CT with tube current modulation to achieve a constant level of image noise: experimental assessment on pediatric phantoms. *Med Phys*. 2007;34(7):3018-3033.

[22] Peng Y, Li J, Ma D, et al. Use of automatic tube current modulation with a standardized noise index in young children undergoing chest computed tomography scans with 64-slice multidetector computed tomography. *Acta Radiol*. 2009;50(10): 1175-1181.

[23] Berrington de Gonzales A, Darby S. Risk of cancer from diagnostic X-ray: estimates for the UK and 14 other countries. *Lancet*. 2004;363(9406):345-351.

[24] Yamamura J, Tornquist K, Buchert R, et al. Simulated low-dose computed tomography in oncological patients: a feasibility study. *J Comput Assist Tomogr*. 2010;34(2): 302-308.

[25] Mayo JR, Whittall KP, Leung AN, et al. Simulated dose reduction in conventional chest CT: validation study. *Radiology*. 1997;202(2): 453-457.

[26] Veldkamp WJ, Kroft LJ, Van Delft JP, et al. A technique for simulating the effect of dose reduction on image quality in digital chest radiography. *J Digit Imaging*. 2009;22(2):114-125.

[27] Saunders RS Jr, Samei E. A method for modifying the image quality parameters of digital radiographic images. *Med Phys*. 2003; 30(11):3006-3017.

[28] Yang R, Dai LM, Li JY, et al. *Zhonghua Fangshexue Zazhi*. 2010; 44(2):732-734.

[29] 杨瑞, 代立梅, 李剑颖, 等. 多层螺旋CT低剂量扫描在眼眶部外伤检查中的应用[J]. *中华放射学杂志*, 2010, 44(2):732-734.

[30] Dai YN, Yu TL, Su DT, et al. *Tianjin Yike Daxue Xuebao*. 2010; 16(2):329-332.

戴亚楠, 于铁链, 苏大同, 等. 增加噪声模拟低剂量胸部CT扫描的研究[J]. *天津医科大学学报*, 2010, 16(2):329-332.

Keyzer C, Cullus P, Tack D, et al. MDCT for suspected acute appendicitis in adults: impact of oral and IV contrast media at standard-dose and simulated low-dose techniques. *AJR Am J Roentgenol*. 2009;193(5):1272-1281.

#### 来自本文课题的更多信息--

**基金声明:** 重庆市卫生局科研基金资助项目(08-2-29)。

**作者贡献:** 实验设计为本文第一、二作者, 实施为第一、三、六、七、八作者, 评估为第二、四、五作者, 第一作者成文, 通讯作者审核并对文章负责。

**利益冲突:** 课题未涉及任何厂家及相关雇主或其他经济组织直接或间接的经济或利益的赞助。

**伦理批准:** 体检者对试验方案均知情同意, 符合相关伦理标准。

**本文创新性:** 从最佳技术参数扫描所得的噪声水平的角度, 将噪声水平作为低剂量CT的参考标准, 指导胸部CT低剂量扫描技术。应用数字模拟技术进行多层螺旋CT低剂量扫描的实验研究, 优化低剂量CT肺癌筛查扫描参数, 为低剂量CT筛查建立放射剂量标准。