

多焦点旋转阳极 CT 球管的设计

郝天然, 唐素玲

【摘要】 目的:设计一种新型多焦点旋转阳极 CT 球管。**方法:**根据旋转阳极 X 线球管理论, Z 轴方向上设计多个焦点, 并要求多个焦点在同步工作时发射 X 线束的中心线相互平行, 且每束 X 线的质和量可以完全相等、X 线束的个数可以调节。**结果:**多焦点旋转阳极 CT 球管由高度真空的管壳内的阴极及与之对应的可高速旋转的阳极组成; 阴极有 n 组灯丝沿 Z 轴方向等距离或非等距离排列, 每组灯丝包括 1 个、2 个或多个灯丝, 灯丝一端接阴极、另一端分别引线出球管, 以供选择控制哪一组灯丝的哪一个灯丝工作, 各组灯丝及集射槽参数相同; 阳极圆柱体状的靶体上有与 n 组灯丝相对应的 n 个焦点面环绕靶体一周, 阳极两端各有一转子, 阳极旋转轴方向与灯丝排列方向平行。**结论:**多焦点旋转阳极 CT 球管可以同时发射在 Z 轴方向上发射多束中心线相互平行的等质、等量的 X 线, 且发射 X 线的千伏值、毫安值及 X 线束的个数可以调节, 与多排探测器技术或平板探测器技术结合即可成为一种新型的快速多层或容积 CT 扫描。

【关键词】 放射摄影术; CT 球管; 体层摄影术, X 线计算机

【中图分类号】 R445; R814.3; R814.42 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2004)12-0908-03

Multifocus rotating anode CT X-ray tube and the CT techniques in the future HAO Tian-ran, TANG Su-ling, Department of Radiology, Qingfeng People's Hospital, Henan 457300, P. R. China

【Abstract】 Objective: To design a novel multifocus rotating anode CT X-ray tube. **Methods:** According to the principle of the X-ray tube, a novel multifocus rotating anode CT X-ray tube with the requirements was designed, that it could emit multiple parallel X-ray beams simultaneously and the quality and quantity of each X-ray beam could be freely regulated. **Results:** The novel multifocus rotating anode CT X-ray tube consisted of a cathode and the corresponding rotating anode in a highly vacuum tube. The cathode consisted of several arrays of fixed filaments arranged in same direction, the rotating anode was composed of multiple targeting surfaces corresponding to the cathode. **Conclusion:** The novel multifocus rotating anode CT X-ray tube can emit multiple parallel X-ray beams which can be easily adjusted. Employed with it and multi-detector technique, a new fast multi-planar and volumetric scanning CT is feasible.

【Key words】 Radiography; CT X-ray tube; Tomography, X-ray computed

多焦点旋转阳极 CT 球管 (multifocus rotating anode CT X-ray tube) 是为新型的快速多层或容积扫描 CT 设计的一种可同时在 Z 轴方向上发射多束中心线相互平行的 X 线新型 CT 球管。旋转阳极 CT 球管是 CT 机的核心部件, 其技术性能直接推动或制约着 CT 技术的发展。虽然 CT 发展经历了普通步进式扫描 CT、螺旋 CT、双螺旋 CT、多层螺旋 CT, 标志着采集信息的探测器技术的成熟及扫描技术的飞速发展, 但是由于目前的 CT 球管只有一个工作焦点面, 只能同时发射一个有用的 X 线束, 所以目前的 CT 只能停留在单束射线扫描的阶段, 且由于锥形束伪影, 在研制快速多层或容积扫描 CT 时遇到了障碍。电子束 CT (electric beam CT, EBCT) 采用了电子枪与多个靶环组成复杂的 X 线发射系统, 几个靶环是一个一个的交换工作而非同时工作, 虽然速度快但不能在 Z 轴方向

上同时发射多个中心线相互平行的扇形 X 线束, 并且其结构复杂、造价昂贵, 不能应用到一般的 CT 技术中去。总之, 目前的 CT 球管、EBCT 的 X 线发射系统均不是理想的快速多层或容积扫描 CT 的 X 线源。而多焦点旋转阳极 CT 球管可同时在 Z 轴方向上发射多束中心线相互平行的 X 线, 这种新型 CT 球管与多排探测器技术或平板探测器技术结合即可成为一种新型的快速多层或容积扫描 CT。

设计思想

目前 CT 扫描及图像处理技术表明, 理想的新型快速多层或容积扫描 CT 是亚秒内扫描一周, Z 轴方向上同步覆盖 10 cm 甚至更长范围, 且各层面扫描及采集图像信息是同步的, 即同一时间或同一时刻而没有时间差, 而不是目前的螺旋 CT 从一端向另一端扫描存在前后时间差的扫描方式; 且可以任意动态重复扫描, 更好满足心、脑、肾等重要组织器官及肿瘤的灌注与功能成像的诊断要求。自多层螺旋 CT 问世以来, 科研人员主要探讨增加 Z 轴方向探测器排数或使

作者单位: 457300 河南, 清丰县人民医院放射科

作者简介: 郝天然 (1963—), 男, 河南濮阳人, 主治医师, 主要从事 CT 技术与诊断工作。

本研究的“多焦点旋转阳极 CT 球管”获中华人民共和国实用新型专利 (ZL 00 2 54947. 6)

用平板探测器、影像增强器研制新型的多层或容积扫描 CT,以期在目前 CT 球管单焦点工作的情况下,在 1 次扫描时尽可能多的拓展 Z 轴方向上采集图像信息的范围。但在多层螺旋 CT 增加 Z 轴方向探测器数目时遇到了复杂的重建技术及其产生的重建伪影、锥形束射线的锥形束伪影等技术难题^[1,2]。由于从焦点发出一个锥形 X 线束直线传播,偏离中心线的 X 线将与中心线/横断面存在一定倾斜角,倾斜的穿过人体到达探测器;偏离中心线越远的层面, X 线的倾斜角越大,这样偏离中心线的层面扫描时得到的即是一个与理想的横断面成一定夹角的倾斜断面的信息,重建出的该层面的图像并不能真实反映该层面的图像信息,偏离中心线越远的层面,锥形束伪影越严重、图像失真越大;另外,还存在着 Z 轴方向上各层面间 X 线分布的不均匀性,这或许是目前单焦点旋转阳极 CT 球管条件下研制 Z 轴方向大范围、广覆盖多层或容积扫描 CT 的最大技术障碍。目前 CT 球管单个锥形束 X 射线的特点限制了多层螺旋 CT 的发展,其暴露出的缺点提示我们应努力开发新型的 X 线系统,以推动多层或容积扫描 CT 技术的发展。

EBCT 采用了电子枪与多个靶环组成的复杂 X 线发射系统,几个靶环是交替工作而非同时工作,虽然速度快但不能在 Z 轴方向上同时发射多个中心线相互平行的扇形 X 线束,显然也不能作为研制新型快速多层或容积扫描 CT 的 X 线源。目前成熟的多排探测器技术或平板探测器技术表明,研制一种新型的快速多层或容积扫描 CT,其 X 线发射系统在 Z 轴方向上应能同步发射多个中心线相互平行的等质、等量的扇形 X 线束,在 Z 轴方向上同步覆盖 10 cm 甚至更长范围,并具备下列条件:①结构及制造工艺简单、造价低廉,与现有 CT 球管具有相同技术特征;②发射 X 线的管电压、毫安值及 X 线束的个数可以调节;③ X 线的毫安值应足够大,即具有较大热容量;④坚固耐用,更适合快速扫描。多焦点旋转阳极 CT 球管即是根据 X 线球管理论及以上这些要求设计的一种新型 CT 球管。

多焦点旋转阳极 CT 球管结构及特点

多焦点旋转阳极 CT 球管由高度真空的管壳内的阴极及与之对应的可高速旋转的阳极构成:阴极有 n 组灯丝(n 为自然数)沿 Z 轴方向等距离或非等距离排列,每组灯丝包括 1 个、2 个或多个灯丝,灯丝一端接阴极,另一端引线出球管,以供将来选择控制各组灯丝工作情况及该灯丝至焦点的毫安值大小,各组灯丝及

集射槽参数相同。阳极呈圆柱形,靶体上有与 n 组灯丝相对应的 n 个焦点面,阳极两端各有一转子 A、B 通过轴承固定于管壳,其旋转轴方向与灯丝排列方向平行,为减轻靶体重量,在非焦点面区域开凿“V”形沟槽环绕靶体一周,焦点面倾角为 α (图 1、2)。由于沿 Z 轴方向排列的 n 组灯丝与阳极各焦点面相对应,各组灯丝参数相同且处在灯丝电压相等的同一工作环境中,每束 X 线的管电压相等,多个焦点可同时向窗口方向发射中心线相互平行的多个等质、等量的锥形 X 线束,且发射 X 线束的个数可以调节。

多焦点旋转阳极 CT 球管,每个焦点面均环绕靶体一周,工作时热量均匀散开,且由于多个焦点同时工作,相应缩短了单个焦点的工作时间;无论同层动态扫描还是 Z 轴方向上长距离、大范围步进/螺旋式扫描,每个焦点均可以间歇工作,即使采用连续工作的扫描方式,每个焦点的工作时间较目前螺旋 CT 上 CT 球管单个焦点的工作时间减少 80% 以上;同时由于阳极靶体体积增大及散热面积增大,其热容量相应明显增大,从而可以延长球管寿命;由于阳极两端固定于管壳,CT 球管将更坚固、更适于快速扫描。

讨 论

多焦点旋转阳极 CT 球管可以从 Z 轴方向上的多

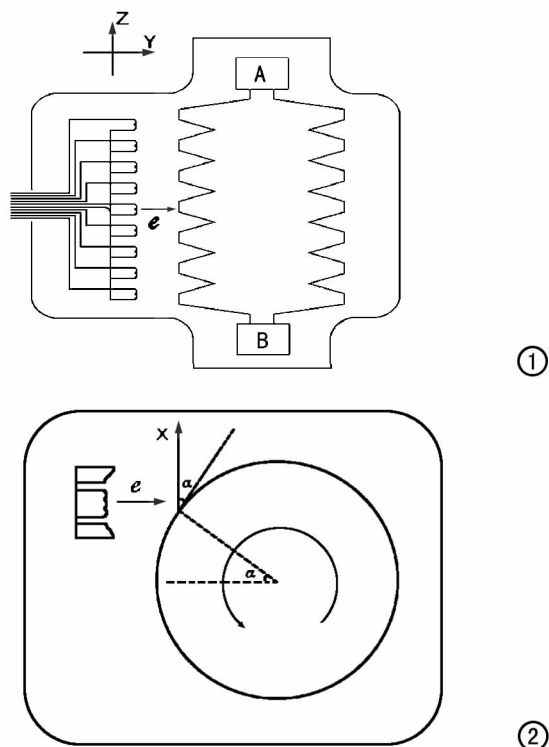


图 1 多焦点旋转阳极 CT 球管窗口方向观示意图。

图 2 多焦点旋转阳极 CT 球管 Z 轴方向观示意图。

个焦点向窗口方向发射多个中心线相互平行的等质、等量的锥形 X 线束,与多排探测器或平板探测器结合即构成一种快速多层或容积扫描 CT。扫描时使用每束 X 线在 Z 轴方向上厚 1~2 cm 的扇形束部分,并使其与对应的层厚均为 0.5~1.0 mm 共 20~40 排的一组探测器或 Z 轴方向上更薄层厚的一组平板探测器组成快速多层或容积扫描 CT 的其中一组扫描采集系统,一共有 n 组组成其信息扫描采集系统。这种新型快速 CT 由于使用的是其扇形 X 线束将有效降低锥形束伪影;若采用经典的球管-床-探测器相对静止的层面扫描层面采集技术及步进式进床方式,每一层将是一个独立的单元,此后可根据诊断上的不同层厚需要直接将相邻层面叠加重建成各种所需层厚的图像,这样将简化各种算法并彻底消除多层螺旋 CT 上的重建伪影;若采用部分焦点工作的螺旋扫描将获得多时相的容积扫描信息;由于这种 CT 球管更坚固、更适于快速扫描,亚秒内将完成一周扫描,CT 的时间分辨率将更高。

本研究设计的多焦点旋转阳极 CT 球管与多排探测器技术或平板探测器技术结合将构成一种新型的快速多层或容积扫描 CT,亚秒内扫描一周将同步完成

长达 10 cm 甚至更长范围的、覆盖一个或多个脏器器官的多层或容积扫描,这种 CT 在 10 cm 范围内将同步采集、重建 100~200 层层厚均为 0.5~1.0 mm 甚至更薄、层数更多的图像,同时可供诊断需要重建各种层厚的、3D、4D 的各种图像。这种新型 CT 的突出优点表现在各层或各单位容积的同步性、大范围广覆盖及快速动态的多时相性,将消除运动产生的伪影,且将出现 CT 血管造影、多脏器器官的多时相动态容积灌注成像、肿瘤血管灌注成像、心脏多时相容积扫描 CT、CT 容积电影、甚至器官功能成像等新的 CT 技术,并代替现在的一层或多层 CT 灌注^[3]、螺旋 CT 容积扫描等技术。总之,多焦点旋转阳极 CT 球管将推动 CT 技术的发展、拓展未来 CT 的应用领域。

参考文献:

- [1] 祁吉. 医学影像学的进展及对临床医学的影响(上)[J]. 现代医学成像, 2003, 1(3): 53-56.
- [2] 祁吉, 戴建平, 徐家兴. RSNA 2000 北美放射学会(大型影像学设备的进展)[J]. GE 医疗, 2001, 7(1): 5-8.
- [3] 刘翔, 戴建平. CT 灌注成像在颅脑的临床应用研究[J]. 中华放射学杂志, 1999, 33(7): 439-440.

(收稿日期: 2004-02-26)

· 外刊摘要 ·

胎儿颜面部及颈部的 MR 成像: 正常与异常病例

目的: 评价用 MR 评估正常与异常胎儿脸部及颈部的可行性。**方法:** 从 CNS 诊断为正常的胎儿中挑选代表妊娠不同时期的胎儿, 其颜面部成像表现用来评价足可辩认的胎儿眼眶、鼻咽、上颌突、下颌骨、嘴唇、舌、口咽和颈项区。回顾超声(US)怀疑为脸部和颈部异常的胎儿 MR 表现。**结果:** 回顾性分析 50 例胎儿 MR 检查结果, 正常组中 41 例有充分的 3 平面颜面和颈部成像。胎龄从 17~41 周。所有胎儿眼眶、鼻咽、上颌突、下颌骨、嘴唇、舌、口咽和颈项区均能误辨, 其与胎龄之间并无显著相关性。回顾 22 例超声诊断为颜面部和颈部异常的胎儿 MR 表现, 5 例 MR 诊断为正常, 9 例诊断为隔离脸和颈, 其中包括 2 例畸胎瘤, 1 例唇裂, 1 例唇/鄂裂, 1 例小颌畸形, 1 例项背部肥厚, 1 例颈后部水囊瘤, 1 例淋巴管瘤, 1 例诊断为颈前部水囊瘤为第二腮裂囊肿。其余 8 例均有复合型畸形, 包括 3 例前脑无裂畸形, 2 例脑积水伴唇裂, 1 例唇裂和小颌畸形伴小脑发

育不全, 1 例唇裂并有 EEC 和 1 例项背部增厚并有 CDH。MR 多平面成像助于进一步的图像获取, 并在 5 例包括畸胎瘤, 淋巴瘤和颈前部水囊瘤的诊断中通过确定病灶范围而获取 US 所没有的额外信息。胎儿颈背部增厚(3 例)和小颌畸形(2 例)最好的观察平面是矢状面, 但这并不比 US 能获得有更多的信息。在 9 例唇裂的胎儿中, 在轴位像上观察到病变同时累及上鄂, 这是因上颌突的牙槽脊发育畸形所致。**结论:** 胎儿部颜面及颈部在妊娠 17 周至 41 周可以用 MR 来进行观察评价; 胎龄并不影响其可观察性。唇/鄂裂能在轴位成像上得到最好的观察, 而矢状位对于颈部和下颌骨的观察更好。多平面 MR 成像评价胎儿颈部大肿块能提供病灶的起始范围。

华中科技大学同济医学院附属同济医院 郭蕾译 陈绍红校

2004 年 RSNA 论文摘选(代码: SSM08-02)