

## 论 著

## CT重建及合适的窗宽窗位显示肺移植术后吻合口狭窄

广州医科大学附属第一医院放射科  
(广东 广州 510120)陈琼珠 蓝日辉 夏亭亭  
曾庆思

**【摘要】目的** 用冠状位重建及合适的窗宽窗位显示肺移植术后吻合口狭窄。**方法** 回顾性分析110例肺移植后不同时期患者的胸部MSCT图像,抽取临床确诊和怀疑吻合口狭窄共37例患者的72次CT图像,对轴位CT图像行冠状位重建,以及调节合适的窗宽窗位显示吻合口狭窄的情况。比较轴位肺窗图像与调节窗宽窗位后的冠状位图像两者检出吻合口狭窄的情况,两种图像分别由三位有经验的主治以上医师阅片判断有否气道狭窄,结果用ROCFIT软件进行ROC(受试者操作特征曲线)分析,并用Excel 2010绘制ROC曲线图。**结果** 冠状位合适的窗宽窗位图像的ROC曲线下面积大于肺窗轴位图像的ROC曲线下面积。轴位图像的截距(a值)为0.6916,斜率(b值)为1.0441,曲线下面积(Az)为0.6838;冠状位图像的a值为0.7856, b值为0.9952, Az为0.7112。两种图像诊断的ROC曲线及Az明显不同,两者有显著差异,配对t检验, ( $P < 0.001$ )。**结论** 肺移植后患者MSCT肺部检查,冠状位重建及合适的窗宽窗位图像可以更敏感地发现吻合口狭窄,而且还能显示狭窄段支气管与邻近大血管的关系,为临床早期诊断和治疗提供依据。

**【关键词】** 肺移植; 狭窄; 体层摄影术; X线计算机

**【中图分类号】** R816.41

**【文献标识码】** A

**DOI:** 10.3969/j.issn.1672-5131.2017.01.012

通讯作者: 蓝日辉

## Indication of Airway Stenosis After Lung Transplantation by MSCT Reconstruction Based on Fitted Window Width and Window Level

CHEN Qiong-zhu, LAN Ri-hui, XIA Ting-ting, et al., The First Affiliated Hospital of Guangzhou Medical University, Guangzhou 510120, Guangdong Province, China

**[Abstract]** **Objective** To discuss the indication of airway stenosis in a consecutive series of bronchial anastomosis after lung transplantation in our hospital. **Methods** We performed a retrospective imaged study on 110 cases of lung transplants in our hospital from January 2003 to April 2016. Sixty-two cases were subjected to single lung transplants, and forty-eight to bilateral sequential single lung transplantation. There were totally 158 bronchial anastomoses. 72 MSCT imaging which confirmed or suspected anastomosis stenosis were selected to further handle from 37 cases. Changed the axial to coronal section, then adjusted the window width and window level were fitted to show the airway stenosis. Compared the ability of distinguish airway stenosis between this two kinds of images, three experience physician readed this two groups imaging using ROC analysis. ROC curved was made by Excel 2010. All recipients received long-term MSCT follow-up. Fibrobronchoscopic examinations were done when necessary. **Results** ROC analysis indicated that there were significant difference ( $P < 0.001$ ) between coronal and axial imaging groups with  $a=0.7856$ ,  $b=0.9952$ ,  $Az=0.7112$  on the former and  $a=0.6916$ ,  $b=1.0441$ ,  $Az=0.6838$  on the latter. **Conclusion** Reconstruction Coronal imaging can more effectively show airway stenosis after lung transplantation than the axial ones.

**[Key words]** Lung Transplantation; Airway Stenosis; Tomography; X-ray Computer

我院2003~2016年4月共施行肺移植手术110例,复习临床和影像数据资料,并结合国内外相关文献,探讨肺移植后吻合口狭窄的显示方法。ROC分析已成为影像检查和诊断方法对照研究的标准方法。本文用ROC分析的方法对CT重建图像和横断图像分别诊断吻合口狭窄进行评价,探讨CT重建图像及合适的窗宽窗位成像显示吻合口狭窄的优势。

## 1 材料与方法

## 1.1 一般资料

1.1.1 受者资料: 我院2003年3月至2016年4月间共进行110例肺移植手术,回顾性分析受者的临床和影像资料,男性88例,女性22例,年龄( $60.6 \pm 16.5$ )岁(28~81岁);原发病为慢性阻塞性肺病(COPD)55例,肺间质纤维化(IPF)32例,职业性尘肺10例,支气管扩张10例,特发性肺动脉高压3例。术前供、受者ABO血型均相符或相容。

1.1.2 肺移植术: 110例受者中,接受单肺移植(SLT)者62例,接受序贯式双肺移植(BSSLT)者48例,共有158个气管吻合口。术中支气管吻合均采用套入式或采用间断吻合。

1.1.3 术后影像检查: 术后所有受者进行临床和影像长期随访。监测受者的肺功能,并根据临床需要及时行胸部CT和纤维支气管镜检查。术后3天~13年受者定期或不定期进行多次行胸部CT复查,回顾性分析其中临床确诊为吻合口狭窄的病例15例,怀疑吻合口狭窄的病例22例,期间这些病例共进行CT扫描72次,确诊病人扫描35次,怀疑病例扫描37次,均有轴位图像和三维重建冠状位图像,对所有冠状位

图像,为清晰显示吻合口与邻近血管的关系,手动调节图像,增加窗宽窗位至能同时显示纵隔大血管和大气道情况,将平扫轴位肺窗图像与重建后的冠状位图像随机分成两组,图像由主治以上医师分别阅片,判断是否显示吻合口狭窄,狭窄标准的判断(见表1)。所得结果用ROC曲线进行分析。

## 1.2 方法

1.2.1 胸部CT扫描:37例病人72次扫描在出现症状7天内均用TOSHIBA AQUILLION 16排或SIEMENS SMONTA128排螺旋CT检查。扫描参数120kV,40mAs,准直宽0.6mm~1.0mm,螺距1.5,层厚2mm。

1.2.2 胸部CT图像处理:72次扫描的轴位肺窗图像为“第一组图像”,这些轴位图像均作冠状位三维重建,并手动调节窗宽窗位(窗宽范围1000~2000,窗位-100~-300HU)使能同时显示吻合口及邻近的大血管结构,形成新的另一组图像,简称“第二组图像”。

1.2.3 诊断为吻合口狭窄的影像学标准:(1)吻合口管径变窄,狭窄率大于气道近端管径的50%或以上;(2)吻合口附近管腔内有结节或肉芽等组织阻塞管腔,超过管径的50%。诊断为临床疑似狭窄的影像学标准:吻合口狭窄程度不及相应气道管径的50%。

1.2.4 实验的设计:为最大限度减少主观经验和阅片方法的影响,由三位经验丰富的放射科医师在事前不知道最后诊断结果的情况下阅读两组CT图像并提供申请单上的临床资料。全部37例72次扫描被编为1~72号,每个病例都有两种图像:轴位肺窗图像和冠状位合适的窗宽窗位图像。每个病例的两种图像随机调出其

中一种,各占一半。记录三位医师阅片的编号顺序和每例的图像种类。相隔一周后,每位医师按上次阅读编号顺序相反的方法阅读另一种图像。

1.2.5 ROC数据获取和统计方法:在回答是否有气道狭窄时,答案分为肯定是,可能是,不清楚,可能不是和肯定不是5级。参照诊断标准,为减少主观因素的影响,每一级对应为如下的影像所见,如表1所示。阅片结果采用ROCFIT软件进行ROC分析,并绘制ROC曲线图。

## 2 结 果

37例72次扫描图像经三位放射科医师分析CT图像后的结果(见表2),ROC原始数据(见表3),ROC曲线(见图1)。第一组图像曲线的a值(截距)为0.6916,b值(斜率)为1.0441,Az为0.6838;第二组图像的a值为0.7856,b值为0.9952,Az为0.7112。两种图像的曲线下面积Az不同,冠状位重建图像及合适的窗宽窗位在显示肺移植术后吻合口狭窄上较轴位肺窗图像为优。

## 3 讨 论

### 3.1 吻合口狭窄的显示方法

吻合口狭窄是肺移植术后最常见的并发症之一<sup>[1]</sup>,发生率为1.6%~32%<sup>[2-4]</sup>,我院本组病例狭窄率约9.5%(15/158)。狭窄主要有6种基本类型:单纯狭窄、肉芽增生、软化、感染、裂开、吻合口瘘<sup>[5]</sup>,早期诊断尤其重要,能

显著改善预后。纤维支气管镜检查是诊断的“金标准”,能明确狭窄的长度和远端的通畅情况。我院15例患者均经纤维支气管镜检查明确诊断。以往显示吻合口狭窄的主要无创方法是CT轴位肺窗图像,但存在的主要缺点是不能对狭窄段很好的整体显示,对于部分肉芽增生所致狭窄显示不佳,而且狭窄段气道与纵隔大血管解剖关系不清楚,需要纵隔窗补充观察。螺旋CT冠状位重建肺窗图像能解决大部分狭窄段的整体显示问题,但对狭窄段气道周围的情况不能显示,临床医生缺乏对狭窄段气道与周围组织关系的判断,因此在冠状位重建的基础上转换为调节后的窗宽窗位图像,能很好地解决这些问题。图像的窗宽窗位调节主要是为了能同时显示气道管壁、管腔和周围大血管的情况,使这些结构能较好地同一层面显示,既能达到诊断目的同时又使临床医生对狭窄段气道和周围的解剖结构有一个清晰的立体感觉(见图2-7)。Garg K等报道螺旋CT三维重建可以准确判断吻合口狭窄的发生以及程度,准确率可达94%,而CT平扫准确率仅为91%<sup>[6-7]</sup>。本研究利用ROC曲线的原理和分析方法比较两组图像对检出吻合口狭窄的敏感性和特异性,因此能较客观地评价这两种检查方法。

### 3.2 ROC曲线的基本原理和分析方法

ROC分析源于20世纪50年代的雷达信号探测理论,近三十年来广泛应用于放射学和临床化学,是国际上公认的应用最广泛的评价两种或以上影像诊断系统

表1 五级分法对应的影像表现

分级	影像表现
肯定是	吻合口中断、严重狭窄或阻塞大于近端管径的75%以上
可能是	吻合口狭窄或腔内肉芽,大于或等于近端管径的50%~75%
不清楚	吻合口狭窄,约为近端管径的25%~50%
可能不是	吻合口稍狭窄,约为近端管径的0~25%
肯定不是	吻合口光滑、通畅

表2 37例临床诊断或临床疑似肺移植术后吻合口狭窄患者的72次不同CT图像经3位放射科医师阅片结果

分级	临床诊断病例 (15例35次)			临床疑似病例 (22例37次)		
	A医师	B医师	C医师	A医师	B医师	C医师
横断轴位图像						
肯定不是	4	4	6	12	14	9
可能不是	4	6	6	10	10	10
不清楚	8	6	8	6	5	9
可能是	12	9	10	4	6	6
肯定是	7	10	5	5	2	3
冠状位调节图像						
肯定不是	5	3	4	11	15	10
可能不是	3	7	6	10	10	8
不清楚	7	5	9	7	6	9
可能是	10	8	9	5	4	6
肯定是	10	12	7	4	2	4

表3 ROC曲线的原始数据

轴位和冠状位图像假阳性	轴位图像真阳性	冠状位图像真阳性
0.005	0.0228	0.0377
0.01	0.0411	0.0630
0.02	0.0731	0.1041
0.03	0.1016	0.1386
0.04	0.1278	0.1693
0.05	0.1524	0.1972
0.06	0.1756	0.2230
0.07	0.1978	0.2472
0.08	0.2190	0.2699
0.09	0.2393	0.2915
0.10	0.2589	0.3121
0.11	0.2779	0.3317
0.12	0.2962	0.3505
0.13	0.3140	0.3686
0.14	0.3313	0.3861
0.15	0.3481	0.4029
0.20	0.4258	0.4793
0.25	0.4951	0.5456
0.30	0.5574	0.6042
0.40	0.6655	0.7033
0.50	0.7554	0.7840
0.60	0.8304	0.8502
0.70	0.8923	0.9044
0.80	0.9418	0.9477
0.90	0.9788	0.9804
0.95	0.9920	0.9923

性), ROC曲线上每一个操作点代表了特定临界值下敏感性和特异性的组合<sup>[8]</sup>。当临界值在频数分布图最高端时, 所有受试者被认为阴性, 真阳性和假阳性均为0, 特异性为1, 此临界值的敏感性(真阳性)和假阳性(1-特异性)标记在ROC曲线的左下角, 降低临界值时, 真阳性和假阳性都会升高, 当临界值在频数分布图最低端时, 所有受试者被认为阳性, 真阳性和假阳性均为1, 特异性为0, 此临界值的敏感性(真阳性)和假阳性(1-特异性)标记在ROC曲线的右上角, 当敏感性和特异性均为1时, 标记在曲线的左上角, ROC曲线最完美, 曲线下Az=1。Az值越大, 代表影像诊断系统越好。ROC曲线的数据采集目前多用五级临界值分法, 即1级为肯定阴性, 2级为可能阴性, 3级为不清楚, 4级为可能阳性, 5级为肯定阳性。本诊断试验取三位医师观察结果的平均值, 以获得更准确结果。目前国外医学影像学论文多采用敏感性和特异性来评价影像诊断系统。

利用ROCFIT软件绘制ROC曲线, 可计算曲线的a值(斜率)、b值(截距)、曲线下面积Az, 将五个临界值的真阳性和对应假阳性数值用插值法生成26对真阳性和假阳性数值, 以便在Excel软件上绘制圆滑的ROC曲线, 对应点越多, 曲线越圆滑。

CT重建图像还可用于显示其他气道病变和血管性病变, 例如各种原因导致的气管、支气管狭窄、肿瘤性病变, 对于肺移植术后患者, 还可以复查其大血管吻合口的情况, 重建的图像经过调节合适的窗宽和窗位能较直观地显示气道狭窄或大血管狭窄与周围组织的解剖关系, 因此应常规应用于肺移植术后患者的复查中。

的标准方法<sup>[8]</sup>。

敏感性表示真阳性(TPF), 特异性表示真阴性(TNF), 计算方法为: 敏感性=[真阳性/(真阳性+假阴性)]×100%。特异性=[真阴性/(假阳性+真阴性)]×100%。

ROC原理的实质是在敏感性

和特异性的基础上将单一的临界值改为多个临界值, 分别计算不同临界值的敏感性和特异性并标记反映敏感性和特异性的曲线。曲线图代表了敏感性和特异性的相互关系, 横坐标为假阳性(1-特异性), 纵坐标为真阳性(敏感

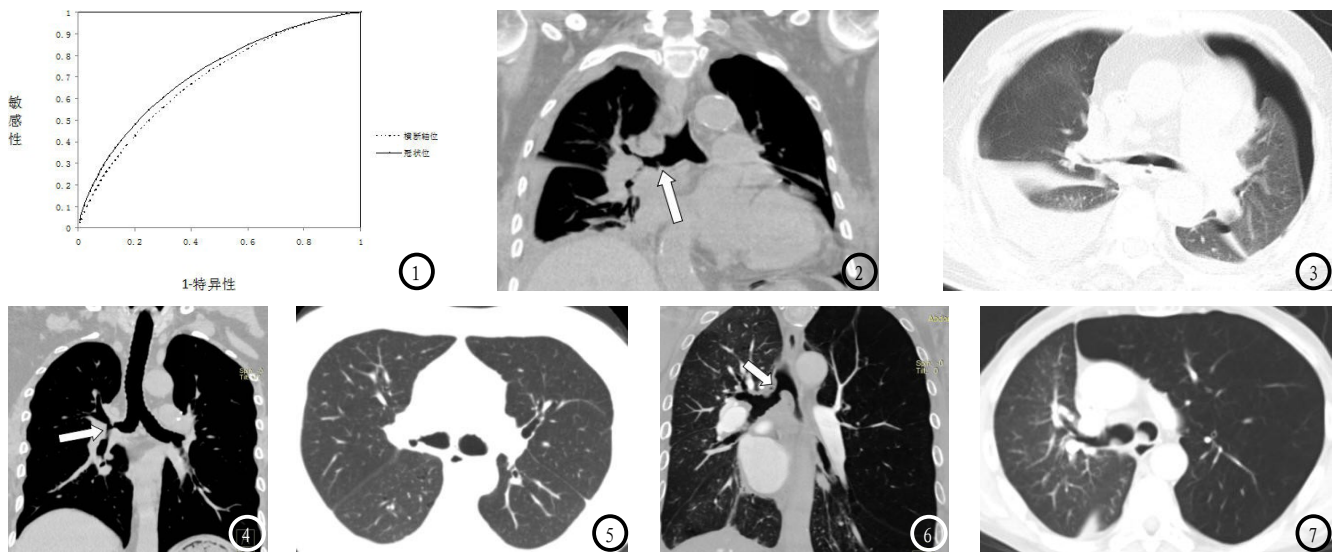


图1 轴位肺窗和冠状位处理图像显示肺移植术后吻合口狭窄的ROC曲线。图2-3 男, 76岁, 双肺移植术后50天, 咳嗽, 气促1周, CT冠状位合适窗窗位图像显示右侧吻合口狭窄(白色箭头), 右上及右中段支气管同时狭窄, 轴位图像不能同时显示。图4-5 男, 52岁, 双肺移植术后4月, 气促, 乏力5天, 轴位肺窗图像及冠状位合适窗窗位图像均能显示右侧吻合口狭窄, 后者还能显示狭窄段位于奇静脉下方, 右肺动脉远端旁。图6-7 男, 30岁, 右肺移植术后8月后, 气促3天, CT冠状位合适窗窗位图像显示右侧吻合口狭窄60%(白色箭头), 轴位图像吻合口狭窄不明显。

## 参考文献

- [1] Herrera JM, McNeil KD, Higgins RS, et al. Airway complications after lung transplantation: treatment and long term outcome[J]. Ann Thorac Surg. 2001, 71 (3): 1989-1993.
- [2] Garfein ES, McGregor CC, Galantowicz ME, et al. Deleterious effects of telescoped bronchial anastomosis in single and bilateral lung transplantation[J]. Ann Transplant, 2000, 5 (1): 5-11.
- [3] De Gracia J, Culebras M, Alvarez A, et al. Bronchoscopic balloon dilatation in the management of bronchial stenosis following lung transplantation[J]. Respir Med, 2007, 101 (1): 127-133.
- [4] Marulli G, Loy M, Rizzardi G, et al. Surgical treatment of posttransplant bronchial stenoses: case reports[J]. Transplant Proc, 2007, 39 (6): 1973-1975.
- [5] 吴波, 郑明锋, 张稷, 等. 肺移植术后气道狭窄并发症的诊断和治疗[J]. 中华器官移植杂志, 2012, 33 (7): 422-425.
- [6] Garg K, Zamora MR, Tudor R, et al. Lung transplantation: indications, donor and recipient selection, and imaging of complications[J]. Radiographics, 1996, 16 (2): 355-367.
- [7] Quint LE, Whyte RI, Kazerooni EA, et al. Stenosis of the central airways: evaluation by using helical CT with multiplanar reconstructions[J]. Radiology, 1995, 194 (3): 871-877.
- [8] Arian R, van Erkel, et al. Receiver operating characteristic (ROC) analysis: Basic principles and application in radiology[J]. European Journal of radiology, 1998, 27 (2): 88-94.

(本文编辑: 王海丽)

【收稿日期】2016-12-13

(上接第 10 页)

- [6] 甘晓根, 徐子海, 廖福锡, 等. CT/MRI 图像融合技术在鼻咽癌放疗靶区勾画中的应用价值[J]. 中国医疗设备, 2014, 13 (11): 163-165.
- [7] 王飞江, 蒋明. 周剂量奈达铂与调强放疗联合治疗复发鼻咽癌的近期疗效[J]. 江苏医药, 2012, 38 (7): 785-787.
- [8] 廖卫坚, 赖淑贞, 张相国, 等. 局部晚期鼻咽癌同期三维适形调强放疗和时间调节式化疗的临床研究[J]. 海南医学, 2014, 12 (9): 1282-1285.
- [9] 郭志锐, 高明勇, 赵海, 等. 鼻咽癌转移性淋巴结化放疗疗效应用DWI 监测价值分析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2015, 13 (6): 12-15.
- [10] 郭立兵, 石卫民, 宋维舒, 等.  $^{18}\text{F}$ -FDG SPECT/CT符合线路显像和MRI 在鼻咽癌放疗后随访中的价值[J]. 实用医学杂志, 2013, 29 (7): 1080-1082.
- [11] 于红梅, 翟昭华, 曾南林, 等. 扩散加权成像在鼻咽癌诊治中的研究现状[J]. 国际医学放射学杂志, 2014, 12 (3): 235-237, 271.
- [12] 林蒙, 余小多, 李琳, 等. MRI 动态增强对鼻咽癌同步放化疗敏感性的预测研究[J]. 临床放射学杂志, 2014, 33 (5): 689-694.
- [13] 杜承润, 应红梅, 程竞仪, 等. 双时相  $^{99\text{mTc}}$ -MIBI SPECT/CT显像预测局部晚期鼻咽癌对含多西他赛新辅助化疗敏感性的价值[J]. 中国癌症杂志, 2013, 11 (10): 834-840.
- [14] 周诚忠, 陆叶兰, 夏炎春, 等. 三维适形放疗联合同步化疗治疗局部复发鼻咽癌的疗效分析[J]. 临床军医杂志, 2013, 41 (9): 915-916, 920.

(本文编辑: 郭吉敏)

【收稿日期】2016-12-05