

超声诊断与治疗

DOI: 10.13406/j.cnki.cyxh.000216

离体猪肺标本低剂量高分辨率 CT 扫描的最佳管电流选择

刘尊瀚¹, 刘敏², 李恩春², 谭书德², 李强², 赵潇², 刘丽君²

(1. 重庆医科大学 2010 级临床医学七年制一系 2 班, 重庆 400016;

2. 重庆医科大学附属第一医院綦江区人民医院放射科, 重庆 401420)

【摘要】目的:探讨离体猪肺标本低剂量高分辨率 CT(high resolution computed tomography, HRCT)扫描的最佳管电流。**方法:**应用 GE 公司 Brightspeed Elite 16 层螺旋 CT 对 5 具离体充气的新鲜猪肺标本进行常规扫描和不同低剂量 HRCT 扫描(常规扫描管电流为 200 mAs, 低剂量时管电流分别取 80、60、40、20、10 mAs, 其他扫描参数不变)。评价扫描图像质量, 并计算每次扫描的有效辐射剂量(effective dose, ED), 获得最佳管电流的低剂量容积 HRCT 技术方案。**结果:**当管电流分别为 80、60、40 mAs 时, 辐射剂量依次降低, 差异有统计学意义($F=173.90, P=0.000$), 图像质量均能满足诊断要求; 当管电流为 20 mAs 时, 辐射剂量更低, 图像质量基本满足诊断要求; 当管电流为 10 mAs 时, 辐射剂量最低, 但图像质量较差, 不能满足诊断要求。**结论:**选择管电流在 40 mAs 时, 能同时保证 CT 图像质量及有效降低辐射剂量, 这对临床工作中患者肺部低剂量扫描方案的制定具有重要的参考价值。

【关键词】低剂量; 高分辨率 CT; 肺; 体层摄影术; X 线计算机

【中图分类号】R445.3

【文献标志码】A

【收稿日期】2014-02-26

Optimal tube current for low-dose HRCT scan of pig lung specimen in vitro

Liu Zunhan¹, Liu Min², Li Enchun², Tan Shude², Li Qiang², Zhao Xiao², Liu Lijun²

(1. Class 2, 7-Year-Program for Clinical Medicine in 2010 Grade, the First Clinical College, Chongqing Medical University; 2. Department of Radiology, People's Hospital of Qijiang District, The First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University)

【Abstract】Objective: To investigate the optimal tube current for low-dose high resolution computed tomography (HRCT) scan of pig lung specimen in vitro. **Methods:** Brightspeed Elite 16 multislice spiral CT from GE company was used to scan five fresh isolated inflatable lungs of pig by methods of conventional scanning and different low-dose scanning (the tube current of conventional scanning was 200 mAs while the tube currents of low-dose scanning were 80, 60, 40, 20, 10 mAs; other scanning parameters were fixed). Then the quality of the scanning images was evaluated. The quality of images was guaranteed under the premise of meeting the diagnostic requirements and obtaining low-dose volume HRCT technology solution. Effective dose (ED) per scanning was also calculated and analyzed statistically. **Results:** When the tube currents were 80, 60, 40 mAs, the radiation doses were lower gradually, with statistically significant differences ($F=173.90, P<0.001$) and the quality of scanning images can meet conventional diagnostic requirements. When the tube current was 20 mAs, the dose of radiation was lower and the quality of the image can basically meet the diagnostic requirements. When the tube current was 10 mAs, the dose of radiation was the lowest, but the quality of image can not meet the diagnostic requirements. **Conclusions:** When we chose the tube current of 40 mAs, it can ensure high quality of CT images and reduce the radiation dose at the same time. So it is of significance for clinical doctors to formulate low-dose lung scanning solutions.

【Key words】low-dose; high resolution computed tomography; lung; tomography; X ray computer

作者介绍: 刘尊瀚, Email: lau6rent@gmail.com,

研究方向: 放射医学。

通信作者: 刘敏, Email: 2298678447@qq.com。

基金项目: 重庆市綦江区科学技术委员会科研资助项目(编号:

2012.231)。

优先出版: <http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13406/j.cnki.cyxh.000216.html>

高分辨率 CT(high resolution computed tomography, HRCT)能获得具有优良空间分辨率的肺部图像,在肺部疾病诊断中有举足轻重的地位,但其存在大剂量的辐射,增加了受检者的身体伤害甚至发生肿瘤的概率。低剂量 HRCT 是近年来兴起的一种优化扫描参数的新方法,在保证图像质量的前提下,以降低管电流来大幅度降低辐射的剂量。但低剂量 HRCT 扫描是否会影响检查结果的准确性,增加误诊、漏诊发生率,成为众多学者关注的问题。本研究对离体猪肺标本进行低剂量 HRCT 扫描,并与常规剂量 CT 扫描对照,选择最佳管电流,以探讨低剂量 HRCT 在肺部扫描的应用价值。

1 材料与方法

1.1 材料

选择完整的、带有气管的双侧离体新鲜猪肺标本 5 具,体质量约 1.1~1.6 kg,采用改良的 Heitzman 法^[1]固定,1 周后将标本悬空并充气干燥(流速 3~5 ml/s),制成干燥的、膨胀良好的全肺标本,用于 CT 扫描。

1.2 方法

1.2.1 猪肺标本的螺旋 CT 扫描方法 采用美国 GE 公司 Brightspeed Elite 16 层螺旋 CT,专用固定架定位,进行横断位多层螺旋 CT(multi-slice computed tomography, MSCT)容积 HRCT 扫描。扫描范围由肺上缘到肺下缘,扫描参数为:管电压 120 kV(固定不变),管电流分别选择为 200(常规扫描)、80、60、40、20、10 mAs,准直 0.625 mm,层距 0.625 mm,螺距 1.75:1,骨算法重建 FOV 30 cm×30 cm,矩阵 512×512。其余参数不变。

1.2.2 猪肺标本低剂量 HRCT 图像分析 4 位有经验的医师对不同管电流的图像质量做出独立的评价,有争议处经讨论得出意见。图像质量按 5 级分类法评价:Ⅰ级 5 分极佳:图像清晰,无噪声,支气管内外缘清晰,小叶结构清晰;Ⅱ级 4 分佳:图像较清晰,无明显噪声,支气管内外缘较清晰,小叶结构较清晰;Ⅲ级 3 分一般:图像欠清晰,有少许噪声,支气管内外缘欠清晰,小叶结构欠清晰;Ⅳ级 2 分差:图像较模糊,有较多噪声,支气管内外缘较模糊,小叶结构较模糊;Ⅴ级 1 分极差:图像模糊,有明显噪声,支气管内外缘模糊,小叶结构模糊。评分 Ⅰ~Ⅲ级满足诊断要求,Ⅳ~Ⅴ级不满足诊断要求。

1.2.3 辐射剂量确定 选取 7 个固定层面,记录不同管电流的 CT 剂量容积指数(computed tomography dose index volume, CTDI vol)、扫描长度(L),并根据公式(1)、(2)计算剂量长度乘积(dose length product, DLP)及有效辐射剂量(effective dose, ED)。(1) $DLP(mGy \cdot cm) = CTDI\ vol(mGy) \times L(cm)$; (2) $ED(mSv) = DLP(mGy \cdot cm) \times k$ [转换系数 k 与受检者身体的不同部位有关,参考最新欧盟委员会 CT 质量标准指南,胸部扫描时 $k=0.014\ mSv/(mGy \cdot cm)$],以确定不同管电流下的辐射剂量。

1.3 统计分析

应用 SAS 9.0 软件进行数据处理及统计分析,数据用均数±标准差($\bar{x} \pm s$)来表示。对不同管电流 HRCT 的质量评分及有效辐射剂量进行单因素方差分析,两两比较采用 SNK-q 检验,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

不同管电流下单个标本辐射剂量及图像质量评分见表 1。从表中可以发现,当管电流为 200、80、60、40 mAs,图像质量均能很好地满足诊断需要;当管电流为 20 mAs 时,图像质量基本满足诊断要求;当管电流为 10 mAs 时,图像质量较差,不能满足诊断要求。对不同剂量 CT 图像质量评分(200~10 mAs)不同管电流条件下差异有统计学意义($P=0.000$),但经组间多重比较,管电流 200、80、60、40 mAs 评分差异无统计学意义,而管电流 20、10 mAs 与各组间图像质量评分差异有统计学意义。

CTDI vol 值、DLP 值及 ED 值在(200~10 mAs)不同管电流条件下差异均有明显的统计学意义($P=0.000$,表 1),且管电流越小,CTDI vol 值、DLP 值及 ED 值越小。

表 1 5 个样本在不同管电流水平 HRCT 辐射剂量值与图像质量评分及其比较分析($\bar{x} \pm s$)

Tab.1 HRCT radiation doses and values of image quality in different tube current levels($\bar{x} \pm s$)

管电流 (mAs)	CTDI vol (mGy)	DLP (mGy·cm)	ED (mSv)	图像 评分
200	12.68 ± 0.13 ^a	453.67 ± 12.68 ^a	6.36 ± 0.14 ^a	5.00 ± 0.00
80	4.69 ± 0.27 ^a	171.01 ± 9.02 ^a	2.42 ± 0.11 ^a	4.98 ± 0.02
60	3.66 ± 0.11 ^a	125.30 ± 6.27 ^a	1.75 ± 0.11 ^a	4.88 ± 0.05
40	2.49 ± 0.12 ^a	83.73 ± 4.11 ^a	1.23 ± 0.08 ^a	4.63 ± 0.47
20	1.20 ± 0.25 ^a	46.23 ± 4.71 ^a	0.64 ± 0.06 ^a	3.47 ± 0.43 ^a
10	0.58 ± 0.02 ^a	21.62 ± 0.41 ^a	0.39 ± 0.22 ^a	1.71 ± 0.71 ^a
F 值	3 303.87	2 337.18	1 435.88	55.83
P 值	0.000	0.000	0.000	0.000

注:a,组间多重比较时,差异有统计学意义

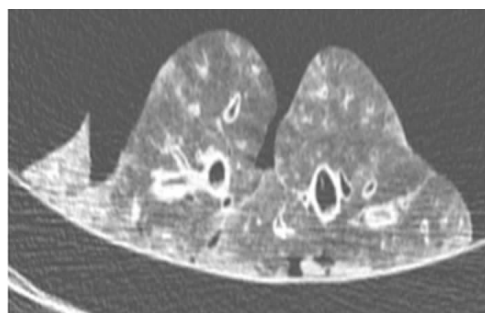


图 1 管电流为 200 mAs 时,图像质量能满足诊断需要

Fig.1 Quality of image can meet the need of diagnosis at the tube current of 200 mAs

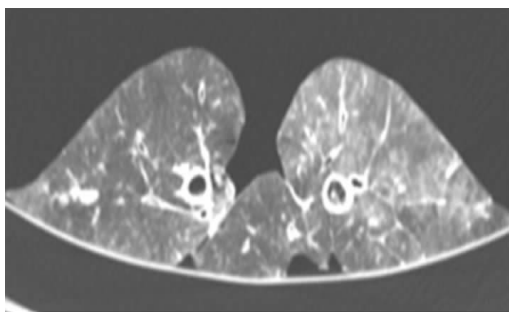


图 2 管电流为 80 mAs 时,图像质量能满足诊断需要

Fig.2 Quality of image can meet the need of diagnosis at the tube current of 80 mAs

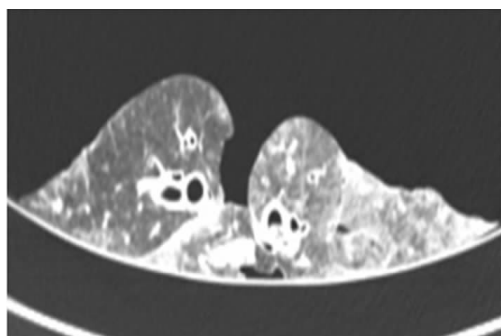


图 3 管电流为 60 mAs 时,图像质量能满足诊断需要

Fig.3 Quality of image can meet the need of diagnosis at the tube current of 60 mAs

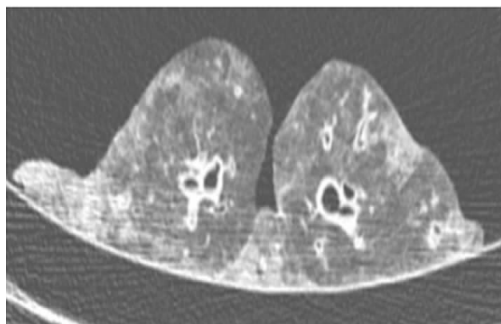


图 4 管电流为 40 mAs 时,图像质量能满足诊断需要

Fig.4 Quality of image can meet the need of diagnosis at the tube current of 40 mAs

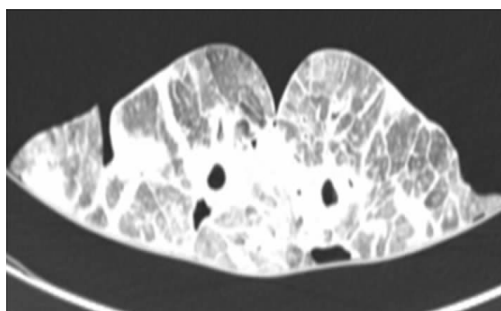


图 5 管电流为 20 mAs 时,图像质量基本满足诊断需要

Fig.5 Quality of image can basically meet the need of diagnosis at the tube current of 20 mAs

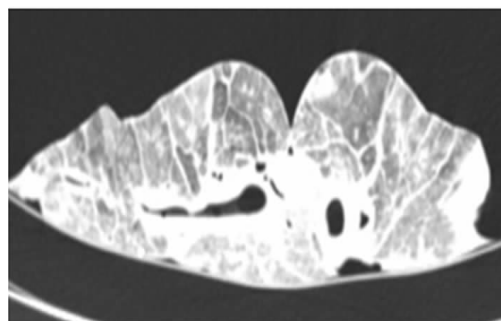


图 6 管电流为 10 mAs 时,图像质量不能满足诊断需要

Fig.6 Quality of image can not meet the need of diagnosis at the tube current of 10 mAs

3 讨论

国际放射防护委员会(International Commission on Radiological Protection, ICR)1997 年提出了 X 线活动三原则,即实践正当化、辐射防护最优化、个人剂量限值,并且呼吁在放射学检查中遵循“合理使用低剂量(as low as reasonably achievable, ALARA)”的原则。然而随着多层螺旋 CT 的普及率越来越高,临床应用范围越来越广,患者接受 CT 检查的概率及频率逐渐增高,接受的 X 线受照剂量成倍增加。虽然单次 CT 检查的 X 线辐射剂量仍处于国际上规定的安全范围内,但是对人体作用过程中产生的生物效应造成人体伤害却是不争的事实,特别是其致癌作用对人类的健康形成了巨大威胁。研究显示,全世界每年有成千上万的患者潜在地死于因 CT 检查而诱导的各类癌症,因此 CT 已经成为医源性放射性损伤的主要源头^[2,4],值得医务人员高度重视。

当前,一些医师忽视了诊断性 CT 检查中辐射剂量所致的风险,一味追求图像质量。1990 年 Naidich 首次提出了低剂量 CT 的概念,即在其他扫描参数不变的情况下,通过适当降低管电流来保证图像质量,在对 12 名患者的 10 mA 管电流与常规 140 mA 管电流扫描后的图像进行比较后,发现在 10 mA 管电流条件下,尽管纵隔区噪声和伪影有所增加,但仍可显示肺组织的正常和病理特征,为低剂量 CT 扫描提供了具体的实验依据^[3,6]。一般认为,检查者所接受的剂量较常规剂量降低 20% 以上,才能被确认为剂量降低。当前,为了努力降低受照剂量,各种新的技术及装置被不断开发出来,如固体探测器、新颖的过滤板、剂量保护装置、心电门控技术以及各类

降低噪声、抑制伪影的软件等^[5-6]。

胸部低剂量 CT 扫描方案,早期主要应用于体检及婴幼儿的 CT 扫描。依据辐射理论,管电流及扫描时间与辐射剂量成正比,故管电流降低,螺距增加,可使辐射剂量降低,但图像噪声增加导致质量降低。与身体其他部位不同,正常肺组织的 CT 值范围在-50~800 Hu,肺内病灶的 CT 值范围在 20~50 Hu,相互之间呈高对比(良好的自然对比),这使得病变在肺组织中要比在实质脏器中更易显示,不受噪声的干扰。可见,在一定范围内降低管电流,并不影响在肺窗上对病变的观察,还可大幅度降低辐射剂量,使患者获得更优化的放射防护^[5,7]。

当前 CT 发展的重点正是在临床应用中,如何在保证图像质量的前提下,尽可能地降低扫描中的辐射剂量。由于 X 射线的几何探测效率主要由探测器的宽度决定,而图像的分辨率则是由探测器的宽度、X 线管焦点的大小以及重组方法共同决定的。根据这样的原理,在设计中可以考虑通过调整 X 线球管的设计,使用新型探测器、准直器和不同的前置过滤器以及在扫描过程中进行实时的剂量调控来实现最佳的成像效果并且达到降低辐射剂量的目的^[5-6,8]。此外,在实际扫描中,还可以采用控制辐射剂量措施的方法包括:应用低千伏扫描、根据体质指数适当降低扫描条件、降低管电流等。国内外的研究均提示^[7-10],使用降低管电流来降低辐射剂量,是一种切实可行的有效方法,因为管电流的降低主要影响了低对比分辨力,而对高对比分辨力的影响较小。由于肺部病变的发现主要依靠病变与周围正常肺组织的对比以及影像的噪声水平,因此肺组织的病变不易受噪声影响,在已使用的 CT 机上采用降低管电流,不失为降低辐射剂量的好方法。

本研究表明,在其他 CT 扫描条件(包括管电压)不变的情况下,大幅度降低管电流至 40 mAs 时,仍可保证影像诊断对图像质量的要求,而辐射剂量大幅降低,约为常规扫描的 20%;管电流至 20 mAs 时,仍可基本满足影像诊断需求,辐射剂量进一步减少,约为常规扫描的 20%。此外,也有研究表明^[10],低剂

量 CT 的应用可以增加 CT 球管的使用寿命,从而极大地降低 CT 检查的成本。

综上所述,在保证 CT 图像高清高分辨的同时,低剂量 HRCT 扫描猪肺标本的研究中能够有效降低辐射剂量,对临床肺部低剂量扫描方案的制定具有一定的参考价值。

参 考 文 献

- [1] Yanagawa M, Tomiyama N, Honda O, et al. Multidetector CT of the lung: image quality with garnet-based detectors[J]. Radiology, 2010, 255(3): 944-954.
- [2] 叶剑定. 低剂量 CT 在早期肺癌筛查中的意义[J]. 上海医药, 2013, 34(10): 12-14.
- [3] Marin D, Nelson RC, Schindera ST, et al. Low-tube-voltage, high-tube-current multidetector abdominal CT: improved image quality and decreased radiation dose with adaptive statistical iterative reconstruction algorithm—initial clinical experience[J]. Radiology, 2010, 254(1): 145-153.
- [4] Yu L, Bruesewitz MR, Thomas KB, et al. Optimal tube potential for radiation dose reduction in pediatric CT: principles, clinical implementations, and pitfalls[J]. Radiographics, 2011, 31(3): 835-848.
- [5] 刘文磊, 戎军艳, 高 鹏, 等. 基于投影域数据恢复的低剂量 CT 稀疏角度重建[J]. CT 理论与应用研究, 2013, 22(3): 421-428.
- [6] 钱姗姗, 边兆英, 路利军, 等. 两种基于 Anscombe 变换域滤波的低剂量 CT 重建方法讨论[J]. 中国医学物理学杂志, 2013, 30(2): 4023-4026.
- [7] 鲍润贤. 低剂量 CT 筛查肺癌之现状和展望[J]. 中国肿瘤临床, 2009, 36(6): 301-306.
- [8] Neroladaki A, Botsikas D, Boudabbous S, et al. Computed tomography of the chest with model-based iterative reconstruction using a radiation exposure similar to chest X-ray examination: preliminary observations[J]. Eur Radiol, 2013, 23(2): 360-366.
- [9] Papadakis AE, Perisinakis K, Raissaki M, et al. Effect of x-ray tube parameters and iodine concentration on image quality and radiation dose in cerebral pediatric and adult CT angiography: a phantom study[J]. Invest Radiol, 2013, 48(4): 192-199.
- [10] Yu L, Li H, Fletcher JG, et al. Automatic selection of tube potential for radiation dose reduction in CT: a general strategy[J]. Med Phys, 2010, 37(1): 234-243.

(责任编辑:冉明会)