

## 螺旋 CT 及三维重建在心血管系统诊断中的应用

吕 滨 戴汝平

应用螺旋 CT (Spiral CT) 开展的血管造影技术 (Spiral CT angiography, SCTA), 目前已成为一种崭新而准确可靠的检查心血管系统解剖和病变的方法。螺旋 CT 采用滑环技术, X 线球管可作全周 360° 旋转, 同时床面连续向前移动, 高速连续扫描即可采集一段容积的人体组织信息。虽然容积扫描仍然是受检人体组织横断扫描成像, 但经过计算机处理后, 重建成三维立体结构的图像, 则可以从各个任意角度对心血管全周进行观察, 从而更加清晰直观地显示血管解剖和病变。因此, SCTA 技术作为螺旋 CT 的一大优点, 正在逐渐被推广应用, 其技术也日臻完善和成熟。

### 一、螺旋 CT 血管造影方法和技术

虽然容积扫描使容积效应增加, 从而降低 CT 图像的空间分辨率, 并使多层面成像和三维成像的清晰度降低<sup>[1]</sup>, 但是螺旋 CT 扫描可以一次憋气采集信息, 缩短扫描时间, 减少了运动和呼吸伪影, 加上薄层扫描不会遗漏小的解剖和病变, 而使立体图像更加逼真; 特别是它能够对信息立体重建和电影成像, 这样使 CT 对心血管系统检查成为可能, 这是螺旋 CT 比常规横断扫描观察病变的传统 CT 优越之处<sup>[2]</sup>。

(一) SCTA 方法 SCTA 是采用经静脉注射造影剂后进行螺旋容积扫描, 再对扫描图像进行处理的方法。三维成像要求显影血管有足够高的 CT 值, 所以应在造影后血管显影峰值上采集图像信息。感兴趣区正式扫描前应作一次峰值试验。方法是体表静脉以 3ml/s 的速度注入 15~18ml 造影剂, 对感兴趣区某一层面连续扫描, 然后测出每次扫描标测区的 CT 值, 计算机绘出时间-密度曲线, 达到最大 CT 值时的时间即是 SCTA 扫描的延迟时间。扫描的间

距、层厚和进床速度是根据病变特点, 如病变部位、范围大小及机器性能决定的。例如 Siemens Somatom Plus 螺旋 CT 机, 它的一个扫描周期是二十四秒, 如果床进速度定为 5mm/s, 则扫描范围是 120mm, 如果床速定为 3mm/s, 则扫描范围只有 72mm, 选择扫描层面间距越大, 层厚越厚, 则重建图像越粗糙, 以我们自己的经验, 选择 3mm 层厚 5mm 间距和 5mm/s 速度较为合适, 根据病变部位和特点而选定造影剂的剂量和浓度。如头颈部病变一般用 60~80ml 造影剂即可; 胸部 80~120ml, 腹部 120~150ml, 盆腔及下肢则再有所增加, 离心越远部位的病变所需造影剂的量和浓度越大。为了避免注入造影剂后病人不适而产生运动伪影, 故以应用非离子型造影剂为宜, 注射速度 3~5ml/s, 延迟扫描时间要略高于峰值时间几秒钟。如果要作心脏电影, 即可选择心脏某一理想层面, 造影剂注入后作连续动态扫描, 录像后连续播放, 即可得到该层面心脏搏动和血流动力学影像。

(二) SCTA 图像处理 SCTA 的关键在于对图像的三维重建, 因为横断增强扫描图像与常规 CT 无异。三维重建采用专门工作站完成, 目前主要有三种方法。

1. 表面阴影显示法 (Shaded surface display 简称 SSD 法)。这种三维立体图像的特点是扫描范围之心脏或血管其表面立体形态和走行得到显示, 而腔内结构不能显示。操作者预先定一 CT 值, 称作阈值, 因显影血管 CT 值高于此阈值而得到显示, 低于此阈值的其它组织则被消除而不得显示。这种方法简单易行, 图像形成快, 操作者可以自行选择所需层面血管; SSD 对粗略观察血管解剖非常有利, 但不能观察血管腔内结构, 同时由于此法不是灰阶编码, 对血管

壁钙化及血管内支架等金属物不能区分<sup>[3]</sup>。

2. 最大密度投射法 (Maximum intensity projection 简称 MIP 法), 其原理是, 在每一层面每一条 X 线束投射方向上取最大 CT 值的组织显影, 计算机逐层处理每一扫描层面后即可构成三维图像, 其图像类似于血管造影图像。MIP 最大优点是能区分骨骼、钙化、附壁血栓或管腔内金属物; 它的缺点是有血管前后重叠的地方, 后面的血管被遮掩而不显影, 同时血管也可能被高 CT 值的骨骼遮掩<sup>[3]</sup>。

3. 曲面重建法 (Curved planar reformation 简称 CPR), 此法是对每层扫描图像兴趣血管的走行加以刻画或标定, 然后重建, 即可得到该兴趣血管的立体结构, 而不受其它血管干扰, 它还可以观察血管腔内情况, 可以区别高密度病变如钙化、机化血栓, 并可估计血管内支架宽度和开通情况。但是 CPR 图像只取血管的一个断面而不是全周, 并且不在标定层面范围内的其它血管也被削去<sup>[3]</sup>。

## 二、SCTA 技术诊断血管疾病的应用价值

### (一) SCTA 在头颈部的应用

SCTA 可以清晰显示由主动脉弓发出的头臂血管、颈动脉包括颈内、外动脉、锁骨下动脉及其分叉部的形态和走行, 对血管狭窄性病变 (多见于动脉粥样硬化或大动脉炎) 或动脉瘤的形态、病变范围、程度及有无钙化等方面有很好的诊断价值, 与血管造影对比, 诊断率无明显差别。Michael 等还认为, SCTA 因成像时间短、对血管腔显示清晰, 易于显示狭窄血管而优于 MRA<sup>[4]</sup>。

Geraldine 等报告 SCTA 三维成像可以显示颅底 Willis 环, 对颅内动脉瘤、动静脉畸形的诊断以及对观察颅内肿瘤血供有较高价值<sup>[5]</sup>。

### (二) SCTA 在胸部的应用

SCTA 技术已广泛应用于对主动脉的检查, 由于三维立体图像可以清晰直观显示主动脉解剖结构和走行, 所以对于先天性主动脉发育畸形, 如右位主动脉弓、双弓畸形、主动脉狭窄或离断、主动脉褶曲畸形、迷走右锁骨下动脉等等, 可以得到明确直观地显示<sup>[6]</sup>。

SCTA 对主动脉瘤的诊断有很高价值, 它可以显示瘤的形态、范围、附壁血栓、瘤外血肿和周围组织受压情况。三维成像有助于与主动脉迂曲、夹层动脉瘤、假性动脉瘤相鉴别。SCTA 诊断夹层动脉瘤, 横断扫描可发现内膜片起始和终止部位及其走行, 三维成像对判定真假腔、有无附壁血栓形成及头臂血管、腹腔内血管有无受累, 进而为夹层动脉瘤的分型有一定价值。缺点为螺旋 CT 扫描范围短, 对大范围的夹层动脉瘤整体判定不利。

SCTA 对诊断肺动脉血栓栓塞有重要价值<sup>[7]</sup>。SCTA 可以诊断第四级即肺段水平的肺动脉血栓。Corey、Teigen 认为, 对于主肺动脉、左右肺动脉干内的慢性或紧贴血管内壁的血栓, SCTA 的诊断价值甚至高于血管造影<sup>[8]</sup>。与核素肺灌注扫描相比, SCTA 的特异性也较高。根据血栓形态、部位、附壁情况、血栓有无再通和回缩改变, SCTA 还可以在在一定程度上判定急性或慢性血栓<sup>[9]</sup>。

螺旋 CT 和超高速 CT 一样, 对冠状动脉钙化的检出率极高, 并可显示钙化的大小、面积和密度等特征, 从而可以在一定程度上估计预测冠心病的发病情况<sup>[10]</sup>。另外, Richard 等还认为 SCTA 可以显示冠脉搭桥术后搭桥血管的开通情况, 与冠状动脉造影比较, 无明显差异<sup>[11]</sup>, 这对评价搭桥手术及长期随访极有帮助。对于静脉系统异常, SCTA 也有一定价值<sup>[6]</sup>。

(三) SCTA 在腹部血管的应用 腹部 SCTA 及其三维成像可以清晰显示腹主动脉及其分支解剖, 可以明确显示并诊断腹主动脉瘤、夹层动脉瘤及其外伤所致的假性动脉瘤<sup>[12]</sup>。SCTA 还可以清晰显示肾动脉解剖走行及其狭窄性病变, 与肾动脉造影比较符合率较高。Michael 等报告 22 例, SCTA 能良好显示肾动脉并诊断正确者 19 例<sup>[13]</sup>。

SCTA 及其三维成像可以显示腹腔动脉、肠系膜上动脉及其主要分支, 门静脉、脾静脉、肾静脉等也可以得到良好显示<sup>[12]</sup>。

### (四) SCTA 在盆腔和下肢血管的应用 象

显示腹主动脉一样, SCTA 三维成像同样可以良好地显示髂总、髂内外动脉及其分支的解剖走行, Charles 等人报告, SCTA 可以诊断动脉粥样硬化或血栓所致的髂动脉、股动脉狭窄性病变, 对动脉瘤及其钙化灶也可以明确显示<sup>[14]</sup>。但是, 虽然 SCTA 可以应用于四肢血管, 因其成像范围短, 不能完全显示四肢血管而受到限制<sup>[15]</sup>。

### 三、SCTA 在心脏病诊断中的应用

螺旋 CT 在检查心脏病方面受到一定限制, 目前报告较少。横断 CT 能够大体估计各房室大小和心肌厚度, 观察房室间隔的走行和连续性。SCTA 三维重建可以多层面多角度观察心脏形态结构、大血管起止连接关系、房室连接关系, 这对诊断先天性心脏病将有一定价值。由于造影剂充盈心腔与心肌构成鲜明对比, 以及 CT 对密度的高分辨力, 心腔结构和心肌结构将得到良好的对比显示, 这对诊断心肌病或冠心病心肌梗塞及其机械并发症(如室壁瘤等)也将有一定帮助。心脏电影可以动态观察血流动力学改变和心室收缩舒张功能, 计算机软件可以开发出许多测量心功能的指标, 如心肌增厚率、心室时间容积曲线和 EF 值等等, 因此, 心脏电影可以帮助诊断瓣膜病, 可以定性定量估算返流率, 诊断心肌病、冠心病陈旧性梗之附壁血栓和室壁瘤, 以及缩窄性心包炎、心包积液等等将有很大价值。另外, 心脏电影还可以观察冠脉搭桥术搭桥血管的开通情况, 对搭桥术评价和长期随访颇有价值。

近年来, 各种无创性心血管成像技术都得到很大发展。SCTA 与磁共振血管造影(MRA)比较, 虽然 MRA 不需要造影剂并可任意层面和角度扫描, 显示出 MRA 极大的价值, 但其对肺动脉和腹部血管检查, 图像质量、成像速度远不如 SCTA, 而 MRA 成像受血流物理特性影响大, 会出现过多诊断问题, 而使假阳性和假阴性率提高。彩色多普勒血管成像, 近年发展快, 属无创性, 但其检查野小, 图像分辨率差, 胸腹部受气体干扰以及过多受操作人员技术水平影响而远不能与 SCTA 相比。但是, SCTA 仍需要

注入大量造影剂且有射线问题, 是其缺点。相信随着技术不断发展, 设备及其软件不断改进, SCTA 的图像质量将会大为提高, 检查方法将会更加简单而成熟, 临床应用将会更加广泛。

### 参考文献

1. J. C. M. Steenbeek Principles and Application of Volumetric CT. Medicamundi 1993;38:20.
2. Kalender WA, Seissler W, Klotz E, Vockp. Spiral Volumetric CT with Single Breath Hold Technique, Continuous Transport, and Continuous Scanner Rotation. Radiology 1990;176:181.
3. R. Brooke Jeffrey. MD Three-Dimensional Spiral CT Angiography. Assembly Annual Meeting of NARA 1994;77.
4. Michael P. Marks et al. Diagnosis of Carotid Artery Disease: Preliminary Experience with Maximum-Intensity-Projection Spiral CT Angiography. AJR 1993, June 60. P1267-1271.
5. Geraldine J. Mogavero, MD. et al. Angiography a-mony top Application For Spiral CT. Diagnostic Imaging 1993. 11:P10.
6. Stuart S. Sayel MD. CT of Vascular Mediastinal Lesions Assembly Annual Meeting of NARA 1994;29.
7. Rooholamini SA, Galvin JR, Stanford W. Ultrafast CT for Detection of Intracardiac and proximal Pulmonary Artery Thromboembolism (abstr). Radiology 1989;173:481.
8. Cordy L. Teigen, MD etc. Pulmonary Embolism: Diagnosis with Electron-Beam CT, Radiology 1995; 188:839.
9. Auger WR, Fedullo PF, Moser KM, et al. Chronic Majorvessel thromboembolic pulmonary artery obstruction: appearance at angiography. Radiology 1992;182:393.
10. Warren R. Janowitz, MD et al. Comparison of Serial Quantitative Evaluation of Calcified Coronary Artery Plaque by Ultrafast CT in Persons with and without Obstructive Coronary Artery Disease. The Cardiology 1991;168:1
11. Richard Tello, et al. Spiral CT Evaluation of Coronary Artery Bypass Graft Patency. The Journal of



血管至 MPA, 正常冠脉血流量减少, 灌注压降低是造成心肌缺血根本所在。有作者认为, 冠脉间丰富的侧支血管可产生所谓的“窃血”机理来补偿, 这也是造成心肌缺血。本组 5 例出现劳累后心绞痛可能与心肌缺血加重有关。

婴儿型多因侧支血管发育不良早期出现症状, 常表现为烦躁不安, 吵闹和呼吸道感染, 心脏明显扩大, 收缩无力, 心衰而夭折。成年型多数症状较轻, 主要表现为心悸, 气促, 头晕, 乏力和易倦等, 有些可出现劳累后心绞痛发作。Jurishica 认为青年人出现心脏扩大, ECG 示心肌肥大及冠状动脉功能不全而无其他心脏病症状者应疑及本病<sup>[10]</sup>。本组均有上述临床表现。我们认为: UCG 对本病诊断有一定价值。本组 5 例 UCG 检查, 确诊本病者有 2 例。Edgordo 则认为: LCA 常开口于 MPA 后面而 UCG 横切面难以触及, 他认为其对本病无特异性。升主动脉造影术则是本病术前确诊唯一方法。本组均由此法得以确诊, 其中 4 例手术加以证实。

婴儿型多数生后 1~2 年内夭折。早期确诊并作 LCA 重建术治疗以求得生存<sup>[1,7]</sup>。成年型可生存到 16 至 64 岁(平均 35 岁)。超过 30 岁者也仅有 45%。约 82% 病例可发生心律失常而突然死亡。故一旦确诊本病则应争取手术治疗<sup>[11]</sup>。文献报告手术方法颇多。多数学者认为结扎 LCA 异常开口并作主动脉至左前降支搭桥术或 LCA 重建术是断绝冠脉间之分流, 清除其“窃血”机理, 增加心肌供血量, 提高冠脉灌注压, 改善心肌缺血程度, 疗效满意。本组 4 例采用前者手术方法, 效果满意。术后 3~6 个月复

查, 心脏无杂音, 症状消失。ECG 及 X 线检查均恢复正常。其中 1 例随访 8 年, 生活如同常人。

### 参考文献

1. 韩玲, 等. 左冠状动脉起源于肺动脉一例 中国医学论坛报 1994;2.
2. Eidlow S et al. Anomalous origin of the left coronary artery from the pulmonary artery; report of a case diagnosed clinically and confirmed by necropsy. *Amer. Heart. J* 32:243, 1946.
3. 陈金曲. 左冠状动脉发源于肺动脉畸形. *中华病理科杂志* 1958;4:245.
4. Edgard O et al. Ductus arteriosus associated with an anomalous left coronary artery arising from the pulmonary artery; catastrophe after duct ligation. *Brit Heart. J* 1986;55:415.
5. 郑道声, 等. 起源于肺动脉的左冠状动脉一例报告. *中华内科杂志* 1963;4:335.
6. 颜光烈, 等. 重型冠状动脉畸形七例. *中华心血管病杂志* 1994;4:259.
7. Vladimir AM, et al. Anomalous origin of the left coronary artery from the pulmonary artery. *J Thome Cardiovasc Surg.* 1994;108:354.
8. David C, Levin MD, et al. Hemodynamically significant primary of the coronary artery angiographic aspects. *circulation*, 1978;58:25.
9. Cose RB, et al. Anomalous origin of left coronary artery. the physiological defect and suggested surgical treatment. *Circulatin* 1958;17:1062.
10. Jurishica AJ. Anomalous left coronary artery adult type. *Amer. Heart J* 1957;54:429.
11. Lampe CFJ, et al. Anomalous left coronary artery adult type. *Amer Heart J* 1960;59:269.

(上接第 178 页)

Computer Assisted Tomography 1993;17:253

12. Geoffrey D. Kubin, MD, et al. Spiral CT Creates 3-D neuro, body Angiography. *Diagnostic Imaging* 1992.
13. Michael Galanski MD. et al. Renal Arterial Stenosis Spiral CT angiography *Radiology* 1993;186:185.

14. Charles Semba; Michael Dake, New Developments In Vascular Imaging; Spiral CT Angiography. *Emerging Technology*.
15. Evan H. Dillon, etc. Spiral CT Angiography. *AJR* 1993; 160:1273.