

# 四种品牌CT设备成像 质量的研究

韩倩1,\* 侯阳2

 中国医科大学附属第一医院资产管理部 (辽宁 沈阳 110001)

2.中国医科大学附属盛京医院放射科 (辽宁沈阳110001)

【摘要】目的 该文研究了四种品牌CT设备在采用 不同剂量进行扫描且采用两种不同种类重建算法的 情况下,四台CT机产生的图像质量的差异,并分析 不同品牌厂家的CT设备和重建算法对成像质量产 生的影响。方法本研究使用Catphan500模体作为 扫描对象。管电压在120kV的条件下,分别使用临 床常规mAs和100mAs的扫描剂量下,选择四种品 牌高端CT设备对Catphan500模体进行头部的轴位 扫描。结果图像质量对比结果:传统FBP重建、常 规扫描剂量下,成像质量排序:256iCT>宝石CT、 640CT; 迭代重建、常规扫描剂量下, 成像质量排 序:新双源Force CT>宝石CT、640CT;传统FBP重 建、低剂量下,成像质量排序:新双源Force CT> 宝石CT;迭代重建、低剂量下,成像质量排序:宝 石CT<其它三台CT。迭代算法的影响分析:在低剂 量条件下,采用迭代算法与使用传统FBP算法重建 相比,这四台CT设备的图像质量有显著性的提高; 在常规剂量条件下,采用迭代算法与使用传统FBP 算法重建相比,除256iCT以外,其它三台CT图像 质量有显著性的提高。结论在常规剂量的条件下, 本研究建议选择西门子新双源Force CT、飞利浦 Brilliance-256iCT;在低剂量(100mAs)条件下,本 研究建议选择飞利浦256iCT、西门子新双源Force CT和东芝640CT;为了获得最佳的成像质量,建议 选择迭代算法进行图像重建。

【关键词】图像质量;迭代重建;计算机断层摄影术;多层螺旋CT
【中图分类号】R445.3;R318.6
【文献标识码】A
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.01.055

# The Study of Image Quality Among Four Different Branded CT Products

HAN Qian<sup>1,\*</sup>, HOU Yang<sup>2</sup>.

1. Department of Asset Management, The First Affiliated Hospital of China Medical University, Shenyang 110001, Liaoning Province, China

2. Department of Radiology, Shengjing Hospital of China Medical University, Shenyang 110001, Liaoning Province, China.

ABSTRACT

Objective This paper studies the difference of image quality produced by four brands of CT equipment when four brands of CT equipment use different doses for scanning and two different kinds of reconstruction algorithms, and analyzes the impact of CT equipment and reconstruction algorithms from different brands of manufacturers on image quality. Methods Under the condition of 120kV tube voltage, four brands of high-end CT equipment were selected to perform axial scanning of the head of the Catphan500 phantom with the scanning dose of clinical conventional mAs and 100mAs respectively. Results Results of image quality comparison: Under the traditional FBP reconstruction and conventional scanning dose, the imaging quality order is 256iCT>gem CT, 640CT; Under iterative reconstruction and conventional scanning dose, the imaging quality is ranked as follows: new dual source Force CT>gem CT, 640CT; under traditional FBP reconstruction and low dose, the imaging quality is ranked as follows: new dual source Force CT>gem CT; Under iterative reconstruction and low dose, the imaging quality is ranked as follows: gem CT<other three CT's. Analysis of the impact of iterative algorithm: Under low dose conditions, compared with traditional FBP algorithm, the image quality of these four CT devices has been significantly improved: Under the condition of conventional dose, compared with the traditional FBP algorithm, the iterative algorithm has significantly improved the image quality of the other three CT except 256i CT. Conclusion Under the condition of conventional dose, this study suggests that Siemens new dual source Force CT and Philips Brilliance-256iCT should be selected; Under the condition of low dose (100mAs), Philips 256iCT, Siemens new dual source Force CT and Toshiba 640CT are recommended for this study; In order to obtain the best imaging quality, it is recommended to select iterative algorithm for image reconstruction.

Keywords: Image Quality; Iterative Reconstruction; Computed Tomography; Multidetector CT

目前我国CT市场正处于稳步增长期,由于诊断新冠肺炎的作用,CT市场需求量 不断增长:2020年,因为疫情,全国新增CT飞跃式突破7000台,涨幅约90%。2021 年虽减少约200台,但新增仍突破7000台。但是,超高端和高端CT仍以进口为主, 本研究选用了四台比较有代表性的高端CT设备作为研究对象,即:飞利浦公司的 256iCT(Brilliance iCT 256)、东芝公司的640CT(Aquilion ONE 320)、西门子公司的新 双源CT(SOMATOM Force)、通用电气公司的宝石CT(Discovery HD-750)。这些品牌高 端CT机,目前在沈阳的几家大型三甲医院的应用已经很成熟,分析这几个品牌CT机的 成像质量对临床使用和新设备的选购有很大的指导价值<sup>[1-4]</sup>。

本研究探讨了四种品牌CT设备在采用不同剂量进行扫描且采用两种不同种类重建算 法的情况下,四台CT机产生的图像质量的差异,并分析了不同品牌厂家的CT设备和重 建算法对成像质量产生的影响。

# 1 资料与方法

**1.1 研究对象**本研究选用专门用于CT机质量检测的Catphan500CT头部模体(phantom laboratory, cambridge, NY)做为研究对象。此模体由:CTP401、CTP528、CTP515、CTP486四个检测模块组成,其中CTP401模块内嵌两组23°的金属斜线(X方向、Y方向)及四个密度不同的小圆柱体,实际扫描图像见下图1,用来测量层厚、对比度标度、CT值线性等性能参数。本研究中数据的测量均在CTP401模块中进行。

**1.2 仪器设备**本研究采用的CT机为:飞利浦公司的Brilliance 256iCT(自带iDose迭 代重建算法)、东芝公司的Aquilion One 640CT(配备AIDR-3D迭代重建算法)、西门 子公司的SOMATOM Force新双源CT(配备ADMIRE迭代重建算法)、通用电气公司的 DiscoveryHD-750宝石CT(配备ASIR迭代重建算法)<sup>[1-4]</sup>。

**1.3 扫描方法** 常规剂量的扫描参数分别为: 飞利浦256iCT: 350mAs/层; 东芝 640CT: 400mAs/层; 西门子新双源Force CT: 360mAs/层; GE宝石CT: 220mAs/ 层。其余扫描参数设为: 头部轴扫,头部脑实质窗,管电压120kV,旋转时间1s,层厚 5mm,层间距5mm,FOV=250mm,扫描长度125mm,采集矩阵512×512,重建矩 阵512×512<sup>11-4]</sup>。其他扫描参数一致,在四种品牌CT机上分别用两种不同管电流值(临 床常规mAs和100mAs)对模体进行扫描,共得到八组图像数据。对每组图像数据分别采 用传统FBP重建算法和机器配备的迭代算法(飞利浦256iCT: iDose算法; 东芝640CT: AIDR-3D算法; 西门子新双源Force CT: ADMIRE算法; GE宝石CT: ASIR算法)进行重

【第一作者】韩 倩,女,助理工程师,主要研究方向: 医疗设备管理与维修,CT图像质量评价。E-mail: 15040214641@139.com

倩

建。迭代等级设为L3,重建层厚5mm,重建间隔5mm,得到16 组重建后的图像数据。

**1.4 评价指标**测量指标:噪声,CTDIvol(CT dose index volume),DLP(dose-length product)<sup>[5]</sup>。

噪声值定义为: CTP401模块中心层面上S1(面积65mm<sup>2</sup>的圆 形区域)的CT值标准差(SD)。Z轴方向上连续10幅图像的噪声值取 均值作为图像背景的噪声。在特氟龙小体中,选择面积为65mm<sup>2</sup> 的感兴趣区域作为S2。CNR=(Mean HU2-Mean HU1)/SD1; 其中 HU2和HU1分别为S2和S1的平均CT值,SD2和SD1分别是S2和 S1的噪声。将DLP值转换成有效辐射剂量ED,算法为:

ED=DLP×0.0023; 其中0.0023为头部剂量转换系数。则图像优良 指数FOM值计算方法为: FOM=CNR2/ED; 为了减小误差,本研究 选择每组图像的Z轴同一位置的中心层面进行指标的测量。

1.5 统计学方法 使用SPSS 19.0统计软件进行分析,所有指标均



图1 CTP401CT模块实际扫描图像

用均值±标准差(x±s)来表示。用K-S正态性检验法(显著性水平 为a=0.05)进行数据正态性检验。方差齐性检验,方差不齐的进行 对数变换使方差齐。先用单因素方差分析法,P<0.05为差异有统 计学意义。然后用Bonferroni检验,以校正后的P<0.0083为差异 有统计学意义。最后采用配对T检验,P<0.05为差异有统计学意 义。统计分组如下:组1:临床常规剂量组采用FBP算法重建;组 2:临床常规剂量组采用自带的迭代算法重建;组3:低剂量组采 用FBP算法重建;组4:低剂量组采用自带的迭代算法重建。

## 2 结 果

所有图像数据均通过正态性检验。4组数据的差异分析结果 见表1。可以看出,每组数据均存在统计学差异。每组数据之 间的配对比较用Bonferroni检验,结果见表2~表5。传统FBP重 建、常规扫描剂量下,可以看出,256iCT、宝石CT的FOM值存 在显著性差异,256iCT和640CT之间的FOM值也存在显著性差 异,即成像质量排序为: 256iCT >宝石CT、640CT,见表2。迭 代重建、常规扫描剂量下,可以看出,新双源CT和宝石CT之间 的FOM值存在显著性差异,新双源CT和640CT之间的FOM值也存 在显著性差异,即成像质量排序为:新双源Force CT>宝石CT、 640CT,见表3。传统FBP重建、低剂量下,可以看出,新双源 CT和宝石CT之间的FOM值存在显著性差异,即成像质量排序 为:新双源Force CT>宝石CT,见表4。迭代重建、低剂量下,可 以看出,宝石CT与256iCT、640CT、新双源CT之间均存在显著 性差异,即成像质量排序为:宝石CT<其它三台CT,见表5。从 表6迭代算法的影响分析可以看出:(1)在低剂量条件下,采用迭 代算法与使用传统FBP算法重建相比,这四台CT设备的图像质量 有显著性的提高;(2)在常规剂量条件下,采用迭代算法与使用传 统FBP算法重建相比,除256iCT以外,其它三台CT图像质量有显 著性的提高。

#### 表1 四组FOM值的单因素方差分析结果

分组	GE宝石CT	SIEMENS 双源CT	Philips256iCT	Toshiba640CT	F值(P值)
1(120kV+临床常规mAs/FBP)	16946.97±3319.97	30046.56+5790.97	36476.78±9266.31	$19247.02 \pm 1646.61$	10.147 (<0.001)
	(13199.9-21288.5)	Q3132.3-37216.6)	(28066.3-49092.8)	(16906.5-20729.8)	
2(120kV+临床-常规mAs/L3)	24821.07±4899.64	59512.15±6021.64	39899.47±11293.06	33586.37±6369.16	15.206 (<0.001)
	(192948-31231.1)	(31725.3-56582.1)	(52736.3-67102.8)	(25476.6-39679.0)	
3(120kV+100mAs/FBP)	19275.88±3327.69	35921.77±3407.26	23184.14±8093.24	22059.24±1669.71	9.612 (<0.002)
	(15492.1-22844.3)	(30843.3-38107.0)	(11862.3-29506.5)	(20089.6-23853.5)	
4(120kV+100mAs/L3)	68069.35±11545.13	58720.63±10121.08	30066.79±5784.76	57717.67±8711.74	12.462 (<0.001)
	(46564.1-67108.9)	(55526.7-83131.6)	(23493.9-36834.3)	(487703-67695.6)	

#### 表2 组1的FOM值两两比较结果XvsY

	GE宝石CT	西门子双源CT	飞利浦 256iCT	东芝 640CT
GE宝石CT	-	-1.240/0.000	-3.968/0.003*	-3.925/0.045
西门子双源CT	3.925/0.045	-	-1.177/0.846	3.588/0.028
飞利浦256iCT	3.968/0.003	1.177/0.846	-	3.661/0.007*
东芝 640CT	1.240/0.000	-3.588/0.128	-3.661/0.007*	-
	Y代表横向, <sup>*</sup> 代	表有统计学差异(P	2<0.0083)	

### 表4 组3的FOM值两两比较结果XvsY

	GE宝石CT	西门子双源CT	飞利浦256iCT	东芝640CT
GE宝石CT	-	-6.990/0.002 <sup>*</sup>	-0.893/1.000	-1.495/1.000
西门子双源CT	6.990/0.002 <sup>*</sup>	-	2.901/0.016	7.307/0.009
飞利浦256iCT	0.893/1.000	-2.901/0.016	-	-0.272/1.000
东芝640CT	1.495/1.000	-7.307/0.009	0.272/1.000	-

注:X代表纵向,Y代表横向,'代表有统计学差异(P<0.0083)。

## 表3 组2的FOM值两两比较结果XvsY

	GE宝石CT	西门子双源CT	飞利浦256iCT	东芝640CT
GE宝石CT	-	-8.937/0.000*	-2.450/0.092	-2.182/0.761
西门子双源CT	8.93/7.000 <sup>*</sup>	-	3.065/0.019	5.916/0.002*
飞利浦256iCT	2.450/0.092	-3.065/0.019	-	0.974/1.000
东芝640CT	2.182/0.761	-5.916/0.002 <sup>*</sup>	-0.974/1.000	-
注:X代表纵向,	Y代表横向, <sup>*</sup> 代	表有统计学差异(P <c< td=""><td>).0083)。</td><td></td></c<>	).0083)。	

表5 组4的FOM值两两比较结果XvsY

	GE宝石CT	西门子双源CT	飞利浦256iCT	东芝640CT
GE宝石CT	-	-5.288/0.007*	-5.886/0.001*	-4.916/0.006*
西门子双源CT	5.288/0.007*	-	-1.431/0.846	-0.150/1.000
飞利浦256iCT	5.886/0.001*	1.431/0.846	-	1.218/1.000
东芝640CT	4.916/0.006*	0.150/1.000	-1.218/1.000	-

注: X代表纵向,Y代表横向,'代表有统计学差异(P<0.0083)。

### 表6 每台机器同一剂量组之间FOM值配对T检验结果: FBPvsIR

分组	GE宝石CT	西门子双源CT	飞利浦256iCT	东芝640CT
120kV/常规mAs	-9.969/0.002*	-13.322/0.001*	-0.427/0.698	-4.932/0.016*
120kV/100mAs -	-8.600/0.003*	-3.849/0.031*	-13.422/0.001	-7.323.005*
注: "代表有统计学	差异(P<0.05)。			

## 3 讨 论

本研究是对于四大进口CT生产厂家的CT机头部成像质量的 基于体模的横向比较性研究。目前,超高端和高端CT仍以进口为 主,即东芝、飞利浦、西门子和通用电气这四大品牌。本研究的 一大优势是涵盖了四大品牌的高端CT机型来进行对比研究,因此 能够代表目前临床使用中最先进的CT机的图像性能水平。

未来的CT显然应该朝着"更高效的检查、更标准的图像、 更高清的图像、更低的辐射、更强大的功能"这几个方向继续精 进。为了达到这些目标,各个品牌所采用的主要技术特点也不尽 相同。从心脏CT发展开始,CT发展也开始"分道扬镳",一种是 西门子研发的双源CT和其他厂家的宽体CT。2008年,GE在北美 放射年会发布具有单源瞬时kVp切换功能的宝石CT,开启CT能谱 成像时代<sup>66</sup>。随后,所有整机厂家也均将赛道转向了能量CT<sup>[7]</sup>。

CT机的成像质量主要受扫描剂量、成像处理方法和设备性 能的影响,因此所有影响扫描剂量的参数都会对图像质量产生影 响,从而干扰研究结果<sup>[8-9]</sup>。为了尽可能的排除其它扫描参数对 研究结果的影响,我们在所有扫描方案中使kV、扫描长度、层 数、层厚、视野、重建间隔等参数保持固定值。然而,由于各个 品牌CT机的内部构造和技术特性不尽相同,它们之间的扫描剂量 值不可避免会存在差异。为了排除辐射剂量对结果的干扰,根据 Ndson RC、Schindera ST、Mukundan Jr S<sup>[10-11]</sup>等学者的研究 方法,本研究采用优良指数FOM(figure of merit)值作为代表图像 质量的指标。

根据本研究结果:在常规剂量条件下,飞利浦的256iCT和西门 子的新双源Force CT图像质量表现更好,产生差异的原因可能是: 两门子新双源Force CT是一款2×96排2×192层的双源CT<sup>[12-14]</sup>, 也就是在机架内整合了2套成像系统。作为业界最顶级的高端CT之 一,它更新了球管、探测器等一系列软硬件,Force采用Edge和 UHR技术的全息光子探测器使相邻探测器之间的电子串扰减少,独 创5档双源双能量成像技术,能实现有效减少噪声,成像更精准; 飞利浦256iCT采用了动态4焦点iMRC管球系统及纳米球面高清探测 器,由于采用了球面平板探测器的设计,在z轴上的每个探测器模 块均与球管光源垂直<sup>[15-17]</sup>,可以实现通过自带的三维滤线器同时过 滤掉X、Y、Z轴的散射线,完全消除探测器增宽带来的散射线、锥 形线束、边缘效应等问题,能大大消除散射线产生的伪影,减少噪 声,提高信噪比。

根据本研究结果:在低剂量扫描下,飞利浦的256iCT、西门 子的新双源Force CT、东芝的640CT的图像质量表现更好。由此 可见,飞利浦256iCT、西门子新双源Force CT和东芝640CT在低 剂量下的成像技术方面比GE宝石CT表现更为出色。

关于重建算法对成像质量的影响。目前,CT机配备的重建算 法主要为: 传统的滤波反投影FBP算法和各个厂家研发的迭代算 法<sup>[18-20]</sup>。在本研究中,在低剂量条件下,采用迭代算法与使用传 统FBP算法重建相比,这四台CT设备的图像质量都有显著性的提 高。因此在低剂量扫描下,采用迭代算法重建比FBP重建能获得 更佳的图像质量<sup>[18]</sup>。这与O. Rapalino<sup>[21]</sup>等人、张宗锐<sup>[22]</sup>等人的 研究结果一致。在本研究中,在常规剂量条件下,采用迭代算法 与使用传统FBP算法重建相比,飞利浦256iCT的图像质量没有统 计学差异。这可能是由于本研究所测量样本量较小所导致。

本研究也存在一些缺点和局限,首先我们只针对头部这一检 查部位的成像质量进行了比较,未来需要对更多检查部位进行不 同品牌图像质量的比较;其次,本实验采用体模做为实验对象, 导致样本量较小,结果可能会跟实际情况有所差异。

综上所述,这四种品牌CT机都有各自成像的长处和短板,不

存在各方面都表现完美的CT。在临床实际工作中,为了获得最佳 质量的CT图像,应根据实际的情况,选择最适合的CT品牌和型 号,并选用适当的扫描剂量和重建算法。对于头部轴位的CT扫 描:在常规剂量的条件下,本研究建议选择西门子新双源Force CT、飞利浦Brilliance-256iCT;在低剂量(100mAs)条件下, 本研究建议选择飞利浦256iCT、西门子新双源Force CT和东芝 640CT;同时为了获得最佳的成像质量,建议选择迭代算法进行 图像重建。但是由于临床检查患者的实际情况比较复杂,还需要 根据实际情况具体分析。

## 4 结 论

在常规剂量的条件下,本研究建议选择西门子新双源Force CT、飞利浦Brilliance-256iCT;在低剂量(100mAs)条件下,本研 究建议选择飞利浦256iCT、西门子新双源Force CT和东芝640CT; 为了获得最佳的成像质量,建议选择迭代算法进行图像重建。

#### 参考文献

- [1] 王子荣,刘飞,张祖峰,等. 320排动态容积CT冠状动脉血管成像中屏气双阈值触发对冠 心病患者间冠状动脉增强差异的研究[J].临床放射学杂志, 2019, 38 (09): 1777-1782.
- [2] 常荷,田骞,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]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.
- [4] 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.
- [5]陶一帆,文明昆,郑杰.CT常规剂量和低剂量扫描对外伤性肋骨骨折影像质量的影响 [J].中国CT和MRI杂志,2019,17(09):140-142.
- [6] 胡扬帆,魏浩,马庄宣,等. 浅谈CT技术的发展及在医学领域的应用[J]. 科技展望, 2017, 27 (22): 193-193.
- [7] 李旭峰. CT成像技术的发展与应用分析 [J]. 世界最新医学信息文摘, 2018, 18 (79): 33-39.
- [8] Johann-Martin HempelMalte 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.
- [9] Park C, Choo K s, Kim J H, et al. Image Quality and Radiation Dose in CT Venography Using Model-Based Iterative Reconstruction at 80kVp versus Adaptive Statistical Iterative Reconstruction-V at 70kVp[J]. Korean J Radiol, 2019, 20 (7): 1167-1175.
- [10] Schindera S T, Ndson R C, Mukundan Jr S, et al. HypervascIular liver tumors: low tube voltage, high tube current multi-detector row CT for enhanced detection-phantom study [J]. Radiology, 2008, 246: 125-132.
- [11]张帆,杨立. 双能量CT Moidal非线性图像融合技术对CT图像质量的影响[J]. 中华放 射学杂志, 2011, 45 (2): 138-141.
- [12] Brodoefel H, Burgstahler C, Tsiflikas I. Dual-source CT: Effect of heart of heart rate, heart rate variability, and calcification technique on image quality and diagnostic accuracy[J]. 2008, (02).
- [13] 杜美美,陈博,严志汉,等. 双源双能CT使用单能量或双能量扫描及不同重建方法在 肝动脉相成像中的优化[J]. 温州医科大学学报, 2017, 47 (08): 576-579.
- [14] COUPAL T M, MALLINSON P I, GERSHONY S L, et al. Getting the most from your dual-energy scanner: recognizing, reducing, and eliminating artifacts [J]. AJR Am JRoentgenol, 2016, 206 (1): 119-128.
- [15] 田川, 张治平, 等. 双能CT临床应用现状 [J]. 医学综述, 2019, 25 (16): 3264-3268.
- [16]Kalisz K, Halliburton S, Abbara S, et al. Update on cardiovascular applications of multienergy CT[J]. Radiographics, 2017, 37 (7): 1955-1974.
- [17] 项里伟. 双能CT的研究现状与发展趋势[J]. 科技广场, 2016, (09): 87-90.
- [18] Prakash P, Kalra M K, Digumarthy S R, et al. Radiation dose reduction with chest computed tomography using adaptive statistical iterative reconstruction technique: initial experience [J]. J Comput Assist Tomogr, 2010, 34 (1): 40-45.
- [19] Chen L L, Xue Y J, 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.
- [20] 胡光玉, 童和平, 叶永灿, 等. 自适应统计迭代重建技术在儿内科患儿胸部CT检查中的应用[J]. 中国CT和MRI杂志, 2020, 18 (11): 59-62.
- [21] O. Rapalino, Shervin Kamalian, Shahmir Kamalian, et al. Cranial CT with Adaptive Statistical Iterative Reconstruction: Improved Image Quality with Concomitant Radiation Dose Reduction [J]. AJNR Am J Neuroradiol, 33: 609-15.
- [22]张宗锐,张永县,赵波,等.在颞骨MSCT检查中应用迭代算法:实验研究[J].中国医学影像技术,2012,28(5):1011-1014.

(收稿日期: 2021-03-15) (校对编辑:姚丽娜)