Three-dimensional reconstruction of multi-slice spiral CT in solitary pulmonary nodule

ZHANG Jian-hua, GAN Xin-lian, QI Jian-pin

(Department of Radiology, Tongji Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030, China)

[Abstract] Objective To discuss the three-dimensional (3D) reconstruction techniques of multi-slice spiral CT (MSCT) and its clinical application value in solitary pulmonary nodule (SPN). Methods MSCT routine and enhanced scanning were performed in 32 patients with SPN, and 3D reconstruction was made using MPR, SSD, MIP and Min-IP. Their visualization capabilities of SPN (including internal architecture, surface features and the adjacent structures such as bronchi, vessels and pleura) were analyzed and compared. Results The four post-processing techniques had respective advantages in appearing the lesions. MPR displayed the lesions from different angle, SSD was good at displaying the adjacent pleura, while MIP was better than other techniques in displaying the adjacent vessels, and Min-IP was not good at display of peripheral bronchi. Conclusion MSCT can make good axial and processed images that clearly display the lesions and make them wholly apprehended. Combination of the axial and post-processing images can be helpful to evaluate the lesion perfectly. [Key words] Solitary pulmonary nodule; Tomography, X-ray computed; Imaging processing

多层螺旋 CT 三维重建技术在孤立性肺结节的临床应用价值

张建华,甘新莲,漆剑频

(华中科技大学同济医学院附属同济医院放射科,湖北 武汉 430030)

[摘 要] 目的 研究多层螺旋 CT (MSCT)不同三维重建方法在孤立性肺结节(SPN)的应用价值。方法 32 例孤立性肺结节患者,均行 MSCT 平扫及增强扫描,分别以 MPR、SSD、MIP、Min-IP 等技术进行重建,观察四种重建方法对结节的边缘形态、内部结构、灶周血管、灶周支气管及邻近胸膜改变等的显示,并评分比较。结果 四种重建方法显示病变各有优点。MPR 可从多平面多角度显示病变;SSD 可以立体显示结节及其周围的改变,以显示胸膜改变效果最佳;MIP 在显示灶周血管病变上优于其他方法;Min-IP 显示外周支气管效果欠佳。结论 MSCT 三维重建图像可直观显示病变,有利于全面观察孤立性肺结节,结合横断面可对病变作出较完善的评价。

[关键词] 孤立性肺结节;体层摄影术,X线计算机;图像处理

[中图分类号] R563; R814.42 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2004)12-1907-04

螺旋 CT 三维重建技术应用于孤立性肺结节的研究已有 报道^[1-2],但方法多较局限。近年来,多层螺旋 CT(multi-slice spiral CT, MSCT)的三维后处理技术较以往有了较大的进 步。在肺部常用的重建技术主要有多平面重建法(multi-planar reconstruction, MPR)、表面阴影显示法(shadow surface display, SSD,也称表面遮盖法)、最大强度投影法(maximum intensity projection, MIP)、最小强度投影法(minimum intensity projection, MIP)、光线累积(raysum)及仿真内镜(virtual endoscopy, VE)等。本研究主要是探讨多层螺旋 CT 的 MPR、SSD、MIP、Min-IP 等几种重建方法在孤立性肺结节的 应用价值。

1 材料与方法

1.1 资料 孤立性肺结节患者(直径≪4.0 cm)35 例,男 21 例,女 14 例,年龄 22~74 岁,平均 55 岁,均经手术及病理证 实。其中恶性组 26 例,良性组 9 例。

1.2 扫描方法 采用 GE Lightspeed 16i 螺旋 CT 机,自肺尖 至肺底扫描,扫描参数:层厚 5.0 cm,pitch=1.375,120 kV, 250 mAs, SFOV 30~35 cm,所有病例均行轴位平扫及增强 扫描,采用 Medrad 高压注射器,经肘静脉注射非离子型碘 剂,总量 80 ml,流量 3 ml/s,延迟时间 12~15 s。

1.3 图像处理 对原始扫描数据以 1.25 mm 层厚进行重 建,再将数据传至 GE AW 4.0 工作站分别进行以下后处理: MPR:以病灶区为重点进行冠状位和矢状位重建,分别观察 肺窗和纵隔窗;SSD:按阈值的不同,分别对病灶、灶周支气管 (下限固定,上限调至-940 Hu)、灶周血管(上限固定,下限 按血管强化程度调节)、及邻近病变胸膜进行重建,旋转图像

[[]作者简介] 张建华(1972-),男(彝族),云南人,博士研究生,主治医师。 研究方向:放射诊断与介入治疗。E-mail: Zhanggekong2001@sina.com [收稿日期] 2004-05-28

多角度观察; MIP:由 Volume Rendering 进入选择 MIP,显示 肺结节与灶周血管,剪去多余结构,旋转图像多角度观察; Min-IP:由 Volume Rendering 进入选择 Min-IP,旋转图像选择合适角度观察兴趣结构。

1.4 分析方法 由一名放射科医生和一名胸科医生共同分 析原始轴位图像及重建图像,并参考手术病理结果,按五分制 对 SPN 边缘形态、内部结构、灶周血管、灶周支气管及邻近胸 膜改变等五方面进行评价(0分为不能显示病变,1分为病变 显示较差,2分为病变显示中等,3分为病变显示较好,4分为 病变显示良好),对各组重建图像所得平均分与轴位图像比较 进行 t 检验。

2 结果

2.1 35 例孤立性肺结节,其中恶性组 26 例,腺癌 12 例,鳞癌
6 例,细支气管肺泡癌 6 例,小细胞癌 1 例,转移癌 1 例;良性
组 9 例,均为结核瘤(以上病例均经手术病理证实)。

依照孤立性肺结节的病变特点^[3,4],本研究主要从以下几 个方面观察肺结节的 CT 轴位及重建图像:①边缘形态:孤立 性肺结节可表现为圆形肿块征、分叶征、棘突征、边缘毛刺征。 ②内部结构:结节内部可见不同程度钙化、支气管气像、空泡 征等改变。③灶周支气管:周围支气管的改变可分以下几型: Ⅰ.支气管切断型;Ⅱ.支气管内含型;Ⅲ.支气管受压型;Ⅳ. 支气管壁增厚管腔光滑狭窄型;Ⅴ.支气管壁增厚管腔不规则 狭窄型。④灶周血管:SPN 周围血管可见以下几种改变:Ⅰ. 一支或数支血管引向病灶,末端中断呈截断状;Ⅱ.SPN 旁血 管受压呈弧形改变;Ⅲ.血管进入 SPN 的分叶凹陷处,又称血 管切迹征; Ⅳ. 血管延伸进入 SPN 内,呈 SPN 内含血管影; V. 混合型。⑤胸膜凹陷征:位于胸膜下的恶性结节常有此表现。

2.2 孤立性肺结节 CT 表现

(1)良性肺结节:本组9例均为结核瘤,三维重建图像上 多表现为圆形、类圆形,表面光滑或欠光滑,多无明显分叶,周 边肺纹理聚拢或有长毛刺,少见血管聚拢,支气管多为内含或 受压,二维图像显示瘤周边或瘤体内较多钙化灶或钙化点。 术中见肿瘤界线清楚,包膜完整或不完整,瘤体内常见干酪样 坏死物质,位于胸膜下者有索条相连,但邻近胸膜无明显凹 陷;镜下见纤维包膜较致密,邻近肺泡上皮有增生,索条影为 纤维组织。

(2)恶性肺结节:三维重建图像上见形态有类圆形、哑铃 形、不规则形等,多有分叶,边缘常凸凹不平,可见邻近支气管 狭窄、截断,灶周血管聚集进入血管;近胸膜者一般有牵拉致 胸膜凹陷(本组有6例出现)。二维图像显示肿瘤内有空泡, 支气管气像,可有小点状钙化,手术中或术后病理标本见肿瘤 与肺组织有分界,但界线不甚清楚;镜下见癌无包膜,界线不 清,浸润生长。毛刺镜下为纤维鞘增生,血管部分有扩张,毛 刺周边邻近有癌细胞团浸润。

2.3 由一名放射科医生和1名胸科医生共同分析 SPN 边缘 形态、内部结构、灶周血管、灶周支气管及邻近胸膜改变等五 方面病变,对照手术病理结果,按5分制标准对轴位图像及重 建图像显示病变的情况进行评价,所得评分及经 t 检验的结 果见表 1。

| 方法 | 边缘形态 | 内部结构 | 灶周支气管 | 灶周血管 | 胸膜凹陷征 |
|--------|---|---|---|---|---|
| 轴位 | 3.85 | 3.92 | 3. 81 | 2.88 | 3.83 |
| MPR | 3.81 (<i>t</i> =0.98, <i>P</i> >0.05) | 3.87 (<i>t</i> =0.99, <i>P</i> >0.05) | 3.78 (<i>t</i> =1.01, <i>P</i> >0.05) | 2.96 (<i>t</i> =1.12, <i>P</i> >0.05) | 3.68 ($t=1.23$, $P>0.05$) |
| SSD | 3.64 $(t=1.22, P>0.05)$ | 0 | 3.62 (<i>t</i> =1.18, <i>P</i> >0.05) | 3.44 (<i>t</i> =2.12, <i>P</i> <0.05) | 3.96 (<i>t</i> =1.18, <i>P</i> >0.05) |
| MIP | 3.13 $(t=2.42, P<0.05)$ | 0 | 0 | 3.89 $(t=2.96, P<0.01)$ | 0 |
| Min-IP | 0 | 0 | 2.24 (<i>t</i> =3.16, <i>P</i> <0.01) | 0 | 0 |

表1 轴位图像及重建图像病变显示得分及分析结果

与轴位图像相比, MPR 在各病变显示上无明显差异(图 1、2);在 SPN 边缘形态的显示上, SSD 与轴位图像显示效果无 显著性差异(图 3), MIP 与轴位图像相比有着显著性差异, 效 果较差(图 4);在内部结构的显示上,除了 MPR 外,其他重建 方法无法显示结节内部结构;在灶周支气管的显示上, SSD 与 轴位图像无显著性差异(图 5), 而 Min-IP 亦与轴位图像有显 著性差异, 不如轴位图像及 MPR 图像(图 7);在灶周血管的显 示上, SSD、MIP 与轴位图像有显著性差异, 优于轴位图像(图 4,5); 在胸膜病变的显示方面, SSD 显示效果较好但与轴位图 像并无显著性差异(图 6)。

3 讨论

3.1 关于 MSCT 螺旋 CT 采用无间断容积数据采集技术,实现了真正的容积扫描,使三维重建技术得到丰富发展;但在肺部的应用特别是血管的显示上,由于呼吸及心脏搏动的影响, 重建的效果并不理想。多层螺旋 CT 的应用带来了巨大变化。 GE Lightspeed 16i 螺旋 CT 机扫描速度极快,完成全肺扫描只 需 7~8 s, 一般患者都不存在憋气不足的问题。它拥有 16排探测器,扫描一周,16层信息采集通道接受信息,可同时



 图 1、2
 MPR 图像,女,56岁,右上肺腺癌,冠矢状位见病灶位于右上肺,血管受侵
 图 3
 MIP 图像,男,61岁,左下肺结核瘤,见结节孤立,边缘

 较光滑,灶周无血管包绕侵蚀
 图 4
 MIP 图像,男,60岁,左下肺腺癌,见结节边缘不光滑,并见多支血管进入
 图 5
 SSD 图像,男,66岁,左

 上肺腺癌,结节表面不光滑,并见灶周多支血管
 图 6
 SSD 图像,男,57岁,右下肺鳞癌,见明显胸膜凹陷
 图 7
 Min-IP 图像,男,66岁,左上

 肺腺癌,可显示段及亚段支气管,无法显示结节灶周支气管
 图 8
 MPR 图像,男,66岁,左上肺腺癌,显示支气管抵达结节边缘,被截断

获得 16 层图像,即使按 5.0 cm 或 10.0 cm 扫描,也可在扫描 结束后按需要的层厚(10 mm、5 mm、2.5 mm 均可,最薄可达 0.625 mm)进行重建。本文以 5.0 cm 层厚扫描,用 1.25 mm 的层厚进行原始数据重建(由于其采用强大处理能力的计算 机,所有数据均能实时重建),再将此数据传往工作站进行三 维后处理。

3.2 关于三维重建技术 GE Lightspeed 16i AW 4.0 工作站 的相关三维重建软件主要有 MPR、SSD、MIP 及 Min-IP。 SSD 即表面遮盖重建,是通过计算机使被扫描物体表面大于 某个预定值的所有相关像素连接起来的一个表面数字模式成 像,能完整展现病变的三维形态及与邻近结构的空间位置关 系。MIP 即最大强度投影,是把最大密度的组织结构提取出 来成像,而将密度低的组织结构尽可能去掉,常用于高密度影 像的结构的重建,如强化的血管。Min-IP 即最小强度投影, 与 MIP 刚好相反,它提取出来的是最小密度的结构,常用于 低密度影像结构的重建,如含气的肺和气管。MPR 即多平面 重建,是将一些的层面,通过重建方法得到具体的切割图像, 然后通过三维空间构型来显示相对位置,它提供的不是完整 的三维成像结果,但它的成像符合临床医生的观察习惯,且算 法简单,重建快捷易于实现。常用于肺的重建技术还有 Raysum 和 VE, 它们与 Min-IP 成像原理相仿, 主要用于低密度 的气管支气管,对孤立性肺结节的其他病变显示并无太大贡 献,故本研究以 Min-IP 为代表进行,对 Raysum 和 VE 未有 提及。

3.3 临床应用价值 MPR 并非真正的三维重建。在普通螺旋 CT 上,由于信息数据的不足,观察到的图像效果并不理

想,经常有阶梯状伪影,如要减少伪影,就必须薄层扫描,延长 扫描时间,加大扫描剂量,既损耗球管又危害患者身体,所以 并不常用。多层螺旋 CT 可对任意部位的病变按医生需要进 行任意角度层面的重建,不需另加扫描,重建的图像并没有阶 梯状伪影,可与原始轴位图像媲美。虽然它提供的并不是三 维图像,但图像符合普通医生的传统观察习惯,冠状位、矢状 位相当于正位、侧位观,一目了然,易于接受,而且多方位观察 可以提供更多的信息,其信息量也并不逊于轴位图像。对冠 状位、矢状位可有选择地常规摄片,提供给患者及临床医生 (图 1,2,8)。

从表 2 的结果可以看到,SSD 是其中应用最广泛的一项 技术,既可观察结节表面形态,又可观察结节灶周的血管、支 气管及邻近胸膜的改变,其对邻近胸膜的显示是三维重建技 术中最好的(图 5、6),而对灶周支气管的显示则不如 VE,对 灶周血管的显示不如 MIP。分析原因,主要是它在重建时需 要设定一个阈值,如显示气管时需设定上限为-940 Hu 左 右,超过该阈值的全部舍弃,在该阈值内的体素则全部保留参 与重建,这样就容易受到人工干预,对人为设定阈值的依赖相 当大,信息的失真和误差也就难以避免。

MIP 即最大密度投影,虽能显示结节的轮廓,但基于成 像原理,显示的是最大密度影像,即结节内强化的部分,如同 从肺内挖出该结节,剔除了周围的其他结构如相邻支气管、病 变的纤维组织等等,而不能显示结节的边缘特征。MIP 对强 化血管的显示非常好,可以清楚显示血管进入结节或者受压 弯曲从结节旁边经过(图 4),提供有诊断价值的细节,但对周 围小血管的显示存在一些问题,如何掌握注射对比剂后扫描 延迟时间以判断、区分肺动-静脉,是否能够显示供血的支气管动脉等,均需进一步研究。

Min-IP 即最小密度投影,常用于低密度影像如气管的重 建^[5],但在本研究中显示效果并不理想,主要是由于 Min-IP 主要通过选择兴趣区的 CT 值范围来显示病变,滤去了不是 低密度的结节病灶本身,观察时就无法顾及结节灶,只能显示 出气管支气管。而且本研究中的孤立性肺结节多位于肺的周 围,而 Min-IP 显示远端支气管能力有限(图 7),故在显示周 围支气管病变方面 Min-IP 不如 SSD 甚至 MPR。

综上所述, MSCT 三维重建图像可以为原始轴位图像提 供较多的补充信息。MPR 的优点在于可从符合传统习惯的 正侧位(冠矢状位)观察图像, 在显示血管支气管时, 可以较连 续地观察; SSD 则在显示结节边缘形态和灶周血管、支气管具 有优势; MIP 是 CTA 的重要重建技术, 可以清楚显示结节周 围的肺血管; Min-IP 是显示气管支气管的重建技术, 但在 SPN 的显示上效果欠佳。 Tadafnmis, Isauu N, Yasuo U, et al. Three-dimensional display of pulmonary nodules using helical CT[J]. Diagnostic Radiology, 1995,13(5):209-221.

- [2] Fan GH, Lu ZA, Gong JP, et al. CT 3D imaging of solitary pulmonary nodules[J]. Clinical Radiology, 2002, 21(1): 33-37.
 范国华,陆之安,龚建平,等.孤立性肺结节三维重建成像的 CT 研究[J].临床放射学杂志, 2002, 21(1): 33-37.
- Zwirewich CV, Vedal S, Miller RR, et al. Solitary pulmonary nodule: high resolution CT and radiologic pathologic correlation
 [J]. Radiology, 1991, 179(2):469-476.
- [4] Jiang T, Shi ML, Lv N, et al. Correlation study of high resolution CT with pathologic findings of solitary small lung nodules [J]. Chin J Oncol, 1998, 20(3):216-218.
 蒋涛,石木兰,吕宁,等.孤立肺结节的高分辨率 CT 扫描(CT 与病 理对照)[J].中华肿瘤学杂志, 1998, 20(3):216-218.
- [5] Yu H, Li HM, Li CZ, et al. Clinical application value of multislice helical CT in airway disease[J]. Chin J Med Imaging Technol, 2002, 18(2): 144-146. 于红,李惠民,李成州,等. 多层螺旋 CT 在气道疾病的临床应用价

值[J].中国医学影像技术,2002,18(2):144-146.

Right diventricle diagnosed with color Doppler: case report 彩色超声多普勒诊断右室双腔心1例

赵晓琴1,冯锋2

(1.河南省内乡县医院功能科,河南 南阳 474350; 2.河南省内乡县中医院)

[Key words] Right diventricle; Ultrasonography [关键词] 右室双腔心; 超声检查 [中图分类号] R445.1; R541 [文献标识码] B [文章编号] 1003-3289(2004)12-1910-01

患者男,28岁,门诊以"先心病"行彩超检查。查体:患者一 般情况极差,口唇及四肢末端紫绀,心尖搏动有力,心前区可闻 及粗糙而响亮的收缩期杂音。

二维超声心动图示:剑下四腔心见右房明显增大,内径 82 mm,左房明显受压,房间隔偏移,三尖瓣关闭不全,右室腔内可 见异常纵行肌束,起自右室心尖部的右室壁,与室间隔平等,游 离于三尖瓣下,此肌束将右室腔一分为二(图 1)。左室发育正 常。大动脉短轴切面显示:右室双腔心,伴有双右室流出道,主 肺动脉发育良好。CDFI示:收缩期右房内可见源于三尖瓣口的 大量返流血流。彩超诊断:先天性心脏病,右室双腔心,双右室 流出道,右房增大,三尖瓣关闭不全。

讨论 右室双腔心又称双腔右心室,是指右心室腔被异常 肌束分为两个腔,本病约占先心病的1.5%。以前报道的右室双 腔心主要病理改变为一个或多个异常肌束,起自室间隔,横过右 室腔,止于流入道部分的右室壁。若异常肌束为肥厚的肌肉,在 流入道与流出道之间形成肌性隔,中心有孔,将右室腔分为两个



图1 右室双腔心,右房增大

腔,即近三尖瓣的高压腔与近肺动脉瓣的低压腔。而本病例的 右室双腔心主要病理改变是右室腔内异常纵行肌束,起自右室 心尖部的右室壁与室间隔平行,游离于三尖瓣下方的右室流入 道处.此肌束将右室腔分为左右两个腔,并伴有双右室流出道, 导致血流受阻,右房扩大,三尖瓣关闭不全。

[参考文献]

[[]作者简介]赵晓琴(1965-),女,河南内乡人,大专,主治医师。 [收稿日期] 2004-08-21