·图文讲座·

主动脉夹层及主动脉瘤的多层螺旋 CT 血管成像

张龙江，杨亚英，包颜明

【中图分类号】R814.42；R543.1 【文献标识码】C 【文章编号】1000-0313(2004)11-0787-04

各种影像学检查手段均可应用于主动脉疾病的诊断。X 线作为筛查手段可提示一些疾病的诊断，其应用价值极为有限。DSA 是目前诊断血管性疾病的“金标准”，但因为有创伤性，而且仅能显示有血流的管腔而在主动脉瘤的应用中有一定限制。电子束 CT(electron beam CT，EBCT)诊断主动脉疾病的敏感性很高，但设备昂贵，目前难以推广应用。彩色多普勒超声分辨率低，图像不够直观，缺乏整体性，而且结果准确性严重依赖于操作者的水平。MRI 无辐射，无需对比剂也能很好的显示主动脉及其分支血管的情况，但成像时间长，对幽闭恐惧症、血管内支架术后或一些携带维持生命的电子仪器患者的限制影响了其使用范围。单层或双层螺旋 CT 在主动脉疾病中的应用已相当成熟，但难以在一次闭气下完成主动脉全程扫描[1]。多层螺旋 CT(multi-slice spiral CT，MSCT)时间分辨率和空间分辨率的提高允许一次闭气扫描出更广的解剖范围，从而使主动脉的 CT 血管成像(CT angiography，CTA)具有更大的实用性。本文主要讨论 MSCT 在主动脉夹层及主动脉瘤诊断与随访中的价值。

主动脉 CTA 技术

先平扫，其意义在于检出钙化斑块并提供某些疾病如粘膜内血肿等的参考信息。平扫条件为层厚 10 mm，电压 120 kV，电流 100 mAs；扫描范围从胸廓入口至盆腔下部股动脉分叉处。平扫后，用高压注射器以 3 ml/s 的流率经肘前静脉团注 100 ml 对比剂，延迟 23～25 s，同血流方向由头侧向足侧扫描。层厚 3.2 mm，重建间隔 1.6 mm，螺距 1.25，电压 120 kV，电流 100 mAs，旋转时间 500 ms/rot。整个主动脉的扫描时间为 20 s 左右。

后处理技术主要有多平面重组(multi-planar reformation，MPR)、最大密度投影(maximum intensity projection，MIP)、仿真内镜(virtual endoscopy，VE)、容积再现(volume rendering，VR)、表面遮盖显示(surface shaded display，SSD)。其中，最为常用的是 MPR、VR 及 SSD。

主动脉全程 MSCTA 的可行性

对于一些临床怀疑腹主动脉病变而行腹主动脉 CTA 的患者，由于对疾病估计不足只扫描了腹部，结果导致对主动脉夹层的分型、累及范围无法正确判断。此外，大约 25% 的胸主动脉瘤同时合并腹主动脉瘤[2]。加之动脉粥样硬化是引起动脉瘤的一个主要原因，而且是一个全身动脉病变，临床常可见到腹主动脉瘤合并下肢动脉粥样硬化导致狭窄、闭塞甚至动脉瘤的病例[3]。因此，行主动脉全程 CTA 扫描有积极的临床意义。

以往单层或双层螺旋 CT 行主动脉全程 CTA 的研究中，利用了不同的扫描和对比剂注射技术，但仍不能在一次扫描和一次注射对比剂内获得主动脉全程的图像，这使得主动脉全程 CTA 未得到广泛的应用。如 Choe 等[1]利用两次不连续注射共 120 ml 对比剂进行薄层 CTA 检查完成整个主动脉和髂动脉扫描。其方法是先以流率 3 ml/s 在 30 s 内团注 90 ml 对比剂延迟 20 s 行胸主动脉扫描，间隔 8 s 后再以流率 3 ml/s 团注剩余 30 ml对比剂延迟 20 s 行腹主动脉扫描。从以上的研究中也可以看出进行主动脉全程扫描的重要意义。

MSCT 的扫描速度明显提高，新近的研究显示 MSCT 的扫描速度是单层螺旋 CT 的 2.6 倍，扫描效率是其 4.1 倍，血管强化效率是其 2.5 倍[4]，因此，同样的条件下可在一次闭气扫描更广解剖范围。理论上，用 MSCT 进行主动脉全程 CTA 扫描是可行的。4 层 MSCT 的最高时间分辨率为 250 ms，行 CTA 时，所采用的机架旋转时间为 500 ms，旋转一圈可获得 4 张图像。这使采集整个主动脉的图像所需要的时间大约为 20 s 左右，完全可在一次闭气下完成扫描，而不会因呼吸运动影响图像质量。

要建立三维血管影像，CT 值要求达到 150 HU 以上[5]。笔者曾测量了 20 例主动脉不同位点的 CT 值，在主动脉各个测量位点的 CT 值除 1 处外均达 150 HU 以上，其中，主动脉弓部平均 CT 值为 233.45 HU；主动脉根部 208.05 HU、平膈顶处 236.65 HU、肾动脉起始处 237.65 HU、髂总动脉分叉处 222.6 HU[6]。除主动脉根部 CT 值偏低外，其余各测量位点的 CT 值均高于 150 HU，平均达到 200 HU；其余各处的 CT 值呈现由高到低的趋势，这可能反映了主动脉的血流动力学情况，提示利用 100 ml 对比剂以 3 ml/s 的流率延迟 23～25 s 进行主动脉全程扫描是可行的。

主动脉夹层

主动脉夹层是指各种原因导致主动脉内膜破裂或中膜弹力纤维层病变，血液进入内膜下之中膜内，导致中膜撕裂、剥离形成双腔主动脉。内膜与中膜内层形成内膜瓣，内膜瓣将主动脉分为真腔和假腔，真腔常较小，血流速度快，而假腔常较大，血流速度慢，且常呈涡流。主动脉夹层的成因较多，与结缔组织病有关的中膜囊性坏死、高血压、主动脉粥样硬化以及机械力等有关。以往认为中膜囊性坏死所致的中膜退变及弹力组织的丢失降低了血管壁对血流的阻力，从而导致主动脉夹层形成，但有研究显示仅有部分主动脉夹层患者有中膜退变，大多数患者的原发事件是内膜撕裂。高血压患者主动脉滋养管的

作者单位：650032 昆明，昆明医学院第一附属医院 CT 室
作者简介：张龙江(1976－)，男，陕西泾阳人，博士研究生，主要从事 CT 诊断研究工作。

自发破裂导致内膜血肿及撕裂，而粘膜内的血肿早于内膜撕裂是由于血管滋养管的出血削弱了中膜，主动脉的血流压力随之使腔内血流进入中膜。主动脉粥样硬化也被认为是主动脉夹层的原因，但仅少数粥样硬化与主动脉夹层有位置关系，这主要是由于粥样硬化区域的主动脉夹层受到附近纤维化及钙化斑的限制。机械力是影响主动脉夹层形成的主要因素，包括固定血管位置的屈曲力、血管搏动及血流剪切力，心动周期内血管固定段受到明显的屈曲力的影响，经典的 A、B 型主动脉夹层发生在血流压力最大的区域，即升主动脉右侧壁及动脉韧带近侧的降主动脉；而高血压增加了血管壁的机械压力，使血管滋养管的血流减少、中膜缺血，从而导致主动脉夹层形成[8]。

临床上主动脉夹层有 2 种分型法：DeBackey 分型和 Stanford 分型法。DeBackey 分型根据病变范围和破口位置分 3 型：Ⅰ型，破口位于升主动脉，病变累及升、降和/或腹主动脉；Ⅱ型，破口位于升主动脉，病变仅累及升主动脉；Ⅲ型，破口位于左锁骨下动脉以远(图 1)，病变只累及降主动脉者为Ⅲ甲型，同时累及腹主动脉者为Ⅲ乙型。Stanford 分型法较简单，A 型，夹层累及升主动脉，相当于 DeBackey 分型的Ⅰ型和Ⅱ型；B 型不累及升主动脉，即 DeBackey 分型的Ⅲ型。国外资料显示 DeBackey Ⅰ型主动脉夹层占所有主动脉夹层的 70%左右，而国内报道 DeBackeyⅢ型占 60%以上[7]。

主动脉夹层成像的目的在于确诊，确定内膜撕破的部位、夹层的范围，评估主动脉瓣的功能及分支血管的血流灌注，证实有无主动脉周围血肿，评价假腔的通畅性及真腔受压的程度以及评价终末器官缺血的证据，其中最重要的是证实主动脉夹层的存在及进行准确的分型[2,7]。CT 诊断主动脉夹层的标准是证实撕裂的内膜。动态对比增强 CT 诊断主动脉夹层的敏感度为 93.8%，特异度为 87.1%；单层螺旋 CT 的敏感度为 100%，特异度为 100%；术前行 CTA 有助于术者充分理解病变的情况、辅助决定手术指征和决策及选择移植物[8]。

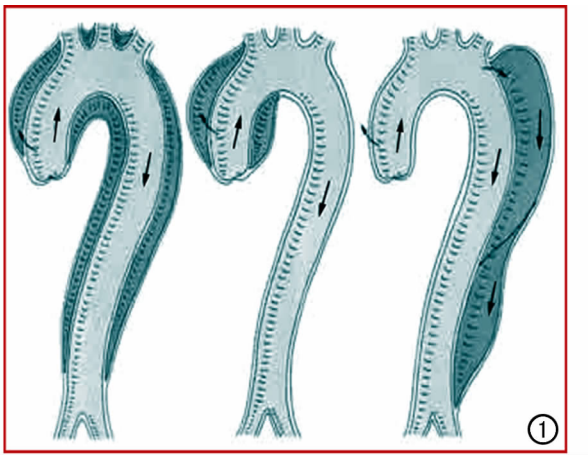
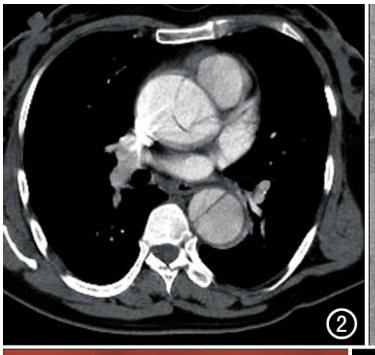


图 1 主动脉夹层 DeBackey 分型的示意图。

对主动脉夹层的正确诊断必须结合原图像、MPR、MIP、VE、3D 图像才可以对主动脉夹层破口的位置、分型、累及范围、真假腔、撕破的内膜、夹层的旋转方向、血栓形成等进行正确的判断，从而为临床的治疗选择提供参考。笔者认为对于主动脉夹层，MPR 对显示起始部位、夹层范围、血栓与血管腔的关系、内膜瓣破口及对判定主动脉弓血管受累有很大的优势，但当内膜瓣扭曲时，MPR 对确定内膜瓣和相连的大血管是困难的[10]。MIP 与传统血管造影在测量最窄主动脉直径间存在良好的相关性，但却不能清楚显示真假腔及内膜瓣，对于主动脉根部及弓部的显示困难。VE 集内镜与 CTA 的优点于一身，可以明确诊断各种主动脉疾患，显示主动脉夹层的真、假腔及内膜瓣三者的关系，了解内膜撕裂的部位、范围，判定累及重要分支动脉的受累程度，对指导手术有着独特的应用价值，有潜力作为主动脉疾病的诊断工具[10,11]。一次性主动脉全程扫描在主动脉夹层诊断中至关重要；将原图像与上述几种后处理方法结合使用，MSCT能对各型主动脉夹层(图2～5)，尤其是累及整个降



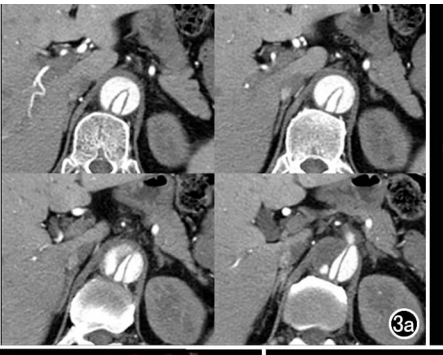
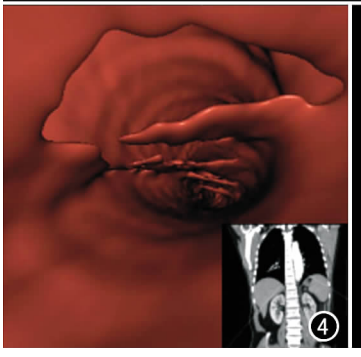


图 2 Ⅰ型主动脉夹层。横断面 CT 增强扫描示撕裂的内膜瓣形态复杂。

图 3 Ⅲ型主动脉夹层。a)横断面 CT 增强扫描示撕裂的内膜瓣、真腔、假腔；b)MIP 示高密度者为真腔，低密度者为假腔。



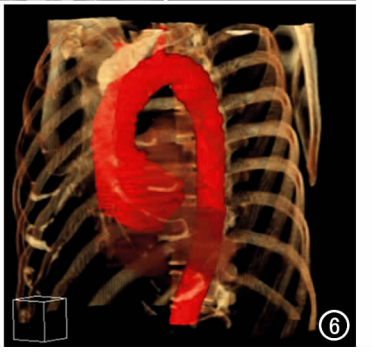
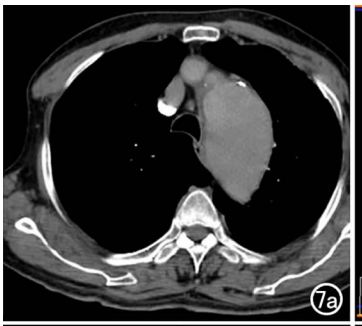
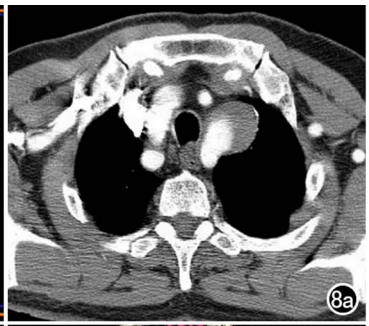


图 4 Ⅲ型主动脉夹层。CTVE 示撕裂的内膜瓣，右下小图 CTVE 导航图。

图 5 Ⅲ型主动脉夹层。SSD 示红色为真腔，蓝色为假腔，白色为血栓。

图 6 马凡综合征。SSD 联合 VR 示主动脉根部蒜头样扩大。





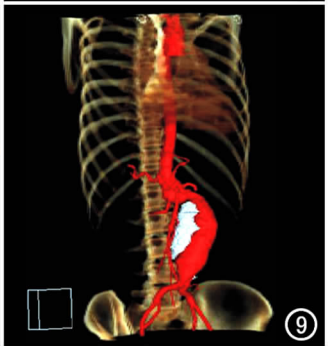
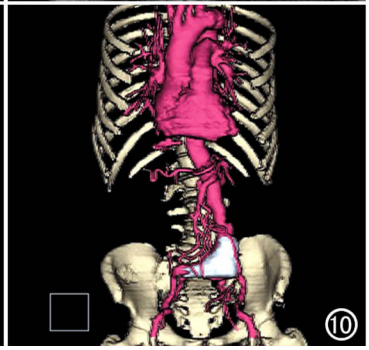



图 7　主动脉弓部动脉瘤。a) 横断面 CT 增强；b) SSD 像。　**图 8**　左锁骨下动脉瘤。a) 横断面 CT 增强扫描；b) VR 像。　**图 9**　腹主动脉瘤。SSD 联合 VR 示红色瘤腔，白色为血栓。
图 10　腹主动脉远端分叉部动脉瘤。SSD 示桃红色为动脉，白色为血栓。

主动脉的Ⅲ乙型主动脉夹层进行准确的术前评价，有利于临床选择合适的治疗方案[12]。但对于内膜撕裂形态复杂的主动脉夹层，MSCTA 的各种后处理技术在诊断中显得不如增强后横断面图像那么直观，所提供的信息也不如横断面图像丰富。

主动脉瘤

主动脉瘤的病因可能为动脉粥样硬化、感染、创伤、梅毒、马凡综合征（见图 6）或特发性。胸主动脉瘤的最常见原因为高血压及损伤后的假性动脉瘤。正常情况下，血管壁受血压的影响小且分布均一；而在动脉瘤的血管壁，血压的分布不均一，出现高压区和低压区，应力的增加导致血管进行性扩张，主动脉中层变薄，薄弱点开始扩张以缓解压力却适得其反使得薄弱区更加扩张，即使近似球形的扩张也不能有效的缓解血流对动脉瘤壁处的压力，但血管壁的机械压力大于血管壁所能承受的压力时血管壁就发生破裂[13]。直径＞6 cm 的动脉瘤易破裂，因此，对直径 5.5 cm 的胸主动脉瘤以及直径 6.5 cm 的腹主动脉瘤应给予手术治疗。

主动脉瘤按病理可分为真性（图 6～13）、假性动脉瘤（图 14）及夹层动脉瘤（图 2～5）。真性动脉瘤按形态又分为囊形、梭形及混合形，其含有主动脉壁的三层结构，即内膜、中膜及外膜；而假性动脉瘤壁则少于这三层结构。主动脉瘤按发生位置还可分为升主动脉瘤、主动脉弓瘤（见图 7a、b）、降主动脉瘤及腹主动脉瘤。主动脉瘤最常发生在肾下水平，以梭形最为常见。约有 25％的胸主动脉瘤合并有肾下腹主动脉瘤（图 12、13）。因此可疑主动脉瘤者推荐行主动脉全程成像。

主动脉瘤影像学表现为某段主动脉扩大，直径＞4 cm，或大于近段的 1/3。传统主动脉造影会严重低估动脉瘤的大小，不能提供纵隔血肿及动脉瘤与其它纵隔结构关系的信息，目前已可用螺旋 CT 或 MRI 替代[14]。CT 平扫见主动脉扩大，有时可见低密度附壁血栓形成。增强扫描见充盈对比剂的瘤腔以及无对比剂充盈的血栓。主动脉瘤术前的影像学评价包括动脉瘤的位置，有无累及髂动脉，肾动脉有无异常，测量动脉瘤的直径和长度、主动脉瘤的扭曲度、瘤颈的直径与长度、主动脉瘤近、远

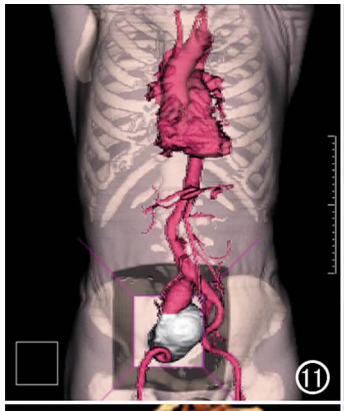
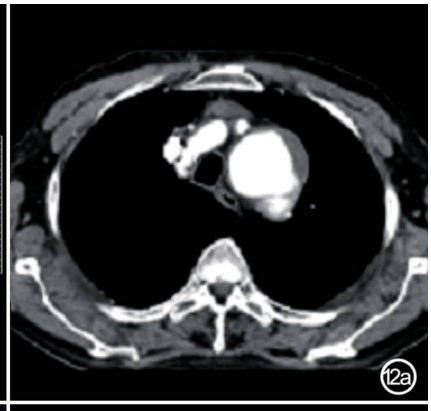



图 11　髂动脉瘤。3D 透明、切割技术示桃红色为动脉，白色为血栓。
图 12　胸主动脉瘤合并腹主动脉瘤。a) 主动脉弓部横断面 CT 增强扫描；b) 腹主动脉横断面 CT 增强扫描；c) SSD 示胸主动脉瘤合并腹主动脉瘤（箭）。

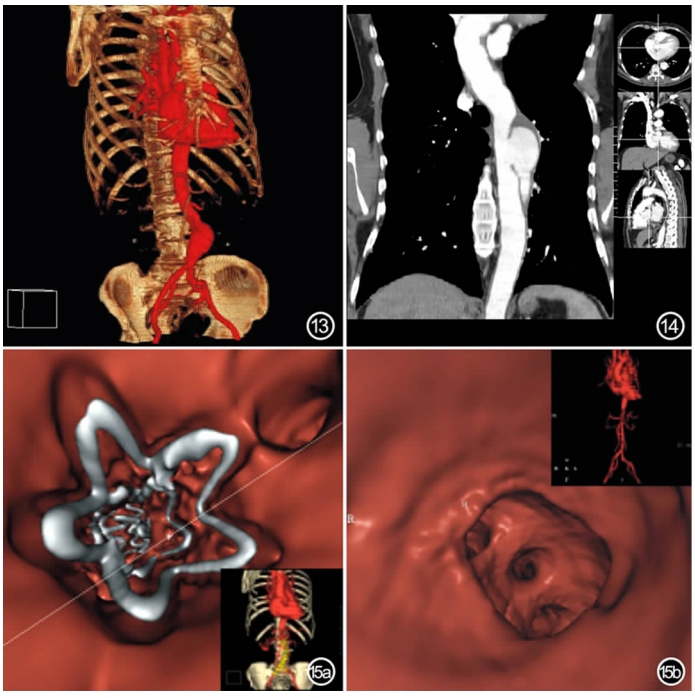


图 13 肾动脉下梭形动脉瘤。术前 MSCTA 的 SSD 联合 VR 显示。 **图 14** 胸主动脉假性动脉瘤。CPR 示假性动脉瘤的破口。**图 15** 腹主动脉瘤支架术后。a) CTVE 示支架呈花瓣样；右下小图为 SSD 像，红色为动脉系统，黄色为支架；b) 主动脉夹层主动脉弓部血管置换术后。CTVE 示置换血管的部位；左上小图为 SSD 像。

段的直径、假性动脉瘤的破口等；术后的影像学评价包括有无血管内支架的移位及泄漏。对于主动脉瘤而言，原图像、MPR、SSD 均可以显示主动脉瘤的位置、范围、受累血管的累及程度、血栓形成等情况，而 MPR 可以更好的显示假性动脉瘤的破口，这对血管内栓塞治疗有一定的指导价值(图 14)。VR 可保留周围组织结构，在显示主动脉瘤中有一定的价值。VE 在腔内的飞跃可以发现腔内的异常情况，如瘤样扩大、血栓、钙化等。而 SSD 可通过给瘤腔及附壁血栓加上伪彩从而直观地显示动脉瘤的大体形态；切割与透明技术还可以直观再现被血栓包裹的瘤腔。

主动脉瘤支架置入及置换血管术后的随访

MSCTA 可以客观地评价主动脉瘤血管内支架放置术后的情况[17-19]，横断面 CT 图像、MIP、MPR、VR、SSD 均可直观发现血管内支架的形态、位置、范围、通畅性及确定有无泄漏形成，尤其是横断面 CT 图像及 MPR 在确定有无泄漏形成方面有重要价值；VE 还通过在腔内的飞跃发现其内血管支架的形态、起始、终止位置等(图 15a)。MSCTA 还可应用于主动脉置换血管术后的评价，显示置换血管的位置以及有无泄漏发生等(图 15b)。

综上所述，MSCT 主动脉全程扫描，在检出主动脉夹层的范围、类型等方面可为临床提供重要信息；对于多部位的主动脉瘤，扫描 1 次就可以完成诊断，提供关于主动脉瘤的位置、数目、大小、形态等信息，还可用于监控主动脉瘤术后有无渗漏等并发症。

参考文献：

[1] Choe YH, Phyun LH, Han BK. Biphasic and discontinuous injection of contrast material for thin-section helical CT angiography of the whole aorta and iliac arteries[J]. AJR, 2001, 176(2): 454-456.

[2] Gotway MB, Dawn SK. Thoracic aorta imaging with multislice CT [J]. Radiol Clin N Am, 2003, 41(3): 521-543.

[3] 张龙江，杨亚英，包颜明，等. 周围血管多层螺旋 CT 血管造影的初步应用[J]. 放射学实践，2004，19(4)：287-290.

[4] Rubin GD, Shiou MC, Leung AN, et al. Aorta and iliac arteries: single versus multiple detector-row helical CT angiography[J]. Radiology, 2000, 215(3): 670-676.

[5] Macari M, Israel GM, Berman P, et al. Infrarenal abdominal aortic aneurysms at multi-detector row CT angiography: intravascular enhancement without a timing acquisition[J]. Radiology, 2001, 220(2): 519-523.

[6] 刘玉清. 心血管影像诊断学[M]. 合肥：安徽科学技术出版社，2000. 678-702.

[7] Macura KJ, Corl FM, Fishman EK, et al. Pathogenesis in acute aortic syndromes: aortic dissection, intramural hematoma, and penetrating atherosclerotic aortic ulcer[J]. AJR, 2003, 181(2): 309-316.

[8] 赵珺，景在平，萧毅，等. 螺旋 CT 在主动脉夹层腔内隔绝术治疗中的应用价值[J]. 中华放射学杂志，2001，35(10)：743-746.

[9] 龚雪鹏，宦怡. 主动脉夹层螺旋 CT 血管造影成像技术及临床应用[J]. 实用放射学杂志，2001，17(12)：943-945.

[10] 萧毅，田建明，王建军，等. CT 仿真内窥镜在主动脉疾病诊断中的应用价值[J]. 中华放射学杂志，2000，34(8)：540-542.

[11] Neri E, Bonanomi G, Vignali C, et al. Spiral CT virtual endoscopy of abdominal arteries: clinical applications[J]. Abdom Imaging, 2000, 25(1): 59-61.

[12] 宋光义，张龙江，包颜明，等. 探讨多层螺旋 CT 诊断主动脉夹层的价值[J]. 中国医学影像技术，2002，18(8)：779-781.

[13] Macura KJ, Corl FM, Fishman EK, et al. Pathogenesis in acute aortic syndromes: aortic aneurysm leak and rupture and traumatic aortic transection[J]. AJR, 2003, 181(2): 303-307.

[14] Ledbtler S, Stuk JL, Kaufman JA. Helical (spiral) CT in the evaluation of emergent thoracic aortic syndromes: traumatic aortic rupture, aortic aneurysm, aortic dissection, intramural hematoma, and penetrating atherosclerotic ulcer[J]. Radiol Clin N Am, 1999, 37(3): 575-589.

[15] Kawamoto S, Johnson PT, Fishman EK. Three-dimesional CT angiography of the thorax: clinical applications[J]. Semin Ultrasound CT MRI, 1998, 19(5): 425-438.

[16] Rydberg J, Kopecky KK, Lalka SG, et al. Stent grafting of abdominal aortic aneurysms: pre- and postoperative evaluation with multislice helical CT[J]. J Comput Assist Tomogr, 2001, 25(4): 580-586.

[17] 赵绍宏，蔡祖龙，郭伟，等. 螺旋 CT 在腹主动脉瘤内支架治疗后随访中的应用价值[J]. 中华放射学杂志，2001，35(9)：668-670.

(收稿日期：2003-12-30)