

支气管多层螺旋 CT 后处理方法的比较研究

强金伟, 周康荣, 廖治河, 鲁刚, 陈刚, 陈锦

【摘要】 目的:评价多平面重组(MPR)或曲面重组(CPR)、遮盖表面显示(SSD)、最小密度投影(MinIP)、仿真支气管内镜(VB)和容积再现(VR)等五种后处理方法显示肺段以下远端气道的能力。**方法:**对 20 例健康志愿者,采用多层螺旋 CT(MDCT)机行高分辨扫描,准直 1 mm、螺距 1.75、球管旋转 0.5s/r,并分别用标准算法(Filter B)和高滤过重建设算法(Filter D)重组横断面图像,重组间隔 0.6 mm,比较 MPR/CPR、SSD、MinIP、VB 和 VR 五种重组方法显示支气管的等级和长度。**结果:**MPR/CPR 显示支气管的等级和长度最优,能显示大部分 7 级支气管;SSD 次之,能显示 5~6 级支气管,且采用平扫图像重组优于增强图像,用 Filter D 图像资料获得的 SSD 优于 Filter B 法,其中用平扫 Filter D 图像资料所得的 SSD 最佳;VB 法略次于 SSD 法,能显示 5~6 级支气管;MinIP 和 VR 最差,仅能显示 3~5 级支气管。**结论:**采用多层螺旋 CT、1.0 mm 准直的螺旋高分辨扫描后,行 MPR/CPR、SSD 和 VB 重组,能从平面和立体上直观地显示 4~7 级周围支气管,并评价该范围内的支气管病变。

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

【中图分类号】 R814.42; R814.3 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2004)12-0904-04

Multidetector-row spiral CT examination of the bronchus: comparison of different postprocessing techniques QIANG Jin-wei, ZHOU Kang-rong, LIAO Zhi-he, et al. Department of Radiology, Jinshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200540, P. R. China

【Abstract】 Objective: To investigate the value of different postprocessing techniques including MPR or CPR, SSD, MinIP, VB and VR in demonstrating the peripheral medium-sized and small bronchi. **Methods:** 20 volunteers underwent MDCT scans with 1.0 mm collimation (effective thickness, 1.3 mm), 9.33 mm table feed (pitch 1.75) and 0.5 s scan time. The axial images were reconstructed at 0.6 mm increments with standard (Filter B) and high spatial resolution algorithm (Filter D) respectively. The grade and length of bronchial tree identified by MPR/CPR, SSD, MinIP, VB and VR were compared. **Results:** On the respect of the bronchial grade and length, the MPR/CPR was the most outstanding and could identify most 7th-order bronchus. SSD took the second place and could demonstrate the 5~6th-order bronchus. The SSD image reconstructed with non-contrast scan was superior to that of contrast scan, and the SSD image reconstructed with axial images of Filter D was superior to that of Filter B. The SSD image reconstructed with non-contrast axial images and Filter D had the best quality. The VB image could display the 5th to 6th-order bronchus, but it was a little inferior to SSD image. The MinIP and VR images could only identify the 3th to 5th-order bronchus. **Conclusion:** MDCT scan with spiral high resolution of 1.0 mm collimation combining with MPR/CPR, SSD and VB reconstruction can directly and vividly demonstrate the 4th to 7th-order bronchus in manner of plane and three-dimension, and evaluate the bronchial diseases within this extent.

【Key words】 Bronchi; Tomography, X-ray computed; Image processing, computer-assisted; Radiography

多层螺旋 CT (multidetector row CT, MDCT 或 multislice CT, MSCT) 以其薄层、快速及众多的后处理软件使其在短时间内得到迅速发展, 支气管后处理重组在临床上的应用正日益广泛^[1-3], 但如何合理使用、正确评价这些后处理功能软件是一个值得探讨的课题。虽然国内外已有一些涉及这方面的研究, 但大多限于大气道, 对段以下中小气道的研究罕见^[2-6]。本研究旨在评价多层螺旋 CT 多平面重组 (multiplanar reformation, MPR) 或曲面重组 (curved planar reformation, CPR)、遮盖表面显示 (shaded surface display,

SSD)、最小密度投影 (minimum intensity projection, MinIP 或 mIP)、仿真支气管内镜 (virtual bronchoscopy, VB) 和容积再现 (volume rendering, VR) 在显示段以下中小气道的能力。

材料与方法

20 例健康志愿者, 年龄 23~76 岁, 中位年龄 43 岁。采用 Marconi Mx 8000 4 排螺旋 CT 机, 行全胸部平扫, 其中 10 例同时行增强扫描。扫描条件: 120 kV, 100~135 mAs, 准直为 1 mm, 有效层厚 1.3 mm, 重建间隔 0.6 mm, 螺距 1.75, 球管旋转 0.5s/r, 180°线性内插法, 分别用标准 (Filter B) 和高滤过 (Filter D) 算法重组横断面图像。扫描前对志愿者进行屏气训练, 扫描时嘱深吸气后屏气。

作者单位: 200540 上海, 复旦大学附属金山医院医学影像中心 (强金伟、廖治河、鲁刚); 200032 上海, 上海市影像医学研究所 复旦大学附属中山医院放射科 (周康荣、陈刚、陈锦)

作者简介: 强金伟 (1963—), 男, 江苏无锡人, 硕士, 教授, 主要从事胸部 CT 研究。

扫描结束后行 MPR/CPR、SSD、VB、MinIP 和 VR 五种方法重组,重点显示中小气道。图像后处理工作站为 Mx View 3.5。MPR/CPR 重组选取左上叶尖段(L-S₁)、右下叶后段(R-S₁₀)、右中叶外段(R-S₄)和左下叶内段(L-S₇)支气管,重建层厚为零。SSD 重组采用“种子”技术一次成像,方法为:将“种子”种植于气管内,窗位定为-1000 HU,窗宽则取支气管分支显示最多、肺组织正好完全消失时的值,分别选用平扫 Filter B 和 Filter D 和增强 Filter B 和 Filter D 重建的横断面图像共 4 组原始资料做 4 组 SSD 图像(分别为 A、B、C、D 组)。VB 重组应用平扫 Filter D 原始资料所做 SSD 图像作为导航路径,在 Voyager 界面上采用自动导航技术,用支气管镜模式观察上述 4 支支气管及其分支。MinIP 和 VR 重组均使用平扫 Filter D 资料,前者用透视模式重建。后者用气道模式、滑动层块技术重建。

统计分析选用(SPSS 11.0)软件,采用 t 检验或方差分析, $P \leq 0.05$ 为差异有显著性意义, $P \leq 0.01$ 为差异有极显著性意义。

结 果

5 种重组方法比较,在显示支气管长度和分支数

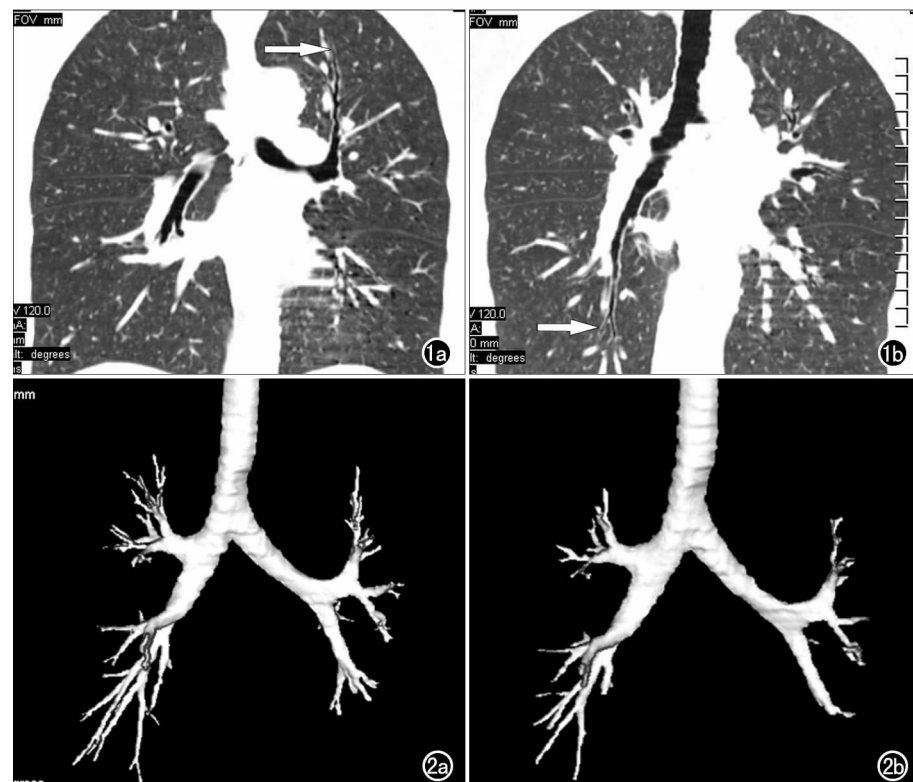


图 1 冠状面支气管 MPR 重组图像,显示第 6~7 级支气管(箭)。a) 左上叶尖段; b) 右下叶内段。图 2 横断面资料重组的支气管 SSD 图像。a) 平扫 Filter D 算法; b) 增强 Filter B 算法。前者显示支气管分支级数和长度明显优于后者。

量上,MPR/CPR 最佳,依次为 SSD、VB、MinIP 和 VR (图 1~5)。

1. MPR/CPR 重组

L-S₁、R-S₄、L-S₇ 和 R-S₁₀ 第 4 级和第 5 级支气管显示率达 100%,第 6 级以下支气管显示情况见表 1。

表 1 MPR/CPR 显示 6~8 级支气管的能力 (例)

解剖部位	支气管等级		
	6 级	7 级	8 级
L-S ₁	20(100%)	18(90%)	10(50%)
R-S ₄	19(95%)	14(70%)	5(25%)
L-S ₇	17(85%)	10(50%)	3(15%)
R-S ₁₀	20(100%)	17(85%)	9(45%)

2. SSD 重组

用上述平扫、增强和不同滤过算法的横断面图像资料重组的 SSD 图像显示不同等级支气管数量详见表 2。

表 2 重组 SSD 图像显示支气管数量 (支)

组别	例数	支气管等级			
		4 级	5 级	6 级	7 级
A 组	20 例	388(19.40)	693(34.65)	333(16.65)	12(0.60)
B 组	20 例	399(19.95)	849(42.45)	777(38.85)	107(5.35)
C 组	10 例	189(18.90)	344(34.40)	201(20.10)	22(2.20)
D 组	9 例*	176(19.56)	341(37.89)	310(34.44)	60(6.67)

注:括号内数为平均值。* 1 例发生“种子”泄露,无法去除肺组织,计数和统计时仅 9 例列入。

用平扫横断面资料重组的 SSD 图像与增强者比较:在显示第 4~6 级支气管分支长度和数量上, A 组优于 C 组, B 组优于 D 组,但其差异无显著性意义。

用不同滤过算法横断面资料重组的 SSD 图像比较: B 组在显示第 4~7 级支气管分支数量和长度均优于 A 组,其差异有显著或非常显著意义; D 组在显示第 4~7 级支气管分支数量和长度均优于 C 组,但因观察病例数较少,其差异无显著性意义。其中用平扫 Filter D 横断面资料重组的 SSD 图像最佳。

3. MinIP 重组

本法能显示大部分 4 级、少量 5 级支气管, 6 级及 7 级支气管基本上不能显示,且易受大气道、背景肺重叠的影响。与 SSD 比较, MinIP 图像显示第 4~7 级支气管的能力较差,两者差异有非常显著

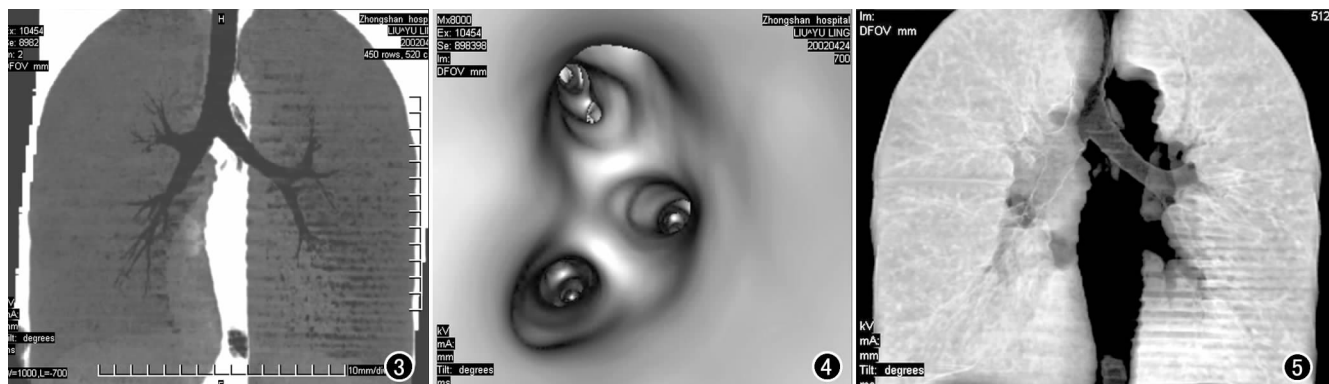


图 3 MinIP 图像:显示大部分 4~5 级支气管,6 及 7 级未显示,近中线侧的支气管(如背段)被大气道遮掩,左侧背景肺有较多横行条纹影重叠。图 4 VB 像,显示外、后基底段及亚段及更小分支开口。图 5 VR 像,采用滑动层块技术气道成像模式,仅显示第 4 级支气管,更小等级支气管受肺血管分支遮掩无法显示。

性意义。

4. VB 重组

本法显示 L-S1、R-S4、L-S7 和 R-S10 支气管情况见表 3。

表 3 VB 显示支气管的能力 (例)

解剖部位	支气管等级			
	4 级	5 级	6 级	7 级
L-S1	20(100%)	19(95%)	10(50%)	3(15%)
R-S4	20(100%)	20(100%)	15(75%)	2(10%)
L-S7	19(95%)	7(35%)	0(0)	0(0)
R-S10	20(100%)	20(100%)	16(80%)	5(25%)

5. VR 重建

由于支气管与肺组织缺乏足够的密度对比,VR 重建仅能显示 3~5 级支气管,且由于肺内血管影的重叠干扰,支气管显示欠佳,除中央气道外,难于观察其形态。

讨 论

1. 多层螺旋 CT 显示段以下支气管的价值

在相同时间内,多层螺旋 CT 可完成更薄、更大范围的扫描,大大拓展了各种后处理技术的临床应用,使这些技术切实成为了诊断和治疗不可缺少的手段^[1-3]。胸部组织密度较低,对 X 线的衰减小,准直 ≤ 1 mm 的容积扫描在提高空间分辨力的同时,并不明显增加图像噪声,因而具有较高的实用价值。传统高分辨 CT 虽能清晰地显示肺部细微结构,但其取得的原始资料为非容积性资料,无法进行后处理重建。单螺旋 CT 虽能进行薄层容积性采集,但范围相当有限。多层螺旋 CT 能在患者单次屏息内完成全胸部 0.5~1.0 mm 准直容积扫描,在此基础上可进行全胸部各种高质量的后处理,特别是段以下小气道重组^[1-3]。

2. 各种后处理方法显示支气管能力的评价

MPR/CPR、SSD、MIP、VB 和 VR 均可用于支气管的后处理重组,但作用各有侧重,临床工作中常根据具体情况选择应用。

MPR/CPR 为二维图像,能比横断面更好地显示支气管的狭窄程度和受累范围^[3,6,7]。以往研究能显示 100% 的段支气管和部分亚段支气管^[8]。本文资料表明,就显示支气管级数而言,MPR/CPR 优于其他任何重组方法,在活体可完整地显示 7~8 级支气管。

SSD 为三维影像,以往研究认为它仅能显示 3~5 级支气管,主要用于评价中央型肺癌侵犯支气管的情况,在显示支气管树的形态、管腔狭窄的程度和范围等方面优于横断面,但对于 5 级以下的支气管常无法显示^[6-8]。本组资料表明它能显示 6~7 级支气管,并且可与病灶表面重建图像叠加,非常满意地显示两者的空间关系。缺点是所显示病灶的大小、形态、支气管内径与所取域值有很大关系^[8];而且对支气管的显示易受心脏搏动、放射状伪影、管腔内分泌物等多种因素的影响。

MinIP 为二维投影,常用于显示叶以上中央气道,确定病变累及气管、支气管的范围^[9]。Bhalla 等^[9]研究表明,MinIP 显示中央气道优于单纯横断面图像,但显示周围支气管则不如横断面。MinIP 不能显示重叠结构,对解剖的显示有一定限度,对显示中央气道的不对称狭窄有一定限度。本研究中 MinIP 图像虽然能显示大部分 4 级和少量 5 级支气管,优于以往的报道^[8,9],但仍不能分辨 6~7 级支气管。

VB 是近年来应用、研究较多的一种技术^[3,5,8,10]。与纤维支气管镜(fiberoptic bronchoscopy, FOB)比较,其优点是能进入到 FOB 不能通过的狭窄腔段,观察狭窄段的病变形态、范围及其狭窄远端情况,以此为基础可指导 FOB 活检^[10];并且它能深入到 FOB 无法

到达的较小支气管内;另外,VB 几乎适用于所有人群,患者无痛苦及并发症。缺点是无法观察病变的色泽、血供和活动度等,不能进行活检^[10]。以往研究中 VB 仅能显示亚段以上支气管,主要用于评价段以上大气道病变^[8,10]。本组资料中它可显示右肺的全部 5 级、大部分 6 级和小部分 7 级支气管;受心脏、大血管搏动的影响,VB 显示左侧支气管的能力不如右侧。

VR 在气道应用较少,少量的报道限于中央型肺癌,得到类似于支气管造影的图像,显示段以上水平的气道^[4,11]。我们的经验表明:在肺外周,由于支气管树反复分叉而显得结构复杂,并且由于与肺组织缺乏足够的密度对比,以及大量重叠的肺血管分支影响,VR 显示支气管的能力并不强,仅能显示 3~5 级支气管。

3. 多层螺旋 CT 支气管后处理在肺部应用

虽然横断面图像可用来评估大多数气道异常,但也存在一些限度:①对轻度气道狭窄不敏感;②低估病变的纵向范围;③难于显示气道与邻近纵隔结构间复杂的空间关系;④不能满意显示平行或斜向行走的气道;⑤大量横断面图像的阅读困境。气道后处理技术完全克服了上述不足,它有助于对病变的理解,提高诊断信心,指导各种诊疗措施的实施。其优势体现在以下三方面:①显示支气管管腔的形态变化,如充盈缺损的表面形态、基底宽度、气道狭窄或扩张的程度与范围、狭窄的性质及形态特点、支气管中断的类型等;②显示支气管走向的变化,横断面图像缺乏整体性和连续性,很难显示支气管走向的改变,气道重组能很好地显示支气管的全貌,判断其走向的任何变化,如推移、牵拉、僵直或聚拢等,有助于判断病变的性质;③显示支气管与周围结构的关系,气道重组能较横断面更准确地显示支气管与周围结构的关系,不仅可指导纤维支气管镜检查,提高活检的阳性率,而且有助于判断病变的良、恶性,预测肿瘤细胞类型^[12]。

综上所述,采用多层螺旋 CT 机,1.0 mm 准直胸部扫描后能进行高质量的气道重组。在显示支气管的等级和长度方面,MPR/CPR 最优,依次为 SSD、VB、MinIP 和 VR。MPR/CPR、SSD 和 VB 相结合能从平

面和立体全面直观地显示 4~7 级周围支气管,评价该范围内的支气管病变。

参考文献:

- [1] Dawson P, Lees WR. Multi-slice technology in computed tomography[J]. Clin Radiol, 2001, 56(4): 302-309.
- [2] Hoppe H, Walder B, Sonnenschein M, et al. Multidetector CT virtual bronchoscopy to grade tracheobronchial stenosis[J]. AJR, 2002, 178(5): 1195-1200.
- [3] Boisselle PM, Reynolds KF, Ernst A. Multiplanar and three-dimensional imaging of the central airways with multidetector CT[J]. AJR, 2002, 179(2): 301-308.
- [4] Remy-Jardin M, Remy J, Artaud D, et al. Volume rendering of the tracheobronchial tree: clinical evaluation of bronchographic images[J]. Radiology, 1998, 208(3): 761-770.
- [5] Rapp-Bernhardt U, Welte T, Doebling W, et al. Diagnostic potential of virtual bronchoscopy: advantages in comparison with axial CT slices, MPR and MIP[J]. Eur Radiol, 2000, 10(6): 981-988.
- [6] Lee KS, Yoon JH, Kim TK, et al. Evaluation of tracheobronchial disease with helical CT with multiplanar and three-dimensional reconstruction: correlation with bronchoscopy[J]. RadioGraphics, 1997, 17(3): 555-570.
- [7] Remy J, Remy-Jardin M, Artaud D, et al. Multiplanar and three-dimensional reconstruction techniques in CT: impact on chest diseases[J]. Eur Radiol, 1998, 8(3): 335-351.
- [8] 王伟中, 钱民, 谢敬霞, 等. 支气管三维重建和仿真内窥镜的应用价值和限度[J]. 中华放射学杂志, 1999, 33(9): 828-830.
- [9] Bhalla M, Naidich DP, McGuinness G, et al. Diffuse lung disease: assessment with helical CT-preliminary observations of the role of maximum and minimum intensity projection images[J]. Radiology, 1996, 200(2): 341-347.
- [10] Fleiter T, Merkle EM, Aschoff AJ, et al. Comparison of real-time virtual and fiberoptic bronchoscopy in patients with bronchial carcinoma: opportunities and limitations[J]. AJR, 1997, 169(6): 1591-1595.
- [11] 王建卫, 吴宁, 黄遥, 等. 螺旋 CT 及其图像后处理技术对中央型肺癌气管、支气管树肿瘤侵犯的评价[J]. 中华放射学杂志, 2002, 36(7): 583-587.
- [12] 强金伟, 周康荣, 蒋亚平, 等. 多排螺旋 CT 与病理对照研究孤立性肺结节与支气管的关系[J]. 中华放射学杂志, 2003, 37(11): 992-996.

(收稿日期: 2004-03-02)