

• 仿真内镜影像学 •

螺旋 CT 仿真内镜临床应用回顾性分析与展望

王东, 张挽时, 熊明辉, 喻敏, 徐家兴

【摘要】 目的: 探讨 CT 仿真内镜(CTVE)的临床应用价值及其适应证, 并对其应用前景作一展望。方法: 对 548 例经纤维内镜、手术病理或临床证实的患者行 CTVE 成像, 分别观察 CTVE 上各部位的正常解剖结构图像、分析不同疾病的 CTVE 影像学表现, 计算 CTVE 显示病变的敏感性和特异性, 并与纤维内镜、手术病理结果及其它成像方法对照。结果: 通过选择不同的观察方位、角度和阈值, CTVE 能清楚显示靶器官内正常解剖结构的立体影像和病变的部位、大小、形态及其侵犯范围。CTVE 显示病变的敏感度为 72.7%~93.8%。结论: CTVE 对腔内病变的显示提供了一种非创伤性、全新的影像学技术, 能弥补常规 CT 图像和纤维内镜的不足; 实际工作中, 应根据病变的部位和性质合理选择 CTVE 成像技术, 并密切结合轴位和多平面重建(MPR)图像才能对病变做出全面、准确的评价。

【关键词】 体层摄影术, X 线计算机; 成像, 三维; 内镜

【中图分类号】 R814.42; R816 【文献标识码】 A 【文章编号】 1000-0313(2004)06-0430-05

Helical CT virtual endoscopy: clinical applications and perspective analysis WANG Dong, ZHANG Wan-shi, XIONG Ming-hui, et al. Department of Radiology, Air Force General Hospital, Beijing 100036, P. R. China

【Abstract】 Objective: To evaluate the value of clinical applications, indications and perspectives of helical CT virtual endoscopy (CTVE). Methods: CTVE was performed in 548 patients confirmed by conventional endoscopy, pathology or clinical information. On CTVE images, the normal anatomic structures and the imaging manifestations of diseases were investigated respectively, and the sensitivity and specificity for the detection of the lesion were calculated. The results were then compared with the findings of conventional endoscopy, surgery and other images of helical CT. Results: By choosing the different orientation and angle of view and threshold values, CTVE could clearly display the three-dimensional image of the normal anatomic structures, the location, size, surface morphology and extent of the lesion. The sensitivity of CTVE in detecting lesions was 72.7%~93.8%. Conclusion: CTVE has proved to be a new and noninvasive technique in the detection of intraluminal lesions, and can make up for some disadvantages of the conventional endoscopy and other images of helical CT. In practice, CTVE should be appropriately used dependent on the location and nature of lesions, and must be closely combined with the interpretation of axial and multiplanar reformation (MPR) images in order to evaluate completely the lesions in a comprehensive way.

【Key words】 Tomography, X-ray computed; Images, three-dimensional; Endoscopy

螺旋 CT 仿真内镜成像(CT virtual endoscopy, CTVE)是指利用计算机软件功能, 将螺旋 CT 扫描所获得的容积数据进行后处理, 重建出空腔脏器腔内表面的立体图像, 与纤维内镜所见类似^[1,2]。1998 年 11 月~2003 年 6 月笔者进行大规模的 CTVE 临床研究, 现对 548 例有完整资料的病例进行回顾性总结, 探讨 CTVE 的临床应用价值及适应证, 并结合国内外最新文献对 CTVE 的应用前景作一展望。

材料与方 法

本组中男 311 例, 女 237 例, 年龄 4~74 岁, 平均 51.2 岁, 包括正常者 56 例, 患者 492 例。检查部位: ①听骨链: 共 76 例, 正常 20 例, 病变 56 例; ②鼻腔、鼻窦、鼻咽部: 共 60 例, 19 例鼻腔和/或鼻窦肿瘤, 鼻咽

癌 9 例, 其它病变 32 例; ③喉部: 共 63 例。正常 10 例, 喉及下咽癌 40 例, 其它病变 13 例; ④呼吸暂停综合征(obstructive sleep apnea syndrome, OSAS): 30 例; ⑤胸部病变: 共 117 例, 正常支气管 18 例, 中央型肺癌 70 例, 气管恶性肿瘤 4 例, 肺癌术后 4 例, 支气管憩室 1 例, 肺部孤立性结节 20 例; ⑥胃肠道: 共 32 例, 包括结肠息肉 6 例, 结肠癌 23 例(其中 5 例合并息肉), 胃癌 2 例, 胃平滑肌瘤 1 例; ⑦血管病变: 共 50 例, 颈动脉 15 例, 胸、腹部血管性病变 28 例, 颅内血管性病变 7 例; ⑧胆道系统结石 18 例; ⑨泌尿系统: 102 例, 正常膀胱 8 例, 膀胱癌和术后复发 38 例, 邻近器官恶性肿瘤侵犯膀胱 10 例, 其它膀胱病变 8 例, 肾盂、输尿管病变 38 例。

492 例患者中, 407 例经纤维内镜和/或手术病理证实, 30 例血管性病变 DSA 证实, 其余病例由临床证实

作者单位: 100036 北京, 解放军空军总医院 CT 室

作者简介: 王东(1965-), 男, 江西人, 副主任医师, 主要从事头颈部、腹部的 CT 及 MRI 诊断研究工作。

(听骨链 11 例, OSAS 30 例, 胆囊或输尿管结石 14 例)。

采用 GE HiSpeed CT/i 螺旋 CT 扫描机, 患者取仰卧位行轴位扫描。气道扫描嘱患者平静呼吸, 勿做咳嗽和吞咽动作, 胸腹部则在屏气状态下扫描; 胃部扫描患者一次性口服产气剂 9~ 12 g, 结肠病变经肛门注气 1000~ 1500 ml, 并于纤维结肠镜检查当日进行。扫描范围根据病变的部位和范围确定, 电压 120 kVp, 矩阵 512 × 512, 扫描时间 18~ 30 s; 各部位的主要成像参数见表 1。对于血管性病变, 使用高压注射器经肘静脉注射对比剂 2~ 3 ml/kg, 流率 2~ 3 ml/min, 延迟时间 16~ 20 s; 泌尿系统病变采用排泄法, 即注射对比剂 20~ 40 min 后作排泄期(延迟期)扫描, 并视具体情况再做延迟扫描。重建的视野(field of view, FOV)根据兴趣区大小确定, 一般为 9.6~ 30.0 cm。

将以上轴位重建后的图像传输至 Advantage Windows 3.1 工作站, 应用软件功能作 CTVE 成像, 视屏角 35°~ 60°, 确定阈值方式(表 1), 在轴位和多平面重建(multiplanar reformation, MPR)图像上调整视点(光标)的位置和观察方向, 多方位(腔外或腔内)观察感兴趣区; 也可用“飞越”方式在兴趣区内自动漫游, 并用电影形式以每秒 15~ 30 帧的速度连续依次回放, 得到类似于纤维内镜效果的图像, 并赋以伪彩进行观察。每例 CTVE 成像耗时 5~ 15 min。

对听骨链、喉部、胃肠道、血管及泌尿系统病变同时作矢状、冠状及曲面 MPR, 表面遮盖显示(surface shaded display, SSD)和/或表面透视法(RaySum)三维(3D)重建。按双盲法, 由两位高年资医师分别观察 CTVE 上各部位的正常解剖结构图像, 分析不同疾病的 CTVE 影像学表现, 计算 CTVE 显示病变的敏感性和特异性, 并与纤维内镜及手术病理结果对照; 听骨链、喉部、胃肠道、血管及泌尿系统病变, 同时比较 CTVE 与轴位、MPR 和 3D 图像对病变的部位、大小

和侵犯范围的显示能力, 分析和比较 CTVE 在不同部位中的应用价值和适应证。统计学处理均用 *t* 检验。

结 果

所有病例都获得了较满意的 CTVE 图像。通过选择不同的观察方位、角度和阈值, CTVE 能清楚显示靶器官内正常解剖结构的立体影像和病变的部位、大小、形态及其侵犯范围。

听骨链: CTVE 图像上正常锤骨、砧骨、锤砧关节及镫骨小头、前后两脚的显示率都是 100%, 仅 10 只耳能分辨镫骨的前、后脚, 其余耳镫骨前、后脚共同显示为一条状结构, 镫骨底板的显示率为 35%。CTVE 诊断慢性化脓性中耳炎患者听小骨破坏的符合率为 91.6%, 明显高于轴位 HRCT (84.3%, *P* < 0.05) 和 MPR (77.8%, *P* < 0.01), 但对听小骨移位程度的评价不如轴位 HRCT 准确; CTVE 对鼓室内异常软组织影、鼓室壁骨质破坏或/和骨质硬化及窦腔扩大的显示明显不如轴位 HRCT 及 MPR 图像, 也不能显示鼓膜的异常改变。CTVE 能很好地评价术后听骨链情况(4 例)及听骨链发育异常(3 例); 4 例颞骨外伤后, 3 例听骨链完整, 1 例 CTVE 显示锤砧关节脱位(图 1)。

鼻腔、鼻窦、鼻咽部: 23 例共 26 个鼻甲肥大, 25 例 40 侧鼻息肉, CTVE 可显示鼻甲肥大, 鼻腔内软组织占位, 相应的鼻道狭窄; 13 例 20 侧鼻息肉致鼻道狭窄或阻塞, 鼻内镜不能观察, CTVE 可分别从前鼻孔及后鼻孔入路观察病变的位置、形态及范围。19 例鼻腔和/或鼻窦肿瘤, CTVE 清楚显示鼻腔内肿块及鼻窦肿瘤侵犯鼻腔的状况, 但显示鼻甲和鼻窦的骨质破坏不如轴位图像。9 例鼻咽癌中, 4 例 CTVE 显示正常, 其余病例见鼻咽顶后壁菜花状软组织肿块或咽隐窝变浅、消失。

喉及下咽部: 49 例(92.5%) 头端 CTVE 上显示的病变部位、大小和形态与纤维喉镜所见基本一致, 1 例

表 1 各部位 CT 仿真内镜成像的参数选择

部位	准直(mm)	螺距	毫安秒(mAs)	算法	重建间隔(mm)	阈值方式	观察阈值(HU)
鼻腔、鼻窦	3.0	1.0	250~ 300	标准	1.0	白底黑影	- 550~ 200
上气道*	3.0	1.2~ 1.5	250~ 300	标准	1.0~ 1.5	白底黑影	- 550~ - 200
下咽及喉部	3.0	1.0	250~ 300	标准	1.0	白底黑影	- 600~ - 200
听骨链	1.0	1.0	250~ 300	骨	0.1~ 0.2	黑底白影 [#]	80~ 150**
胃部	5.0	1.2~ 1.5	250~ 300	标准	2.0	白底黑影	- 600~ - 400
结肠	5.0~ 7.0	1.5~ 2.0	250~ 300	标准	2.0	白底黑影	- 600~ - 400
胸部	3.0~ 5.0	1.0~ 1.5	250~ 300	标准或骨	1.0~ 1.5	白底黑影	- 600~ - 400
血管	3.0~ 5.0	1.0~ 1.5	250~ 300	标准	1.0~ 2.0	黑底白影 [#]	80~ 150
胆囊	3.0	1.0	250~ 300	标准	1.0	白底黑影	50~ 160
泌尿系统	3.0~ 5.0	1.5~ 2.0	250~ 300	标准	1.0~ 1.5	黑底白影	150~ 300

注: * 应用于 OSAS 患者, 扫描范围从硬腭至舌骨下缘平面; [#] 可采用 within borders 阈值方式; ** 正常听骨链的观察阈值为 - 600~ - 200 HU

声带息肉和 3 例 T₁ 期声门癌, 显示明显不如后者; 9 例 (17.0%) 患者 CTVE 显示病灶与声带的关系、肿瘤侵犯声门下、前联合的情况弥补了喉镜的不足。CTVE 显示病变的形态与轴位上喉腔侧所见相似, 但对病变边缘的显示不如后者; 轴位图像上, 7 例假声带, 3 例前联合受侵和 1 例声门下区炎性狭窄显示不清, 而 CTVE 均显示清楚 (20.1%, 11/53) (图 2)。CTVE 显示会厌前间隙受侵明显不如轴位, 也不能显示喉旁间隙、喉软骨受侵及颈部淋巴结转移等。

OSAS: CTVE 共发现了 39 个狭窄点, 27 个位于口咽部, 7 个位于鼻咽部和 5 个下咽部, 9 例患者口咽部完全闭塞, 12 例患者有多发狭窄点。CTVE 能显示 22 例 OSAS 患者口腔矫治器治疗前后上气道管腔的动态变化情况, 上述狭窄点有不同程度地扩大 (图 3), 与矢状位 MPR 图像所见相似。

胸部: CTVE 能 100% 显示段以上支气管和 80% 以上的亚段支气管; 62 例 (83.8%) 中央型肺癌和气管

恶性肿瘤, CTVE 与纤维支气管镜所见一致, 肿瘤呈肿块状或结节状, 引起气管、支气管狭窄或阻塞, 12 例 (16.2%) 无异常发现 (假阴性)。4 例术后支气管残端表现为光滑的盲端, 未见肿瘤复发。CTVE 可清晰显示 20 例肺部孤立性结节的三维立体形态 (图 4), 与轴位图像比较, CTVE 判断病灶形态如有无分叶、毛刺等更为直观, 有利于立体显示病灶与大血管、气管、支气管及邻近肺血管的关系、有无胸膜凹陷征等。

胃肠道: 11 例患者中, 纤维结肠镜共发现 33 个息肉, 其中直径 < 5 mm 者 12 个, 5~10 mm 者 12 个, > 10 mm 者 9 个; CTVE 发现息肉的敏感度和特异度分别为 72.7% 和 63.6% (图 5), 其中 > 10 mm 者均为 100%。结肠癌 23 例, CTVE 全部显示, 其大小、形态与纤维结肠镜和手术标本所见相似。9 例结肠癌患者纤维结肠镜不能通过狭窄处, 3 例患者 CTVE 在狭窄远端发现了 2 个息肉和 1 个子癌病灶, 并得到了手术证实。CTVE 显示结肠腔内病灶形态尤其是检测息肉

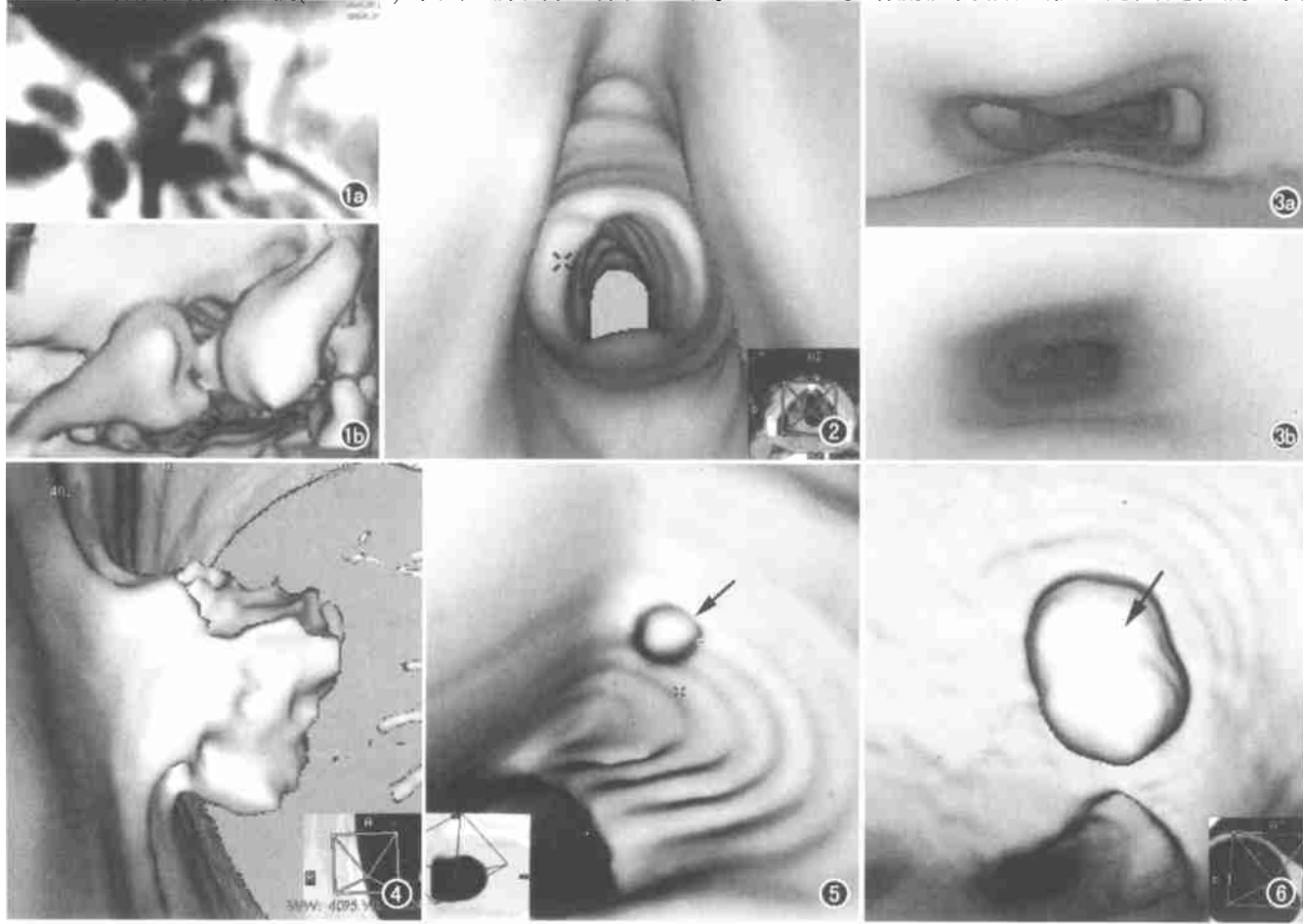


图1 听小骨脱位。a) 轴位示锤砧关节脱位; b) CTVE 图像立体感强。图2 声门下区炎性狭窄。CTVE 图像清楚显示声门下区环行隆起。图3 OSAS。CTVE 清楚显示治疗后气道明显扩大。a) 口腔矫治器治疗前; b) 口腔矫治器治疗后。图4 周围型肺癌。CTVE 立体显示肿块的形态和胸膜凹陷征。图5 结肠息肉。CTVE 清晰显示直径约 0.6cm 的息肉 (箭)。

图6 胃平滑肌瘤。CTVE 图像可见病灶中央的“脐征” (箭)。

明显优于轴位、MPR 及 3D 图像。CTVE 能清楚显示 2 例胃癌的腔内立体形态; 1 例胃平滑肌瘤 CTVE 可见病灶中央的“脐征”(图 6)。

血管病变: CTVE 上, 颈动脉狭窄显示为管腔变窄, 可见凹凸不平的动脉硬化斑块及附壁血栓, 使用边缘显示方式观察管腔内两种密度, 清楚显示钙化为红色; CTVE 可很好地显示主动脉夹层动脉瘤的真假腔、内膜片的形态和走行、动脉分支开口受累情况; 2 例先天性主动脉缩窄 CTVE 图像可见主动脉逐渐变细, 通过狭窄后又逐渐变粗的过程; 将视点置于腔外, CTVE 能清晰显示动脉瘤及假性动脉瘤的三维表面立体形态、起源、累及范围及其与重要血管分支的关系(图 7)、颅内动静脉畸形血管团及其与颅骨的局部空间立体关系, 图像清晰, 操作简单, 优于 3D 成像。

胆道系统结石: CTVE 可精确地显示 18 例阳性结石的三维立体形态, 直径 0.3~3.2 cm。1 例胆管多发结石在 CTVE 图像上立体显示结石的形态呈串珠状, 其中 2 个结石互相粘连与手术所见一致。

泌尿系统: ①8 例正常膀胱中 7 例可见 13 侧输尿管开口。CTVE 显示了 61 个(93.8%)膀胱癌及术后复发的肿瘤, 所见肿瘤的部位、大小、表面形态与常规膀胱镜相似, 22 例患者能显示肿瘤与输尿管开口的关系, 4 个直径<0.5 cm 的肿瘤未显示; 对腺性膀胱炎、前列腺增生及邻近器官恶性肿瘤侵犯膀胱的显示与纤维膀胱镜基本一致。与轴位图像比较, CTVE 能更清楚地显示肿瘤的腔内形态、基底的情况及其与输尿管开口的关系(图 8); CTVE 检测直径<0.5 cm 肿瘤敏感性(4/8)高于轴位图像(2/8)(图 9); 但 CTVE 观察膀胱壁增厚的情况不如轴位图像, 也不能显示肿瘤向腔外侵犯的范围, 邻近器官恶性肿瘤侵犯膀胱的显示也不如轴位。CTVE 上假性病灶 2 例。②CTVE 图像上, 肾盂癌显示为菜花状肿块; 输尿管狭窄表现为局部管腔明显变窄, 管壁尚光滑; 输尿管肿瘤呈菜花状软组

织肿块, 管腔闭塞; 边缘显示方式 CTVE 上输尿管结石显示为红色。CTVE 显示肾盂、输尿管病变的效果明显不如轴位、MPR 和 3D 图像。

讨 论

1. CTVE 成像的质量控制

高质量的 CTVE 图像对诊断至关重要。患者扫描前的准备、配合程度、扫描参数的选择与匹配、重建方式、操作者的技巧及熟练程度等是影响 CTVE 的图像质量的主要因素。为获得理想的容积数据, 要求采用尽可能窄的准直器宽度、小螺距和 FOV、高的电压、电流量和较大的矩阵, 短时间内完成靶器官的扫描, 应根据不同的部位和诊断要求合理选择扫描参数。血管的最佳延迟时间是 16~20 s, 扫描方向与血管走行一致。泌尿系统的延迟时间以 30 min~1 h 为宜, 肾功能较差者可延迟至 2~3 h。胃肠道、膀胱需做仰卧位和俯卧位两种体位扫描, 避免病变的遗漏^[3-5]。

合理选择观察阈值是避免产生假阳性、假阴性和伪影的关键^[6]。我们采用以下的方法得到初步的观察阈值, 而后根据病变的部位、大小和形态灵活调整, 取得了很好的效果: ①低密度管腔为空气和病变 CT 值的中位数; ②高密度管腔为对比剂和病变 CT 值的中位数; ③先在原始图像上将窗宽设置为零, 以最佳显示病变的窗位作为初步的观察阈值。

CTVE 中会出现两种与阈值有关的伪影, 即穿透性伪影和漂浮状伪影^[7], 通过调整观察阈值能消除, 一般不影响对病变的评价; 心脏搏动及螺旋 CT 有关的伪影多呈环状、条状或阶梯状, 也容易辨认; 吞咽和呼吸运动、假牙和硬腭等伪影会造成图像局部变形, 成像过程中应尽量避免其发生。

成像中应充分利用 CTVE 的优势, 多方位对病灶

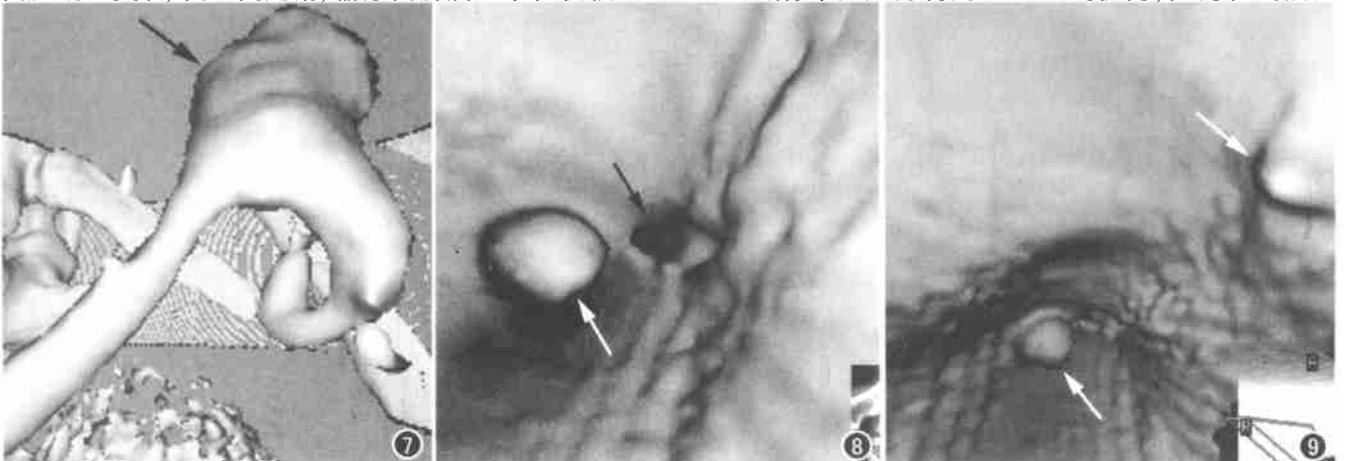


图7 脾动脉瘤。外视性 CTVE 图像清楚显示动脉瘤(箭)的三维表面立体形态和起源。图8 膀胱癌。CTVE 图像清楚显示肿瘤(白箭)与输尿管开口(黑箭)的关系。图9 膀胱癌。CTVC 显示两个直径分别为 6mm 和 4mm 的肿瘤(箭), 表面尚光滑。

进行观察,并随时调整视屏角的大小才能完整、准确地显示病变。一般情况下多从管腔内观察,但对于某些病例还可从腔外进行观察(外视性 CTVE),如观察肺部孤立性结节、胆囊结石、动脉瘤的起源、动静脉畸形血管团、腹主动脉分支的起源及走行等。外视性 CTVE 可获得类似于局部 SSD 的图像,但图像更为清晰,对某些局部细小结构显示更清楚,且操作相对简单,拓宽了 CTVE 的应用范围。

2. CTVE 成像的优缺点和适应证

CTVE 对腔内病变的显示提供了一种非创伤性、全新的影像学技术,它能较好地显示腔内正常解剖结构,多方位观察病变的全貌,能弥补常规 CT 图像和纤维内镜的不足,操作简单,应用范围广,可减少有创性检查的次数^[1,2,5]。本研究 CTVE 显示病变的敏感度为 72.7%~93.8%,取得了很好的效果,CTVE 与常规 CT 相结合,拓展了常规 CT 的显示和诊断能力,具有广阔的临床应用前景。

与纤维内镜检查及常规 CT 图像比较,CTVE 有以下主要优点:①非创伤性技术,能在短时间内完成扫描,尤其适用于不能耐受纤维内镜检查者;②一次获得的数据可重复多种方法多轴位观察,并可多次重复和随访;③从不同角度和从狭窄或阻塞远端观察病灶,可观察纤维内镜不能到达或观察不清的部位;④CTVE 结合轴位和 MPR 能同时观察腔内和腔外的情况,提供与病变相关的定位资料及相应的周围解剖结构资料,能帮助纤维内镜正确的活检和治疗;⑤CTVE 显示病变的腔内立体形态、数目、某些病变的特征如有无蒂、脐征等明显优于常规 CT 图像;⑥CTVE 能观察某些轴位、MPR 和 3D 图像不易观察的结构或病变,如听小骨、假声带、前联合、结肠息肉、膀胱肿瘤等,弥补 CT 其它成像方法的不足^[1,5]。

CTVE 的限度^[11]:①不能显示组织表面颜色的变化,组织特异性较差;不能实时观察组织结构的运动情况;不能进行组织活检和治疗;②存在假阳性和假阴性,对扁平病变和局限于粘膜下的病变不敏感;③CTVE 成像过程中会损失部分信息,受阈值的选择和不同组织密度均匀化的影响大;操作者的熟练程度对图像质量有较大的影响;④CTVE 观察腔外病变侵犯范围、有无淋巴结转移等不如常规 CT 图像。

笔者认为 CTVE 的主要适应证:①结肠息肉、听小骨、喉部、膀胱等病变的检测;②观察病变的腔内立体形态、数目、某些病变特征、听小骨细微破坏、喉癌侵犯前联合及假声带、动脉瘤的起源及其与重要分支的

关系等;③用于不能耐受纤维内镜检查的患者、纤维内镜不能到达或观察不清的部位如中耳、后鼻孔、声门下、气管及结肠狭窄远端等的观测。

3. CTVE 成像的应用前景与展望

CTVE 的成像技术仍在快速发展,计算机辅助诊断要解决的问题是扩大计算机容量和运算速度,缩短图像分析时间,增加诊断的准确性。采用容积再现技术所提供的解剖和病理上的图像比表面再现技术的实际效果更可靠。多排螺旋 CT 容积数据的采集速度更快,范围增大,空间分辨率更高,消除了单排螺旋 CT 两次屏气采集序列间的错位重叠,大大减轻呼吸伪影的影响,利用心电门控能减少心脏搏动伪影,有利于细小病变的检测^[8]。表面展平技术^[9]、全景成像^[10]、病变自动检测^[11]等图像显示技术的发展,提高了 CTVE 检测病灶的敏感性和特异性。

参考文献:

- [1] 冯敢生,韩萍.医学影像学中的奇葩——仿真内窥镜技术[J].中华放射学杂志,1999,33(1):5-6.
- [2] Rubin GD, Beaulieu CF, Argiro V, et al. Perspective volume rendering of CT and MR images: applications for endoscopic imaging[J]. Radiology, 1996, 196(6): 321-330.
- [3] Summers RM, Shaw DJ, Shelamer JH. CT virtual bronchoscopy of simulated endobronchial lesion: effect of scanning, reconstruction, and display setting and potential pitfalls[J]. AJR, 1998, 170(3): 947-950.
- [4] Dacham AH, Lieberman J, Osnis RB, et al. Small simulated polyps in pig colon: sensitivity of CT virtual colography[J]. Radiology, 1997, 203(2): 427-430.
- [5] Song JH, Francis IR, Platt JF, et al. Bladder tumor detection at virtual cystoscopy[J]. Radiology, 2001, 218(1): 95-100.
- [6] 陈峰,郑凯尔,刘万花,等. CT 仿真内窥镜成像质量分析[J]. 中华放射学杂志, 2000, 34(11): 765-769.
- [7] Neri E, Caramella D, Falaschi F, et al. Virtual CT intravascular endoscopy of the aorta: pierced surface and floating shape thresholding artifacts[J]. Radiology, 1999, 212(1): 276-279.
- [8] Hoppe H, Walder B, Sonnenschein M, et al. Multidetector CT virtual bronchoscopy to grade tracheobronchial stenosis[J]. AJR, 2002, 178(5): 1195-1198.
- [9] Sehnert C, Haker SJ, Tannenbaum A, et al. Detection of colorectal polyps using a nondistorting colon-flattening program[J]. Radiology, 2002, 221(1): 307-311.
- [10] Fletcher JG, Johnson CD, Reed JE, et al. Feasibility of planar virtual pathology: a new paradigm in volume-rendered CT colonography[J]. J Comput Assist Tomogr, 2001, 25(6): 864-869.
- [11] Summers RM, Johnson CD, Pusanik LM, et al. Automated polyp detection at CT colonography: feasibility assessment in a human population[J]. Radiology, 2001, 219(1): 51-59.

(收稿日期: 2003-09-30 修回日期: 2003-11-26)