文章编号:1000-5404(2006)01-0001-02

专家论坛

CT技术的进展及临床应用

邹利光 (第三军医大学新桥医院放射科,重庆 400037)

计算机体层摄影术(computed tomography, CT)的问世是医学影像学发展史上的重大革命。1972年Hounsfield和Ambrose在英国放射学年会上发表正式论文,宣告CT扫描机的诞生。1974年,美国George Town医学中心工程师Ledley设计了全身CT机,此后CT设备与技术迅猛发展,先后经历了头颅CT、全身CT、螺旋CT和超高速CT等5代CT设备[1]。目前已广泛用于全身各部位疾病的检查及诊断。

1 CT设备的发展

CT机根据扫描原理不同可分为两大类:一类是X线球管、高压发生器和探测器同步旋转进行扫描的机械式CT,即螺旋CT(helical or spiral CT);另一类是靶环和探测器固定,由电子束旋转撞击靶环产生X线进行扫描的超高速CT(ultrafast CT, UFCT),又称电子束CT(electron beam CT, EBCT)。目前临床上广泛使用的是螺旋CT。

1.1 多层螺旋CT设备的发展

CT问世后30多年,经历了几次大的革命性进步。1989年在传统CT的层面采集方式的基础上,开发了滑环技术和连续进床技术,从而实现了螺旋扫描采集,即螺旋CT。1998年推出的多层螺旋CT(multi detector-row CT, MDCT)或称多层螺旋CT(multi-slice CT, MSCT),使得X线球管绕人体旋转1周能同时获得多幅横断面图像,较之于单排螺旋CT大大提高了扫描速度。多层螺旋CT经历了2、4、8层采集设备的发展,2000年GE、Philips、Siemens、Toshiba等公司推出的16层螺旋CT真正实现了扫描中体素采集的各向同性(isotropic),从而为各种高质量的影像后处理及高空间分辨率影像奠定了基础[1,2]。

早期常规全身CT机球管和探测器采用平移-旋转扫描方式或旋转-旋转扫描方式,也就是前3代层面采集CT,探测器覆盖宽度只有10 mm,最薄的物理采集层厚也只能达到10 mm。多层螺旋CT采用了阵列探测器组合的覆盖宽度在4~24排采集的MDCT上为20 mm。探测器单元的大小是决定采集体素大小的关键因素之一。多层螺旋CT除了关注传统的X、Y轴分辨率之外,还在减少采集层面的基础上不断提高Z轴分辨率。在16层CT上终于实现了真正的"各向同性",即采集体素的X、Y、Z轴长度相等。各向同性体素采集的原始信息可以保证重建影像和任意方向模式的重组影像均可获得最佳分辨率且不失真。

2004年在北美放射学会(RSNA)上推出了64层螺旋CT,又称容积CT(volume CT),开创了容积数据采集的新时代,容积CT的重要贡献是解决了更快的扫描速度、更大的覆盖范围与更薄层厚的采集三者兼容,在任意扫描速度下都能得到亚毫米空间分辨率(0.35±0.05) mm的各向同性采集的信息。容积CT的另一优势是其40 mm宽体检测器能极大提高扫描速度,例如能在5 s内完成心脏成像扫描,整个胸部扫描仅需8 s,既缩短了检查时间,又扩大了临床应用范围。

1.2 电子束CT设备的发展

电子束CT于1983年由美国Douglas Boyd博士开发并应用于临床。EBCT主要由电子枪、扫描架、扫描床、控制台及计算机系统5大部分组成,自美国IMATRON公司1983年推出以来,经历了Imatron-100, Imatron-150, Imatron-150 XP和Imatron-300 4代升级。EBCT与螺旋CT的主要区别在于X线源,螺旋CT是用X线球管发射X线,由扫描架环绕患者旋转做机械运动来实现X线对患者的扫描。而EBCT则是由电子枪发射电子束,再由电子束轰击扫描架上的弧形钨靶环产生X线,通过电子枪内的偏转线圈使电子束往复偏转轰击钨靶,以对患者进行扫描。早期EBCT扫描速度快但图像空间分辨率低,仅7~9 LP/cm(线对/cm)。2002年美国GE公司收购了IMATRON公司,并推出了一代新型电子束CT扫描机——e-Speed电子束CT,它结合了电子束CT和多层CT的优点,图像空间分辨率有很大提高,达到13 LP/cm(线对/cm),与多层螺旋CT相接近,扫描速度快,每周只需50 ms,是多层螺旋CT的8~10倍,并结合了多层螺旋CT的多种图像重建和后处理技术,使新型电子束CT图像质量大为提高。

2 CT新技术的临床应用

2.1 CT灌注成像技术

CT灌注(CT perfusion)成像的理论基础为核医学的放射性示踪剂稀释原理和中心容积定律。Miles等认为,碘造影剂与放射性示踪剂具有相同的药代动力学,因此放射性核素的示踪原理可用于动态CT的研究。CT灌注是基于静脉内团注造影剂后分析动脉、组织以及必要时包括静脉之间强化的关系,以

作者简介:邹利光(1964-),男,四川省江油市人,硕士,主任医师,教授,主要从事心血管疾病和呼吸系统疾病放射诊断方面的研究,发表论文41篇。电话:(023)68774676,E-mail: zoulg@mail.tmmu.com.cn

收稿日期:2005-09-15;修回日期:2005-11-18

了解该层面组织脏器的灌注情况。经静脉注射对比剂，同时对选定的某一层或多层进行动态扫描，获得该兴趣层面内每一像素的时间-密度曲线（time-density curve，TDC），其变化反映的是对比剂在该器官中浓度的变化，即碘聚集量的变化，从而间接反映组织灌注量的变化。根据该曲线利用不同的数学模型，用Perfusion CT 或 Functional CT 等商用软件包计算出血流量（blood flow，BF）、血容量（blood volume，BV）、对比剂平均通过时间（mean transit time，MTT）、对比剂峰值时间（time to peak，TTP）、表面通透性（permeability surface，PS）等灌注参数，并给色阶赋值，形成灌注图像。CT 灌注成像技术已广泛用于临床，如肿瘤灌注成像、脑缺血性疾病灌注成像、心肌灌注成像、肺栓塞灌注成像、肾脏缺血性疾病灌注成像、正常肝脏与肝硬化的CT 灌注测量等[3]。肿瘤 CT 动态增强和灌注成像指标与肿瘤血管生成、肿瘤增殖细胞核抗原等高度相关，本期有关脑星形细胞瘤和人体原发性肝癌及实验动物肝癌模型 CT 动态增强的研究论著反映了当前的研究热点。

2.2 CT 血管造影

多层螺旋 CT 短时间内完成大覆盖范围的连续扫描，加上计算机后处理功能的提高，使得 CT 血管造影（CT angiography，CTA）成为可能。CTA 图像重建和显示方法主要有：表面阴影显示（SSD）和容积再现（VR）、最大密度投影（MIP）、曲面重建（CPR）、多平面重组（MPR）等，2 种以上图像重建方法结合，可提高 CTA 显示血管病变的准确性。CTA 广泛用于全身各部位血管结构的显示，由于多层螺旋 CT 大范围薄层采集的各向同性，血管造影图像质量好，在一定程度上可以替代常规血管造影检查。

CTA 已成为诊断脑血管疾病的重要方法之一，为临床预测脑血管事件的风险、治疗后的随访观察等提供重要信息。有研究表明，CTA 对头颈部动脉主支的显示与数字减影血管造影（DSA）相似，对于脑动脉瘤的诊断，CTA 比 DSA 更敏感、更准确。由于 CTA 不能动态观察脑血循环过程，在显示颅内末梢小血管方面不能完全替代 DSA，操作者扫描及重建技术运用的熟练程度也将影响图像质量。

冠状动脉无创性 CTA 检查越来越受到临床重视。多层螺旋 CT 和电子束 CT 是显示冠状动脉粥样硬化斑块的唯一方法[4]，现已证实，尚未完全钙化的软斑块是更危险因素。由于心脏处于不停的收缩舒张活动中，常规多层螺旋 CT 扫描扫描时间相对较长，采用回顾性心电（ECG）门控技术，对病人心率快慢和心律是否整齐依赖性较大，心率 70 次/min 以上的病例检查成功率较低。电子束 CT 扫描速度快，每周扫描时间为 50 ms，为多层螺旋 CT 的 8 ~ 10 倍，真正前置 ECG 门控适时采集图像，适用于各种心率和心律不齐患者的检查。

CTA 对于血管内支架置入前后的检查可实现二维（2D）与三维（3D）分析，后者更能真实地显示血管腔及内支架置入后的形态学表现。

2.3 CT 仿真内镜

CT 仿真内镜（CT virtual endoscopy，CTVE）是螺旋 CT 容积扫描得到的图像数据经后处理后，重建出空腔器官内表面的立体图像，类似于纤维内镜所见。螺旋 CT 连续扫描获得的容积数据重建出立体图像是 CTVE 的基础，在此基础上调节 CT 值阈值及透明度，使不需要观察的组织透明度为 100%，从而消除其伪影，而需要观察的组织透明度为 0，从而保留其图像，再调节人工伪彩，即可获得 CTVE 图像。CTVE 可用于观察气管支气管、胃肠道、鼻腔、鼻窦、鼻咽、喉、膀胱、血管等腔道器官。

2.4 多平面重建与表面三维重建

螺旋 CT 连续扫描获得的数据是多平面重建及三维重建技术的基础，利用螺旋 CT 扫描获得的容积数据，经计算机重组可形成横断、冠状、矢状及任意平面图像，以及脏器表面结构各种三维图像如 MIP、SSD、VR 图像等。主要临床应用于骨性结构、含气器官、腹腔脏器和肿瘤等。骨和含气结构与周围组织自然密度差异较大，平扫即易于形成高质量的重建图像，有利于空间关系和复杂结构的显示。腹腔脏器和血供丰富的肿瘤需静脉注射对比剂后使其密度增高，与邻近组织结构间密度差加大，通过重建，可清晰显示肿瘤的部位、形态、血供及其与周围结构的毗邻关系。

总之，近年来 CT 设备和技术得到了快速发展，尤其是多层螺旋 CT 和容积 CT 的出现，使 CT 正朝着更低的 X 线剂量、更快的采集与重组速度、更便捷多样的重组处理技术以及更好的病人舒适度发展。多层螺旋 CT 下一阶段发展主要有两个方面：超宽探测器多层螺旋 CT 和平板探测器 CT[5]。电子束 CT 随着图像质量的进一步提高和探测器范围加大，其在心血管疾病成像方面的优势将更加明显。

关键词：螺旋 CT；电子束 CT；CT 灌注成像；CT 血管造影；设备

中图法分类号：R814.42　　**文献标识码**：A

参考文献：

[1] 祁　吉. 医学影像学的进展及其对临床医学的影响[J]. 中华放射学杂志，2003，37(特)：11 - 17.

[2] FLOHR T G，SCHALLER S，STIERSTORFER K，*et al*. Multi-detector row CT systems and image-reconstruction techniques[J]. Radiology，2005，235(3)：756 - 773.

[3] LEE T Y，BELESKY V，KALAPOS P，*et al*. CT perfusion imaging in cerebral ischemia[J]. Stroke，2005，36(1)：1 - 3.

[4] 吕　滨，庄　园，戴汝平，等. 电子束 CT 冠状动脉钙化积分和血管造影诊断冠心病的价值[J]. 中华放射学杂志，2004，38(12)：1305 - 1310.

[5] MORI S，ENDO M，OBATA T，*et al*. Clinical potentials of the prototype 256-detector row CT-scanner[J]. Acad Radiol，2005，12(2)：148 - 154.

（编辑　王　红）