

多层螺旋 CT 的新进展

童双立

(煤炭总医院影像科, 北京 100028)

摘要: 本文讲述了多层螺旋 CT 在技术方面的新进展, 介绍了多层螺旋 CT 在心脏成像、肺部成像、血管造影、急诊抢救等方面的应用。

关键词: 多层螺旋 CT; 心脏成像; 灌注成像; 血管成像

中图分类号: R814.42 文献标识码: A

New Advances of Multislice Spiral Computed Tomography

TONG Shuang-li

(Coal General Hospital, Beijing 100028, China)

Abstract: To discuss the new advances in hardware and software technology of Multislice Spiral Computed Tomography (MSCT), to introduce clinic application of Multi-slice Spiral Computed Tomography in cardiac imaging, lung imaging, perfusion imaging, angiography imaging and emergency salvage.

Key words: Multi-slice Spiral CT scanner; cardiac imaging; perfusion imaging; angiography imaging

1989 年单层螺旋 CT 问世, 它是自 1971 年 CT 发明以来计算机断层技术的又一最新进展。和常规轴向扫描 CT 不同, 螺旋扫描是在病人匀速通过旋转的 X 射线球管扫描野(范围)时进行的, 运动的 X 射线产生的路径是扫描运动的函数, 扫描路径形成一条螺旋线, 采集的数据通常称做螺旋数据。不同于轴向扫描时产生分离独立的数据组, 螺旋扫描时进床匀速运动、X 球管连续曝光旋转, 产生一组连续的体积数据。螺旋扫描一周可产生多幅图像, 并允许在重建中有新的选择, 在图像处理中获取满足各种要求的图像。

90 年代早期又产生了双层螺旋 CT, 1998 年发展到 4 层螺旋 CT, 其后螺旋 CT 技术出现突飞猛进的发展, 2001 年至 2003 年 8 层、10 层、16 层、32 层、40 层螺旋 CT 相继亮相, 2004 年 64 层螺旋 CT 成为螺旋 CT 发展的新亮点。今年国内已引进 20 余台 64 层螺旋 CT。多层螺旋 CT 与单层螺旋 CT 虽然都以螺旋方式扫描, 但硬件技术和成像的软件方法有了重大改进, 特别是 64 层螺旋 CT 出现以来发展更加迅速。

1 硬件技术和成像的软件方法的重大改进

1.1 宽体薄层各向同性探测器

探测器技术是多层螺旋 CT 的核心技术, 一直是业内关心的问题。当前最高端 64 层螺旋 CT 出现后, 多层螺旋 CT 被称为多少层螺旋 CT, 或称为多少排螺旋 CT 在概念产生了争论。排是指探测器物理结构, 层是指对球管旋转一周采集数据进行加工处理后所得的图像层数。在 4 层螺旋 CT 时代, 探测器排列有对称和不对称之别, 有 8 排、16 排、34 排的不同组成, 但只有 4 组数据采集系统, 每圈只能采集 4 层图像数据, 所以那时不管探测器结构排数多少, 统称 4 层螺旋

CT, 做排数的不同组合, 可以得到不同层厚。今天 64 层螺旋 CT 出现了, 各厂家设计理念不同。有两种趋势, 其一, 以 GE 公司为例, 增加探测器排数, 以增加探测器总宽度, 采用 64 排探测器、64 组数据采集系统, 球管旋转一周采集 64 层图像, 探测器总宽度 40mm。探测器宽了, 覆盖面增大了, 有些部位旋转一圈即可完成检查, 大的器官旋转圈数也可减少, 螺旋伪影随之减少, 提高了图像质量。其二, 以 SIEMENS 公司为例, 32 排探测器, 探测器宽度为 28.8mm, 采用飞焦点技术进行双采样, 球管旋转一周采集 64 层图像, 球管旋转一周所产生的图像层数是探测器结构排数的 2 倍, 可实现 0.33mm 的高分辨率。一般称前者为 64 排螺旋 CT, 称后者为 64 层螺旋 CT。本文在谈及 64 层以下螺旋 CT 产品时都以相应层数冠名, 在谈及 64 层螺旋 CT 产品时, 有具体公司所指时, 探测器为 64 排的称 64 排螺旋 CT, 否则称 64 层螺旋 CT。

探测器单元尺寸的优化选择, 对厚层、空间分辨率和对比度也是一个关键因素, 多层 CT 不仅有传统的 X、Y 轴分辨率, 还提出了 Z 轴分辨率的概念。在 16 层螺旋 CT 上首次提出了各向同性的概念, 就是 X、Y、Z 轴分辨率一致或相近, 体素为一立方体, 使得任意斜面的图像质量保持一致。象素大小由 X、Y、Z 三维长度决定。以 512*512 矩阵为例, 显示野为 320mm, 则 X 和 Y 轴长度为 0.625mm, 像素的 Z 轴长度取决于探测器的宽度, 目前新型 64 层螺旋 CT 中央排列探测器的最小宽度均小于 0.6mm, 虽然像素的三维精确长度还有误差, 但已接近各向同性, 并是在亚 mm 水平上的各向同性, 因此重建出来的三维图像质量接近完美。

1.2 大热容量高散热率长寿命球管

球管产生 X 射线穿过人体后产生相应数据, 球管是 CT 机的心脏。多层螺旋 CT, 扫描范围大, 层厚更薄, 为保证图像质量, 探测器必须接受足够大的光子通量, 球管设计向大热容量、高散热率和高输出毫安方向发展, 以保证大范围检查、薄层、快速扫描和高质量图像的需要。GE 公司推出了大功率高毫安输出的大力神球管 V8, 球管热容量达到 8M, 最高峰值毫安输出 800 毫安。SIEMENS 公司推出了旋转封套技术高散热率的 Straton 球管, 散热率可达 5M/min。它的基本思想是把旋转阳极作为不锈钢真空管套的一部分, 让真空管套和旋转阳极一起旋转。扫描过程中产生的热量就可以直接通过包围在真空管套外的冷却油通过对流散发出去, 提高了散热效率。东芝公司采用了阳极接地、双支撑轴和微孔循环技术, 球管热容量达到 7.5M。

1.3 重建算法的改进

当前 GE 公司 64 排螺旋 CT, X、Y 面内分辨率平均为 0.35mm, 最高可达 0.33mm。满足各向同性要求, 纵向分辨率 (Z 向), 和它完全一致。要达到这一效果, 重建算法是非常重要的。除采用借助于螺旋加权和滤波重建的圆锥束重建算法外, 还采用了 3D 重建算法。高级的重建算法与球管的小焦斑尺寸 (0.7mm*0.6mm) 及优化的探测器单元尺寸相结合, 实现了各向同性的高空间分辨率。SIEMENS 公司 64 层螺旋 CT, 电子束控金属球管可实现 X 线束的偏转调控, 相当于两个球管工作, 来自两个焦点位置的信号先后到达 32 排探测器, 由 32 排探测器分时读取, 并分别传送到 64 层数据采集系统, 两次采样之间有半宽重叠, 再通过特殊重建算法, 最终实现 0.33mm 的 Z 轴 分辨率。该公司特殊重建算法与非焦点的各项技术综合称为 Z-Sharp 技术。

1.4 操作平台和后处理功能进一步完善

随着 CT 扫描层数的增加和薄层大范围扫描的临床的应用, 后处理面临庞大的数据流。为加强数据管理, 提高医生的工作效率, 减轻操作技术人员的负担, 充分发挥整个系统的功能, 各厂家进一步改进操作平台, 后处理功能进一步完善。GE 公司推出 64 排容积 CT 的同时, 又研发了深蓝平台。突破了主要依靠横断位阅片模式变为直接二维三维阅片, 将经验积累诊断变为智

能辅助诊断,使单一定性诊断发展为精确定性、定量诊断。各公司将多种后处理功能综合应用,使之程序化,更加丰富了影像学信息。例如心脏一站式后处理技术只需选择一个程序,就可以同时得到冠状动脉的曲面 2D 图像、冠状动脉的平面拉直测量、冠状动脉束的显示以及心脏的形态、心室壁厚度及心室射血功能等信息。

2 多层螺旋 CT 技术的新应用

设备技术的发展为影像医学的发展,提供了必要的硬件。螺旋 CT 的迅速发展,64 层螺旋 CT 的出现,为医学影像带来了新的思维。原来的二维思维模式,被现在的三维、四维所取代,功能化、分子化影像离我们越来越近。多层螺旋 CT 的飞速发展给心脏成象、肺纹理条影成像、肺栓塞诊断、早期肺癌普查、灌注成像、血管成像等提供了优质图像和较为可靠的诊断。以下分 5 个方面作一简要介绍。

2.1 心脏成象

作为运动器官一直是常规轴向扫描 CT 机临床应用的盲区,多层螺旋 CT 的出现,突破了这一盲区。4 层螺旋 CT,单位时间内的扫描覆盖范围小,心脏扫描时间长(约 40-50 秒),采用分扇区采样心电门控技术,可对心率正常(约 60 次/分)的病人进行冠状动脉成像,成功率低,图像质量不理想。16 层螺旋 CT 的推出使 CT 冠状动脉成像初步进入临床应用,心脏扫描时间较短(约 10-15 秒),心率波动对冠状动脉图像影响有所减轻,对比剂用量减少。最新 64 层螺旋 CT 缩短了采样时间、增加了采样次数,只用 5 秒就可完成全心脏扫描,可看清软、硬斑块及支架等。在非正常心率情况下(心律不齐或更快如 170 次/分)也可获得较高质量冠状动脉图像。冠状动脉支架置入后常需要术后追踪观察,以除外再狭窄。4 层螺旋 CT 支架影像伴有金属伪影,无法对冠状动脉支架内腔进行评估。64 层螺旋 CT 能够清晰显示各种型号及规格支架内腔情况,显著降低支架壁伪影,为冠状动脉支架内腔进行评估,开辟了新的前景。64 层螺旋 CT 做心脏冠状动脉成像成功率接近 100%。64 层螺旋 CT 心脏扫描时间与电子束 CT 差距已明显缩短,在某些性能方面甚至已超过电子束 CT,但价格方面 64 层螺旋 CT 具有明显优势。

2.2 肺部成像

多层螺旋 CT 缩短了扫描时间,可以减少呼吸产生的肺部运动伪影,运动伪影在横轴位扫描时可能不明显,但在图像后处理沿 Z 轴的图像重建是比较明显的。快速扫描对于难以较长时间屏气的病人尤为重要,多层螺旋 CT 扫描快、扫描范围长,在较短时间可获得整个胸部的图像。多层螺旋 CT 还有一个重要优势,是获得薄层图像,16 层以上多层螺旋 CT 的亚毫米准直可显示肺动脉的 6 级分支。

过去肺脏扫描中肺内结节与血管断面很难区别,64 层螺旋 CT 新的三维处理软件技术能彻底解决肺纹理条影断面与结节灶鉴别的难题。X 片胸部检查中,由于心脏纵隔的阻挡产生遮盖区,(胸片后前位有 20-25% 肺野被遮盖,侧位 15-20% 肺野被遮盖)而导致对肺部早期病变(如早期肺癌等病变)漏诊的烦恼已获解决。

长期以来早期肺癌普查以胸部平片(侧位片)为首选,由于多层螺旋 CT 的发展,而受到动摇。多层螺旋 CT 已成为早期肺癌早发现、早诊断、早治疗的可靠技术支持。多层螺旋 CT 能够显示较小血管的栓子,还可检查出心、肺其它疾病,适合肺栓塞的鉴别诊断。作为肺栓塞诊断金标准的导管法肺动脉造影因属有创伤性检查,又因检测外周血管栓子的准确性较低,目

前已被多层螺旋 CT 所取代。

2.3 CT 灌注成像

20 世纪 90 年代首次提出 CT 灌注成像的概念，在周围静脉内快速注入含碘对比剂的同时，利用螺旋 CT 对选定的兴趣层进行连续的动态快速扫描和信号采集，追踪和分析对比剂首次通过受检组织过程中每个像素的密度变化，所得数据进行灌注成像软件处理，以获得每一个像素的时间密度曲线。利用时间密度曲线计算出反应组织血流灌注情况的各项参数，组成新的数字矩阵，再通过数/模转换和伪彩色处理，获得直观、清楚的彩色图像，以此评价组织器官的灌注状态。新一代多层螺旋 CT 扫描速度更快、层厚更薄、覆盖范围更大，图像质量有了很大提高，使 CT 灌注成像，这一 CT 功能学成像得到新的发展。CT 灌注成像最早最多的应用是评价脑缺血的状况，常规 MRI 检查要到症状出现 2-6 小时才能显示病灶，CT 灌注最早可在出现症状 30 分钟显示病灶，因此在早期脑梗死的诊断上具有重要意义。单器官 CT 灌注成像在甲状腺、胰腺、肾脏、前列腺等器官上的应用已获得了令人瞩目的临床成绩。

2.4 血管成像

多层螺旋 CT 扫描覆盖范围宽，能显示颅内到颈部、心脏主动脉弓到下肢大范围血管走行，可了解有无血管畸形、狭窄、侧支循环等，甚至可以判断肿瘤或炎变对血管的侵蚀、推移等多种改变，对手术与治疗帮助将不可估量。血管造影智能跟踪技术，能使注入血管中的造影剂在达到目的脏器（如脑、肾脏、肝脏）区域后与预先设定的阈值相等时启动扫描，从而获得最佳动脉期、静脉期、与平衡期图像。能对动脉瘤、动静脉畸形、脑血管狭窄等多种脑血管患者进行多层螺旋 CT 血管造影检查，并应用后处理工作站进行脑血管三维重建，以立体图像显示出病变解剖关系，可获得准确清晰图像。CT 血管造影三维重建可全方位显示脑血管，具有微创、安全、可靠、费用低廉等特点，适合于手术计划制定、术前定位及随访，对脑血管疾病手术有重要指导意义。

2.5 急诊抢救

急诊外伤病人，需要及时准确诊断，才能正确及时进行抢救，时间就是生命，分秒必争。最新 64 层螺旋 CT 全身高分辨率各向同性采集只要 10 秒钟，真正实现全身大范围的扫描，可迅速查出内脏受损伤的情况，以便及时进行抢救，是外伤急诊 CT 临床应用的巨大突破。

多层螺旋 CT 出现以来发展非常迅速，层数越来越多，扫描覆盖范围越来越大，层厚越来越薄，技术更新时间越来越短。多层螺旋 CT 将来会沿着平板 CT 方向发展（用平板材料作为探测器的锥形束 CT），其平板 CT 最大难题是要解决 X 线纵轴覆盖长度的技术问题，由于 X 线扇形束角度越大，X 线入射角偏离垂直线越远，将导致扫描后的解剖断层图像与实际解剖断层图像明显失真，这一难题还正在解决过程中。更大覆盖范围的 CT 以及多元 CT 也都在研制之中。

参考文献：

- [1] 蒋瑾. 创新和发展中的多层螺旋 CT 与影像学新思维[J]. 中国医院采购指南, 2005, 上
- [2] 周诚. 近十年来 CT 技术的发展[J]. 中国医院采购指南, 2005, 上
- [3] 徐家兴. 浅谈 CT 的发展历史和目前新进展 [J]. Journal of Computed Tomography, Volume 6 No. 1, 2005.

作者简介：童双立，男，煤炭总医院影像科主任技师，CT 理论与应用研究杂志副主编，从事 CT 及 MRI 等大型医疗设备维修、应用、开发多年曾发表有关论文多篇。