小型猪低剂量 MSCT 气道重组的实验研究

张琳,朱铭,李玉华,钟玉敏,孙爱敏,顾晓红

【摘要】目的:探讨低剂量多层螺旋 CT(MSCT)在气道重组方面的应用价值。方法:分别改变电流(20、50、100 和 150 mA)和管电压(100 和 80 kV),对 6 只小型实验用猪进行 6 个序列的胸部 CT 扫描,并采用最小密度投影(MinIP)、表 面遮盖显示(SSD)和仿真支气管内镜(VB)等后处理技术对气道进行图像重组并评价图像质量,在 MinIP 和 SSD 重组图 像上测量 0~3 级支气管管径并与在解剖标本上测量的 0~3 级支气管管径进行比较。结果:各序列重组图像上 0~2 级 支气管管径测量值与解剖标本比较差异无显著性意义(P>0.05),20 和 50 mA 组 3 级支气管管径测量值与解剖标本比较 差异有极显著性意义(P<0.01),100 mA、150 mA、100 kV 和 80 kV 组图像上 3 级支气管管径测量值与解剖标本比较差异 无显著性意义(P>0.05)。结论:低剂量 MSCT 气道重组图像能满足诊断需要,适用于诊断儿童气道疾病。

【关键词】 体层摄影术,X线计算机;图像处理,计算机辅助;动物实验;气管;支气管

【中图分类号】R814.42, R655.3 【文献标识码】A 【文章编号】1000-0313(2007)11-1161-04

Low-dose MSCT in the Reformation of Tracheobronchography: An Experimental Study in Piglets ZHANG Lin, ZHU Ming, LI Yu-hua, et al. Department of Radiology, Shanghai Children Medical Center, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200127, P. R. China

[Abstract] Objective: To investigate the feasibility of reducing the radiation dose in multi-sliced helical CT (MSCT) tracheobronchographic reformation. Methods: Changing the scanning settings of the milliampere (20, 50, 100 and 150mA) and tube voltage (80 and 100kV), chest MSCT was performed in each of the 6 experimental piglets with the 6 complexes of the above scanning parameters respectively. Image reformation of the chest was undergone with MinIP, SSD and VB techniques on a AW 4, 2 workstation, Image quality was evaluated. The lumens of grade $0\sim3$ bronchi were measured on MinIP and SSD images. The results were correlatively compared with those of the real bronchial lumens of the piglets, Results: In comparison with the anatomical samples of the tracheobronchial trees of the piglets, the lumen diameters of grade $0 \sim 2$ bronchi measured on the reformated images scanned with the 6 complexes of different technical parameters, were all accurately consistent with those of the formers. Statistically, no remarkable differences and significance (P>0, 05) were found. However, the differences between the lumen diameters of the grade 3 bronchi measured on the reformated images scanned with 20mA and 50mA respectively, yielded remarkable significance (P < 0.01) in comparison with the ones measured from the anatomical samples. The measurements of the lumen diameters of grade 3 bronchi on images scanned with 100mA, 150mA,100kV and 80kV respectively showed no remarkable significance (P > 0, 05), when they were compared with the ones measured from the samples, Conclusion: Reformated MSCT tracheobronchograms scanned with low-dose radiation provided sufficient relative diagnostic information, therefore, it was appropriate for the imaging examination for diagnosing pediatric patients with airway diseases.

(Key words) Tomography, X-ray computed; Image processing, computer-assisted; Animal experimentation; Trachea; Bronchi

随着 MSCT 的广泛应用,如何在低剂量条件下得 到更好的图像质量,已经越来越受到临床关注^[1-3]。笔 者尝试以小型猪为实验模型,通过降低电流和管电压 来减低 CT 剂量,对小型猪气道进行各种方式的图像 重组并分别测量 0~3 级支气管管径及评价图像质量, 并与标本病理结果进行对比分析,旨在探讨低剂量 MSCT 扫描在气道重组方面的应用价值。

材料与方法

1. 动物选择和 CT 扫描

选用上海交通大学附属新华医院动物实验中心提供的健康巴马小型猪 6 只,体重 10~15 kg,经麻醉后 采用 GE LightSpeed 16 层螺旋 CT 机进行扫描。

每只猪行连续 6 个序列的 CT 扫描,CT 扫描方案 及分组见表 1。其它扫描参数:层厚 1.25 mm,层间隔

作者单位:200127 上海,交通大学附属上海儿童医学中心影像诊断中心 作者简介:张琳(1981-),女,山东潍坊人,硕士研究生,主要从事 儿科影像诊断研究工作。 通讯作者:朱铭,E-mail:zhuming58@vip.sina.com

1.25 mm,螺距 1.375,球管旋转时间 2 r/s,扫描范围 从胸廓入口处至膈上水平。

组别	组名	电流(mA)	电压(kV)
1	20 mA 组	20	120
2	50 mA 组	50	120
3	100 mA 组	100	120
4 *	150 mA 组	150	120
5	100 kV 组	150	100
6	80 kV 组	150	80

表1 CT 扫描方案和分组

注:*标准剂量组

2. 图像后处理

在 GE AW 4.2 工作站上使用最小密度投影 (minimum intensity projection, MinIP)、表面遮盖显示(shaded-surface display, SSD)和仿真支气管内镜 (virtual bronchoscopy, VB)技术对6组扫描数据进行 气道重组,在工作站上分别在6组的 MinIP和 SSD 图 像上测量 0~3 级气道的直径(图 1、2)。

3. 图像分析评价

采用肺窗(窗宽1300 HU,窗位-500 HU)对 MinIP 图像进行观察。根据改良 Zeiberg 评分方 法^[4],由两位本专业有经验的副主任医师在不知扫描 条件的情况下对各组的 MinIP 和 SSD 图像质量进行 评价,并记录评分结果。评价标准:5分,界面锐利,无 阶梯状伪影、运动伪影或容积缺损;3分,轻度的阶梯状伪 影、运动伪影或容积缺损;2分,显著的阶梯状伪影、运 动伪影或容积缺损;2分,显著的阶梯状伪影、运 动伪影或容积缺损;1分,阶梯状伪影或运动伪影引起 图像破裂或图像对合不良。分别选取4个部位进行测 量,包括右上气管性支气管自气管发出处、左主支气 管、左上叶和左上叶尖后段支气管,即包括0~3级支 气管,在工作站上测量重组图像上各部位支气管的冠 状内径及气管的冠状和矢状内径。

4. 实验动物处理

扫描结束立即将猪处死,取出气管和双肺,固定后 进行尸体解剖,显示 0~3级支气管,拍照,用游标卡尺



图 1 各组 MinIP 重组图像的图像质量无明显差异,在图像上测量各级支气管直径。a) 20 mA 组; b) 50 mA 组; c) 100 mA 组; d) 150 mA 组; e) 100 kV 组; f) 80 kV 组。 图 2 各组 SSD 重组图像的图像质量无明显差异,在图像上测量各级支气管 直径。a) 20 mA 组; b) 50 mA 组; c) 100 mA 组; d) 150 mA 组; e) 100 kV 组; f) 80 kV 组。

测量并记录 0~3 级支气管冠状内径及气管的冠状和 矢状内径,精确到 0.02 mm。

5. 统计分析

采用 SPSS 11.5 统计分析软件,将各组的 MinIP 和 SSD 重组图像上 0~3 级支气管管径的测量值与解 剖标本的测量值进行比较,采用配对 t 检验,P<0.05 为差异有显著性意义。

结 果

1. 重组图像质量评价

本组结果显示,6种扫描方案的 MinIP 和 SSD 重 组图像的质量评分均大于3分,图像质量较优良,与标 准组之间无明显差异(图1,2)。

2. 各级支气管管径测量

MinIP 和 SSD 重组图像上各级支气道管径测量 值与解剖标本测量值的结果见图 3。

MinIP 重组图像:各组 0~2 级支气管管径测量值 与标本测量结果比较,差异无显著性意义(P>0.05); 在 20 mA 和 50 mA 组 3 级支气管的管径测量值与标 本测量结果比较,差异均有极显著性意义(t 值分别为 5.265 和-12.112,P<0.01)。

SSD 重组图像:各组 0~2 级支气管管径测量值与 标本测量结果比较,差异无显著性意义(P>0.05);在 20 mA 和 50 mA 组 3 级支气管的管径测量值与标本 测量结果比较,差异有极显著性意义(t 值分别为 -8.568和-5.811, P<0.01)。

3. 各组 CT 扫描剂量比较

本研究所采用的 GE LightSpeed 16 层 CT 机,可 根据预设扫描条件自动生成 CT 剂量指数(CT dose index, CTDI) 值。6 组扫描方案的 CTDI 值见图 4。 以标准组 CTDI 值最高。

讨 论

MSCT 以其极快的扫描速度及强大的图像后处 理功能,在显示气道结构等方面得到越来越广泛的应 用^[5,6],其重组图像质量极佳,但如能在不影响诊断质 量的前提下,尽可能减少辐射剂量,对患者尤其是儿童 有着重要意义。

1. 图像质量评价指标

笔者根据图像伪影、各级分支显示、管壁光滑度和 气管软骨环显示等来评价气管重组图像质量,以改良 的 Zeiberg 评分标准来评价。MinIP 重组图像是利用 容积数据中在视线方向上密度最小的像元值成像的投 影技术,做气道重组时可沿气管长径旋转,层厚不宜过 薄,采用肺窗(窗宽 1300 HU,窗位-500 HU)能较好 地显示气道情况,用以评价图像伪影和气管、支气管各 级分支显示情况。SSD 重组图像立体感强,可显示气 道的 整体 形态,用以评价 管壁的光滑度,对应于 Zeiberg 评分中的容积缺损这一评价指标。VB 重组 图像类似于纤维支气管内镜图像,可直接观察气道管 腔内壁,用来评价气管软骨环显示情况,以 Zeiberg 评 分的容积缺损来评价。笔者更进一步定量比较 0~3 级支气管直径测量与解剖标本测量的相关性,为评价 低剂量 MSCT 扫描气道重组提供更准确的信息。

2. 扫描参数与图像质量的关系

CT 剂量与电流、管电压和层厚等因素有关。层 厚对图像质量的影响很大,越薄的层厚重组图像效果 越好。本组研究中对所有分组均采用 1.25 mm 层厚,



图 3 线图显示各组中在 MinIP 和 SSD 重组图像上各部位气管、支气管直径测量结果及解剖标本测量结果。a) 气管冠状径; b) 气管矢状径; c) 左主支气管直径; d) 左上叶支气管直径; e) 左上叶尖段支气管直径。 图 4 直方图显示各组 CTDI 值。

以去除层厚对重组图像质量的影像。分别改变电流和 管电压,来观量图像质量。本组结果显示电流量的减 低对 3 级支气管的图像质量影响较大,当降至 20 和 50 mA 时 MinIP 及 SSD 重组图像上测量的支气管管 径与解剖标本测量值有明显差异,而对 0~2 级支气管 管径测量结果影响不大,与 Adaletli 等^[6]的结果相似。 而管电压对图像质量的影响不显著。

本研究中 SSD 重组图像上测量的各级支气管管 径较解剖标本上的测量值稍低,与文献^[7]报道类似。 分析原因在于 SSD 图像上重组依赖于人工选择阈值 范围,容易造成图像信息部分丢失,即使选取最适宜的 窗宽、窗位,微小的测量误差仍不可避免。而 MinIP 重组图像上支气管管径测量值相对比较准确且受剂量 的影响相对较小,因此,临床需精确测量各级支气管管 径时,笔者推荐采用 MinIP 法图像重组以减小误差。 VB 法图像重组需人工选择阈值以提高图像质量,会 对管径测量造成较大误差,故本研究未对 VB 测量结 果进行比较。

3. 扫描参数对 CT 辐射剂量的影响

本研究结果显示,CT 辐射剂量与管电流呈正比, 从 150 mA 降到 100 mA 时,CT 剂量下降至 66.67%, 对图像质量、0~3 级支气管管径测量均无明显影响; 从 150 mA 降到 50 mA 和 20 mA 时,CT 剂量分别下 降至 33.33%和 13.33%,Q对 3 级支气管管径的测量 结果产生影响,说明通过降低电流量来获得符合诊断 要求的低剂量气道重组图像是确实可行的。降低管电 压对 CT 辐射剂量的作用比较复杂,电压与剂量之间 无线 性规律,本实验在一定程度内降低管电压 (120 kV降至 80 kV),放射剂量亦降低,但对气管重组 图像质量无显著影响。

4. 猪支气管图像说明

猪支气管与正常人体的支气管发育不同,在气管 隆突以上气管右侧壁发出一个分支,名为支气管性支 气管(tracheal bronchus,TB),此支气管支配右肺上叶 肺组织;此外,在右主支气管内侧壁发出一个分支,名 为心副支气管(accessory cardiac bronchus,ACB),此 支气管支配心后肺叶。此两支支气管如在人类中出 现,则为先天变异,据报道^[8]TB在正常人的发生率为 0.1%~2.0%,并易在先天性心脏病患儿中发生。

目前,在临床上对儿童行常规 CT 扫描时仍选用 较高的 CT 剂量^[9],应该考虑到儿童的体重、身高等因 素选取合适的扫描条件^[10],避免不必要的辐射。本组 研究以活体小型猪为实验对象,显示适当降低电流量 和管电压可有效降低 CT 剂量,且对气道重组图像质 量的影响较小,完全能满足诊断要求,且 MSCT 以其 扫描速度快可有效减少图像伪影,得到较高的图像质 量,适用于诊断儿童气道疾病。

参考文献:

- [1] 徐健,宋伟,李明利,等. 胸部低剂量 CT 与常规剂量 CT 三维图像 质量的比较[J]. 中国医学科学院学报,2006,28(1):53-57.
- [2] Hanai K, Horiuchi T, Sekiguchi J, et al. Computer-simulation Technique for Low Dose Computed Tomographic Screening[J]. J Comput Assist Tomogr.2006,30(6):955-961.
- [3] Choi YW, Mcadams HP, Jeon HC, et al. Low-dose Spiral CT: Application to Surface-rendered Three-dimensional Imaging of Central Airways[J]. J Comput Assist Tomogr, 2002, 26(3): 335-341.
- [4] Zeiberg AS, Silverman PM, Sessions RB, et al. Helical (Spiral) CT of the Upper Airway with Three-dimensional Imaging: Technique and Clinical Assessment[J]. AJR, 1996, 166(2):293-299.
- [5] Siegel MJ. Multiplanar and Three-dimensional Multi-detector Row CT of Thoracic Vessels and Airways in the Pediatric Population
 [J]. Radiology, 2003, 229(3):641-650.
- [6] Adaletli I, Kurugoglu S, Ulus S, et al. Utilization of Low-dose Multidetector CT and Virtual Bronchoscopy in Children with Suspected Foreign Body Aspiration[J]. Pediatr Radiol, 2007, 37(1): 33-40.
- [7] Edwards PD, Bull RK, Brown VS, et al. Spiral CT Optimization for Measurement Bronchial Lumen Diameter Using an Experimental Model[J]. Br J Radiol, 2000, 73(7):715-719.
- [8] Ritsema GH. Ectopic Right Bronchus: Indications for Bronchography[J]. AJR, 1983, 140(4):671-674.
- [9] Paterson A, Frush DF, Donnelly LF, et al. Helical CT of Body: Are Settings Adjusted for Pediatric Patients [J]. AJR, 2001, 176 (2):297-301.
- [10] Boone JM, Geraghty EM, Seibert JA, et al. Dose Reduction in Pediatric CT: a Rational Approach[J]. Radiology, 2003, 228(2):352-360.

(收稿日期:2007-02-15 修回日期:2007-04-15)