

Detection and Evaluation of Spatial Resolution of Four Different Branded CT Products

论著

四种品牌CT机空间分辨率的检测与评价

韩倩*

中国医科大学附属第一医院资产管理部
(辽宁 沈阳 110001)

【摘要】目的 通过扫描头部体模，测量四种品牌CT机的空间分辨率值，并比较不同CT机之间空间分辨率值的差异，为临床应用提出合理化建议。**方法** 分别用四种品牌CT机对头部体模进行扫描，采用两组不同的扫描计量(常规剂量和100mAs)，并分别采用两种不同重建算法(迭代和FBP)对图像进行重建，将常用的10%MTF值作为空间分辨率的评价指标。**结果** 通过对四组重建图像的MTF值进行比较，可以看出通用电气(GE)，机型Discovery HD-750(宝石CT)的空间分辨率明显优于其它三种CT。**结论** 要想追求高的空间分辨率，在临床进行头部轴位扫描时，建议优先选择GE的宝石CT机进行扫描。

【关键词】 计算机断层扫描成像设备；质量检测；Catphan500体模；空间分辨率

【中图分类号】 R318.6

【文献标识码】 A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.07.012

HAN Qian*.

Asset Management Department, the First Affiliated Hospital of China Medical University, Shenyang 110001, Liaoning Province, China

ABSTRACT

Objective Through scanning head phantom, the spatial resolutions of four different branded CT products were detected, and the differences among the four CT products' spatial resolutions were compared, in order to raise some reasonable suggestions for clinical application. **Methods** Four different brands of CT machines were used to scan the head phantom, using two different scanning doses (conventional dose and 100mAs), and two different reconstruction algorithms (iterative and FBP) were used to reconstruct the image. The commonly used 10% MTF value was used as the evaluation index for spatial resolution. **Results** By comparing the MTF values of four images, it can be seen that the spatial resolution of General Electric (GE), Discovery HD-750 (gemstone CT) CT is significantly better than the other three CT products. **Conclusion** In order to achieve a high spatial resolution, it is recommended to select GE gemstone CT machine as the first choice in clinical head axial scanning.

Keywords: Computed Tomography Imaging Equipment; Quality Detection; Catphan500 CT Phantom; Spatial Resolution

近年来，我国对医疗设备的质量控制高度重视。CT作为临床常用的影像设备，现已普遍应用于各级医院的医学诊断，对疾病的诊断发挥着越来越重要的作用^[1]。CT设备检测参数有很多，其中空间分辨率是评价CT设备图像质量的一个核心指标，它对准确获取诊断信息和诊断疾病息息相关。

近几年，随着CT探测器结构的改进以及重建算法等技术的不断发展和突破，使得后64排CT性能得到很大改善。本研究选取高端CT中比较具有代表性的飞利浦256iCT、东芝640CT、西门子双源CT以及通用电气的HD-750宝石CT^[2-3]。

目前，国内外相关领域对于CT图像质量控制的研究大多集中在腹部，心脏等临床常见扫描部位，且对于多种品牌CT之间图像性能的比较也几乎为空白。本研究填补了头部扫描方面的多种品牌CT之间图像性能比较的空白。分析这些常用CT设备的成像性能对临床诊断和设备的采购都具有非常重要的现实指导意义。同时，随着我国在大型医疗设备制造领域的飞速发展，越来越多国内厂商已经相继推出自主研发的CT机产品，但是目前仍缺乏相关研究来明确国产与进口CT设备各方面的差异，从而为国产CT设备的未来进一步发展提供科学的依据^[7]。本研究通过在不同扫描计量和不同重建算法条件下，对头部体模进行头部轴位扫描，采用MTF法对各组之间的空间分辨率进行研究，从而评价不同品牌CT设备空间分辨率的表现，讨论并分析不同空间分辨率产生的原因。

1 资料与方法

1.1 检测体模 本研究采用美国模体实验室的Catphan500 CT头部模体(Phantom Laboratory, Cambridge, NY)作为模拟的头颅扫描样本。此模体是一款专门用于质量检测的头部模体，模体由四个检测模块构成，分别为：CTP401、CTP528、CTP515和CTP486。其中，CTP528模块是专门用来测量空间分辨率的，此模块直径15cm，厚度4cm，断面组件含有从1LP/cm到21LP/cm线对高分辨力的检测卡和脉冲式珠状源。本研究的数据测量就在此模块上进行。

1.2 测量方法选取 CT空间分辨率，是指在高对比度，即密度分辨率大于10%的条件下，能分辨图像中细小结构的能力，又称为高对比度分辨率。通常，图像的空间分辨率越高就代表图像显示越清晰，越容易看清微小体积病灶和结构，也更有利于临床医生获取更准确的诊断信息^[4]。

目前CT的空间分辨率常用的检测方法分为主观和客观两种评价方法^[4]。空间分辨率可采用主观的方法进行评价，即成像系统是如何描绘不同尺寸的物理线对。该方法中，由CT对一个质量检测模体进行成像，如本研究采用的模体中的CTP 528模块，见图1。该模块包含各种不同尺寸的线对；线对则由等间隙隔开的具有特定宽度的高对比度条纹构成。空间分辨率就是依据图像分辨同组线对的尺寸以及距离。例如，线宽为0.5mm，间隙为0.5mm的栅格每厘米包含10个这样的线对(条纹/间隙)。如此栅格能看清楚，则系统的最大可视分辨率就为10 lp/cm。随着间隙和条纹尺寸的减小，条纹间的对比度会逐渐降低，直至无法区分。虽然这种直观的方法已被广泛接受，但还有一种更为科学的方法——调制传递函数(MTF)法，可用于描述空间分辨率。MTF可表示为条纹间对比度随条纹图频率增大而衰减的关系。在数学上，MTF也可定义为系统点扩散函数(PSF)的傅立叶转换。此函数代表了CT对各种不同频率的细微细节的成像能力。

一个CT系统能够达到的空间分辨率通常是根据MTF的10%来确定的(IEC, 2004)，即对比度下降到最大值的10%时的线对数。其值越高，MTF曲线越宽，代表CT对于细微细节的成像能力越好，空间分辨率也越好，反之则不好^[5-6]。Catphan500 CT模体空间分辨率测试平面示例图如下图1。

虽然主观评价方法用来测量空间分辨率快捷、简单、直观，但是此方法是在监视器上用肉眼观察图像，容易被受测试者的主观人为因素所影响，尤其是当多个测试者

【第一作者】韩倩，女，工程师，主要研究方向：医疗设备图像评价与处理。E-mail: 15040214641@139.com

【通讯作者】韩倩

意见不统一时, MTF测量法更显其客观性。因此, 本研究采用10%MTF值来评价图像的空间分辨率, 可以更加客观全面的反映设备的性能。

1.3 扫描仪器及方案 扫描所用CT机: (1)品牌: 飞利浦(Philips), 机型: Brilliance 256iCT, 内置iDose迭代重建算法; (2)品牌: 东芝(Toshiba), 机型: Aquilion One 640CT, 内置AIDR 3D迭代重建算法; (3)品牌: 西门子(SIMENS), 机型: SOMATOM Definition Flash, 即双源CT, 内置IRIS迭代重建算法; (4)品牌: 通用电气(GE), 机型: Discovery HD-750, 即宝石CT, 内置ASIR迭代重建算法。

扫描方案: (1)临床常规扫描参数为: GE宝石CT(扫描剂量220mAs/层, 旋转时间1s), 西门子双源CT(扫描剂量360mAs/层, 旋转时间2s), 飞利浦256iCT(扫描剂量350mAs/层, 旋转时间1s), 东芝640CT(扫描剂量400mAs/层, 旋转时间1s); (2)低剂量扫描参数为: GE宝石CT(扫描剂量100mAs/层, 旋转时间1s), 西门子双源CT(扫描剂量100mAs/层, 旋转时间2s), 飞利浦256iCT(扫描剂量100mAs/层, 旋转时间1s), 东芝640CT(扫描剂量100mAs/层, 旋转时间1s); (3)所有扫描图像的其余参数均保持一致: 头部轴位扫描, 双定位图, 层厚5mm, 层间距5mm, 层数25层, 管电压120kV, 头部脑实质窗, FOV=250mm, 扫描长度125mm, 采集矩阵和重建矩阵为512×512。

本研究中, 选取每组图形数据中在CTP528模块中珠状点源显示最好的10个层面用CT AutoQA Lite2.4软件测量MTF值, 取10个数值的平均值作为每组图像最终的MTF值。

2 结果

本研究采用10%MTF值来评价图像的空间分辨率, 根据不同扫描剂量和重建算法空间分辨率的比较分为四组: (1)临床常规剂量扫描结合FBP图像重建算法组; (2)临床常规剂量扫描结合内置的迭代图像重建算法组; (3)100mAs低剂量扫描结合FBP图像重建算法组; (4)100mAs低剂量扫描结合内置的迭代图像重建算法组。比较结果如图2。

根据图2可以看出, 在临床常规剂量以及100mAs低剂量扫描方案下不论采用迭代或者FBP重建算法情况下, GE的宝石CT空间分辨率均高于其它三种品牌CT。

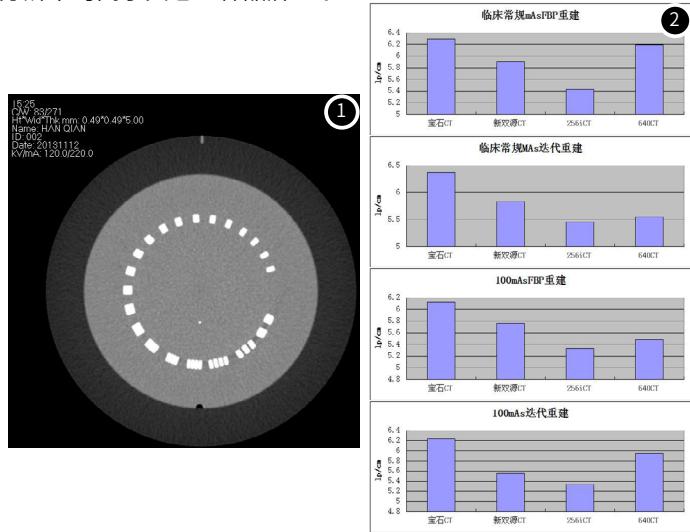


图1 Catphan500 CT模体空间分辨率测试平面图

图2 空间分辨率比较情况

3 讨论

本研究填补了头部成像领域中对于多品牌的CT设备图像质量的空间分辨率的比较性研究。目前, 国内外CT机的品牌和产品种类繁多, 但众所周知, 在此领域产品和图像性能普遍被临床认可的前几位就是东芝、飞利浦、西门子和通用电气这几大品牌。本研究采用了这几个品牌临床应用最经典的CT机型来进行对比研究, 因此能够代表目前临床使用中的各品牌中高端CT机的图像性能水平。本研究采用了较为客观准确的空间分辨率比较法(MTF法)来评价图像性能, 排除了有些研究进行图像主观评分时可能会受个人因素影响的缺陷^[7-9], 因此该结果具有更高的可靠性。

由于本研究同组内的扫描参数基本保持一致, 因此, 影响空

间分辨率的关键性因素就是不同品牌CT机自身的性能和内部构造^[10-11]。本研究结果显示宝石CT的空间分辨率最高, 这可能是因为, 宝石能谱CT独创性的采用人造宝石作为其探测器的材料之一, 在宝石中加入稀土元素, 因此行业内称其为“宝石”CT^[11]。宝石的透气性好、纯度高, 其稳定性比传统的稀土陶瓷探测器和钨酸镉探测器高出20倍。此外, 宝石探测器还能够消除金属硬化伪影, 使管球瞬间高压发射能量, 实现单光子成像与物质的分离, 提高了空间分辨率, 能更清晰的显示细小病灶, 对临床医生做出正确诊断提供了更好的保障^[12-13]。根据各品牌提供的设备性能参数, 其能达到的最高空间分辨率分别为: 宝石CT 0.23mm³, 西门子双源CT 0.40mm³, 飞利浦256iCT 0.625mm³, 东芝640CT 0.50mm³。由此看出, 宝石CT的空间分辨率最高, 这也与本研究的结果相一致。

本研究存在的缺点和局限: (1)本研究只针对头部这一检查部位的图像质量(空间分辨率)进行了比较研究, 缺乏对更多检查部位的图像质量(空间分辨率)的比较并验证; (2)本研究采用统一头部模体作为研究对象, 因此每个CT机只选取了10个层面进行空间分辨率的测量, 导致样本量偏小, 结果可能会受影响。未来需要想办法在符合伦理学的基础上进行临床研究验证, 增加样本量; (3)本研究只进行了空间分辨率的比较, 没有进行其他图像指标的比较, 导致图像指标结果比较单一。

综上, 本研究通过对四大品牌CT机空间分辨率的比较, 肯定了GE的宝石CT在图像空间分辨率方面的优势, 反映了目前常用CT机成像的空间分辨率的发展水平, 有助于临床医生根据具体需要更好的选择合适的CT机。

4 结论

本研究通过使用四种不同品牌CT机对统一的头部模体样本扫描图像进行客观10%MTF值的测量, 进行客观的图像质量(空间分辨率)的评价和比较, 采用两组不同的扫描计量(常规剂量和100mAs), 并分别采用两种不同重建算法(迭代和FBP)对图像进行重建的情况下, 可以看出通用电气(GE), 机型Discovery HD-750(宝石CT)的空间分辨率明显优于其它三种品牌型号的CT。

因此, 临幊上要想追求好的图像质量, 就要选择最适合临幊医生观察需求的CT机。不同品牌和型号的CT机都有自身的优势和特点。本研究说明, 在临床常规扫描剂量或者100mAs低剂量情况下, 不论采用迭代或者非迭代算法, 要想追求高的空间分辨率, 在临幊进行头部轴位扫描时, 建议优先选择GE的宝石CT机进行扫描。未来将针对更大样本量的多品牌CT机成像质量在更多不同检查部位进行比较分析, 以全面反映目前常用CT机的成像水平和优劣势。

参考文献

- [1]陈鹏, 吕鹏远, 宋蜜. 高空间分辨率遥感影像下的违法用地变化检测[J]. 测绘通报, 2018 (04): 108-111.
- [2]常荷, 田赛, 张喜荣. 宝石能谱CT冠状动脉成像的临床应用进展[J]. 医学综述, 2019, 25 (16): 3269-3273.
- [3]胡伟, 宁旭刚. 双能CT成像技术检测尿酸盐结晶对痛风诊断的临床价值研究[J]. 世界最新医学信息文摘, 2019, 19 (68): 191-191.
- [4]张国平. CT图像空间分辨率及其检测方法[J]. 智慧健康, 2019, 5 (28): 5-7.
- [5]Khobragade P, Rupchik Franco, et al. CT automated exposure control using a generalized detectability index[J]. Med Phys, 2019, 46 (1): 140-151.
- [6]刘菁. CT图像质量主要参数的检测[J]. 医疗装备, 2017, 30 (7): 25-26.
- [7]秦乐, 师小凤, 王思敏等. 国产与进口磁共振设备在前交叉韧带成像中的图像质量比较[J]. 中国医疗设备, 2019, 34 (10): 1-5.
- [8]AAPM. Specification and acceptance testing of computed tomography scanners[R]. Report, NO. 39, 1993.
- [9]Boone JM. Determination of the presampled MTF in computed tomography[J]. Med Phys, 2001, 28 (3): 356-360.
- [10]Johann-Martin Hempel, Malte Niklas Bongers, Katharina Braun, et al. Noise reduction and image quality in ultra-high resolution computed tomography of the temporal bone using advanced modeled iterative reconstruction[J]. Acta radiologica, 2019, 60 (9): 1135-1143.
- [11]Park C, Choo Ks, Kim JH, et al. Image quality and radiation dose in CT venography using model-based iterative reconstruction at 80 kVp versus adaptive statistical iterative reconstruction-V at 70 kVp[J]. Korean J Radiol, 2019, 20 (7): 1167-1175.
- [12]王国蓉, 王志伟, 王怡宁, 等. 能谱探测器CT在上腔静脉CT成像中的应用[J]. 中国医学科学院学报, 2017, 39 (06): 806-811.
- [13]Chen LL, Xue YJ, Duan Q, et al. Comparison of gemstone spectral curve and CT value of gastric cancer with different pathological types and differentiation degrees[J]. Zhonghua Zhong Liu Za Zhi, 2019, 41 (5): 363-367.