

DOI:10.16781/j.0258-879x.2021.10.1193

· 短篇论著 ·

自由呼吸条件下不同机型胸部计算机断层扫描参数优化对图像质量的影响

张 叶, 朱 洁, 李佳余, 尹 伟, 王敏杰*

海军军医大学(第二军医大学)长海医院影像医学科, 上海 200433

[摘要] **目的** 探讨在自由呼吸条件下, 2种飞利浦CT机型胸部扫描参数对图像质量的影响。**方法** 前瞻性纳入80例在飞利浦256层CT上进行检查(40例采用常规扫描模式, 40例采用快速扫描模式)及80例在飞利浦16层CT上进行检查(40例采用常规扫描模式, 40例采用快速扫描模式)的患者。256层常规扫描组在深吸气后控制呼吸条件下选择常规螺旋模式, 螺距为0.977; 256层快速扫描组在自由呼吸条件下选择快速螺旋模式, 螺距为1.473; 16层常规扫描组在深吸气后控制呼吸条件下选择常规螺旋模式, 螺距为1; 16层快速扫描组在自由呼吸条件下选择快速螺旋模式, 螺距为1.472。对4组图像质量客观评价指标进行比较, 并由2名资深胸部诊断医师主观评价图像质量并评分, 分析2名医师主观评分的一致性。**结果** 客观评价图像质量结果显示, 密度分辨率比较256层快速扫描组>16层快速扫描组>16层常规扫描组>256层常规扫描组, 空间分辨率比较16层常规扫描组>16层快速扫描组>256层快速扫描组>256层常规扫描组, 背景噪声比较16层常规扫描组>16层快速扫描组>256层常规扫描组>256层快速扫描组。主观评价图像质量结果显示, 2名医师对图像质量评分的一致性较好($Kappa$ 值=0.91)。

结论 256层快速CT扫描能有效改善自由呼吸条件下CT图像的呼吸伪影。

[关键词] 自由呼吸; 胸部; X线计算机断层摄影术; 扫描参数; 图像质量

[中图分类号] R 445.3

[文献标志码] A

[文章编号] 0258-879X(2021)10-1193-05

Effect of parameter optimization of different models of chest computed tomography on image quality under free breathing

ZHANG Ye, ZHU Jie, LI Jia-yu, YIN Wei, WANG Min-jie*

Department of Radiology, Changhai Hospital, Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200433, China

[Abstract] **Objective** To explore the effects of chest scanning parameters of 2 Philips computed tomography (CT) models on image quality under free breathing. **Methods** Eighty patients examined on Philips 256-multislice CT (40 cases using conventional scan mode and 40 cases using fast scan mode) and 80 patients examined on Philips 16-multislice CT (40 cases using conventional scan mode and 40 cases using fast scan mode) were prospectively enrolled. In the 256- and 16-multislice CT conventional scan groups, the conventional spiral mode was selected under the control of breathing after deep inhalation, and the pitch was 0.977 and 1, respectively. In the 256- and 16-multislice CT fast scan groups, the fast spiral mode was selected under free breathing, and the pitch was 1.473 and 1.472, respectively. The objective evaluation indexes of image quality were compared among the 4 groups. The image quality was evaluated and scored by 2 senior chest diagnostic physicians, and the consistency of subjective scores between the 2 physicians was analyzed. **Results** The objective evaluation results of image quality showed density resolution: 256-multislice CT fast scan group>16-multislice CT fast scan group>16-multislice CT conventional scan group>256-multislice CT conventional scan group; spatial resolution: 16-multislice CT conventional scan group>16-multislice CT fast scan group>256-multislice CT fast scan group>256-multislice CT conventional scan group; and background noise: 16-multislice CT conventional scan group>16-multislice CT fast scan group>256-multislice CT conventional scan group>256-multislice CT fast scan group. The subjective evaluation results of image quality showed that the consistency of image quality score between the 2 physicians was good ($Kappa=0.91$). **Conclusion** The 256-multislice CT fast scan can effectively reduce image respiratory artifacts under free breathing.

[收稿日期] 2020-04-08

[接受日期] 2021-03-04

[作者简介] 张 叶, 主管技师. E-mail: 18321721135@163.com

*通信作者(Corresponding author). Tel: 021-31152157, E-mail: cjr.wangminjie@vip.163.com

[Key words] free breathing; chest; X-ray computed tomography; scanning parameters; image quality

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2021, 42(10): 1193-1197]

CT具有及时、便捷和高效等优点,被越来越多地用于胸部疾病的评估与随访。在新型冠状病毒肺炎的诊疗中,CT检查结果已成为临床筛查标准之一。CT尤其高分辨率CT能早期发现肺部异常,特征性的CT表现对临床诊断起着决定性作用,并可较灵敏地评估治疗后病情变化^[1]。CT的优势基础是良好的图像质量,而影响CT图像质量的因素有很多,包括客观扫描参数(管电压、管电流、螺距、准直宽度、转速、大小焦点等)及主观不可控因素(如心脏搏动、肠胃蠕动、屏气不佳等情况)。在胸部CT检查中,屏气不佳导致的呼吸伪影是影响图像质量最主要的原因之一^[2]。调整扫描参数提高扫描时间分辨率是解决呼吸伪影的一种重要方案,提高时间分辨率的方法有提高转速、增加准直宽度及提高螺距。有关采用单源CT对胸部进行自由呼吸条件下扫描的研究较少,本研究在患者自由呼吸状态下,采用高低端2种CT设备对不同扫描条件下获得图像的质量进行对比,评估不同准直宽度结合高螺距对图像质量的影响。

1 资料和方法

1.1 病例资料 前瞻性选择我院2019年10月至12月临床申请单为胸部CT检查的患者160例。分为256层常规扫描组、256层快速扫描组、16层常规扫描组、16层快速扫描组4组,每组40例。纳入标准:年老体弱不能屏气、昏迷患者或检查前不能配合呼吸训练者;排除标准:双手无法上举或因躁动无法配合完成检查者。本研究通过我院伦理委员会审批(KZY201706829),所有受检者均签署知情同意书。

1.2 检查方法 所有检查采用仰卧位、双手上举,头先进体位进行扫描。选择胸部CT扫描序列,扫描范围为胸腔入口至膈顶。256层常规扫描组在深吸气后控制呼吸条件下选择常规螺旋模式,螺距为0.977;256层快速扫描组在自由呼吸条件下选择快速螺旋模式,螺距为1.473;16层常规扫描组在深吸气后控制呼吸条件下选择常规螺旋模式,螺距为1;16层快速扫描组在自由呼吸条件下选择快速螺旋模式,螺距为1.472。扫描条件:管电压120 kV,管电流150 mA。软组织重建条件:层厚5 mm,层间距5 mm,视野350 mm×

350 mm,滤波函数为B(standard),窗宽350 HU,窗位50 HU。肺组织重建条件:层厚1 mm,层间距0.5 mm,视野350 mm×350 mm,256层常规扫描组和256层快速扫描组采用混合迭代算法(iDose4, level 4)进行图像重建,16层常规扫描组和16层快速扫描组采用滤波反投影算法,滤波函数为L(Lung),窗宽1500 HU;窗位-500 HU。在此基础上256层常规扫描组和256层快速扫描组采用256层螺旋CT仪(Philips Brilliance iCT; the Netherlands)进行扫描,256层常规扫描组管电压120 kV,管电流150 mA,转速为每周0.75 s,准直128×0.625 mm,扫描时间为(10.7±0.5) s;256层快速扫描组管电压120 kV,管电流150 mA,转速为每周0.33 s,准直64×0.625 mm,扫描时间为(2.6±0.6) s。16层常规扫描组和16层快速扫描组采用16层螺旋CT仪(Philips Brilliance CT16; the Netherlands)进行扫描,16层常规扫描组管电压120 kV,管电流150 mA,转速为每周0.75 s,准直16×1.5 mm,扫描时间为(11.6±0.4) s;16层快速扫描组管电压120 kV,管电流150 mA,转速为每周0.4 s,准直16×0.75 mm,扫描时间为(6.9±0.7) s。

1.3 图像质量评估 选用体模Catphan 500,在2台机型、4种不同参数扫描条件(256层常规扫描模式、256层快速扫描模式、16层常规扫描模式、16层快速扫描模式)下,测定密度分辨率、空间分辨率及背景噪声(SD值)^[3-4]。根据辐射剂量检测报告,记录4组患者的容积CT剂量指数(volume CT dose index, CTDI_{vol})、剂量长度乘积(dose length product, DLP),并根据公式计算有效剂量(effective dose, ED): $ED=0.014\times DLP$ 。

将扫描获得的原始数据传至Philips ISP工作站进行图像评估,由2名胸部CT阅片经验丰富的主治医师,在不知晓患者采用何种机型和扫描条件的情况下对肺部呼吸伪影及整体图像质量进行评分。采用4分评分法:4分,解剖结构显示清楚,图像清晰,无伪影,完全符合诊断要求;3分,解剖结构显示较清楚,图像较清晰,轻度伪影,符合诊断要求;2分,解剖结构显示较清楚,图像较清晰,伪影较明显,但能用于诊断;1分,解剖结构显示不清,图像模糊,伪影严重,稍影响诊断。2名医

师评分相同时,以该分值作为最后评分;评分不一致时,请第3名主治医师评定,并以之作为最终评分。

1.4 统计学处理 应用SPSS 19.0 软件进行统计学分析。呈正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,计数资料以例数和百分数表示。4组间辐射剂量及图像质量客观评价指标(密度分辨率、空间分辨率、背景噪声)的比较采用单因素方差分析。2名医师对图像主观评分的一致性分析采用Kappa检验。检验水准(α)为0.05。

2 结果

2.1 4组患者一般资料及辐射剂量 4组共160例患者均完成检查,男92例、女68例,年龄为61~78岁,平均年龄为(60.0±9.0)岁。256层常规扫描组男30例、女10例,年龄为61~75岁,平均年龄为(68.5±4.5)岁;256层快速扫描组男23例、女17例,年龄为64~77岁,平均年龄为(67.3±4.6)岁;16层常规扫描组男20例、女20例,年龄为

68~78岁,平均年龄为(72.0±3.2)岁;16层常规快速组男19例、女21例,年龄为67~73岁,平均年龄为(69.0±3.5)岁。256层常规扫描组、256层快速扫描组、16层常规扫描组、16层快速扫描组的CTDI_{vol}分别为(11.52±2.40)、(10.85±1.40)、(10.65±4.51)、(10.23±3.42)mGy,DLP分别为(440.01±111.98)、(387.96±110.10)、(451.23±98.34)、(443.93±77.50)mGy·cm,ED分别为(6.16±1.57)、(6.06±2.03)、(7.14±2.32)、(6.85±1.86)mSv。4组患者之间CTDI_{vol}、DLP、ED差异均无统计学意义(P 均>0.05)。

2.2 4组图像质量客观评价 对4组扫描参数的体模研究结果见图1。密度分辨率比较256层快速扫描组>16层快速扫描组>16层常规扫描组>256层常规扫描组,空间分辨率比较16层常规扫描组>16层快速扫描组>256层快速扫描组>256层常规扫描组,背景噪声比较16层常规扫描组>16层快速扫描组>256层常规扫描组>256层快速扫描组。

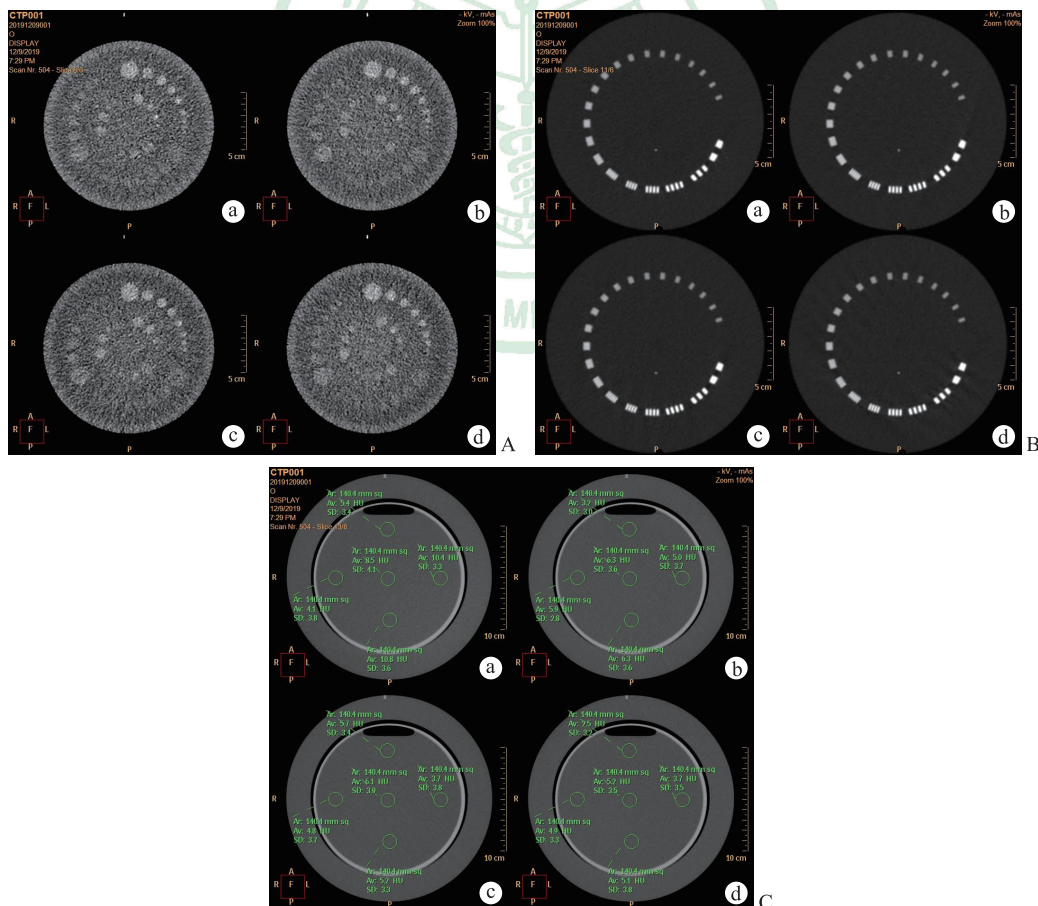


图1 4种不同参数扫描的体模成像后图像质量

A:4组密度分辨率CT扫描参数的对比;B:4组空间分辨率CT扫描参数的对比;C:4组背景噪声CT扫描参数的对比.a:256层常规扫描组;b:256层快速扫描组;c:16层常规扫描组;d:16层快速扫描组.F、A、P、L、R分别表示足、前、后、左、右.Ar:面积;Av:平均CT值;SD:标准差(背景噪声);CT:计算机断层扫描。

2.3 4组图像质量主观评分 见图2, 256层常规扫描组、256层快速扫描组、16层常规扫描组、16层快速扫描组的图像质量主观评分分别是

(3.00 ± 1.00)、(3.65 ± 0.35)、(2.15 ± 0.85)、(2.95 ± 1.05)分。2名医师对图像质量评分的一致性较好($Kappa$ 值=0.91)。

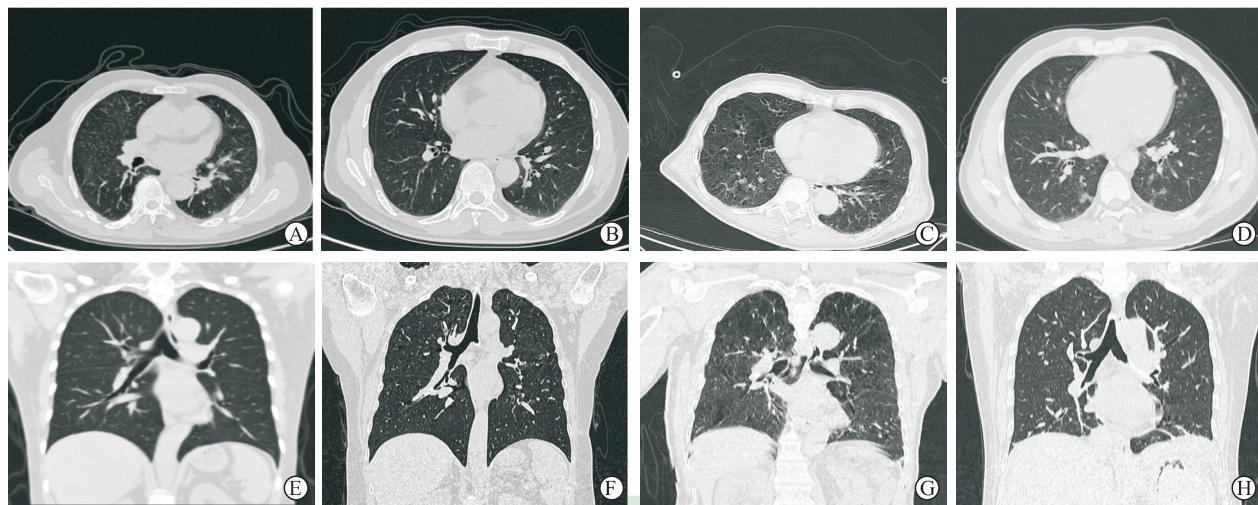


图2 4种不同参数扫描条件下CT成像的图像质量

A~D:水平面图像;E~H:冠状面肺窗重建图像. A,E:256层常规扫描组,图像质量评分为3分,轻微呼吸伪影;B,F:256层快速扫描组,图像质量评分为4分,解剖结构清晰可见,没有伪影;C,G:16层常规扫描组,图像质量评分为1分,图像有明显的呼吸伪影,稍影响诊断;D,H:16层快速扫描组,图像质量评分为2分,图像较清晰,伪影较明显但不影响诊断.CT:计算机断层扫描.

3 讨论

CT检查作为胸部疾病最佳的影像学检查手段,被临床广泛应用,随着CT设备的快速发展,CT图像质量也得到了大幅提升,而影响CT图像质量的因素有很多(如噪声水平高、分辨率差等),有些影响因素可通过改变CT扫描参数优化,有些则可以通过重建算法优化,但这些因素的优化都是在正常屏气条件下进行的。然而,很多有外伤、胸痛或沟通障碍的患者在胸部CT扫描时并不能配合屏气,患有胸部基础疾病时也可能导致屏气不佳,针对这种情况,如何在自由呼吸条件下获得高质量的、无呼吸伪影的图像成为目前研究的重点。

目前,对于呼吸系统疾病的诊断、肺癌的早期筛查及肺部结节的良恶性鉴别等,CT检查是不可替代的环节,尤其是急性胸痛患者。由于我科急诊CT检查设备为飞利浦16层,而且经常遇到不能较好地控制呼吸的胸部外伤和/或胸痛患者,导致呼吸造成的伪影严重降低了图像质量,影响进一步的准确诊断^[5]。传统情况下,针对自由呼吸患者采用的解决办法是陪同家属在机房配合患者完成检查^[6],但是陪同人员不仅受到辐射,而且于患者本人而言也未做到真正意义上辐射最优化。随着CT

设备不断更新、重建技术不断改进,调整扫描参数可有效改善自由呼吸伪影,如适当调整客观因素(管电压、管电流、螺距、准直宽度、转速、大/小焦点)可改善图像质量^[7]。

目前大多数研究报道降低管电流可以降低辐射剂量^[8],但降低辐射剂量的同时光子数减低,图像质量、信噪比也会下降,故重建算法尤为重要。256层快速CT加大了螺距,提高了转速,缩短了扫描时间,提高了时间分辨率,研究表明大螺距可以明显抑制心脏搏动伪影^[9]。在相同扫描条件下,16层常规扫描组、16层快速扫描组的噪声大于256层常规扫描组和256层快速扫描组,这与重建算法有关,16层CT检查采用的是滤波反投影算法,重建图像噪声大,而256层CT检查采用的是iDose重建算法,噪声明显降低^[10]。256层CT重建算法也可以通过显微CT的优势^[11]提高空间分辨率。2台不同机型CT扫描虽然都同时提高大螺距、减少患者辐射剂量,大螺距也可以减少呼吸伪影,但是改变螺距的同时增加了图像噪声,且采用多平面重组技术重建时会影响图像质量。此外,256层CT采用自动曝光调制(DoseRight)技术不仅保证了较高的图像质量,也使辐射最优化,而16层CT在固定管电流条件下

扫描时虽然辐射剂量不大,但是图像质量稍差^[12],所以CT检查时应在参考低剂量胸部CT扫描模式的前提下优先选择图像质量较好的扫描条件。

在医学影像学领域,患者的辐射防护建立在实践合理性和剂量最优化的基本原则。一旦检查是合理的,必须在减少剂量和维持图像质量之间取得最有效的平衡。国际相关机构通过建立并使用CT辐射剂量诊断参考水平(diagnostic reference level, DRL)以取得辐射剂量和图像质量之间的最佳平衡。自由呼吸条件下胸部CT选择大螺距扫描是可行的,同时也能有效降低辐射剂量^[13]。然而胸部扫描参数除了螺距外,转速及扫描时间也很关键,本研究中256层CT的转速选择了最快速的每周0.33 s,完成扫描仅需(2.6±0.6) s,在患者自由呼吸周期内完成检查;而16层CT在自由呼吸条件下完成扫描需要(6.9±0.7) s。相较于16层CT,256层CT的空间分辨率受探测器的孔径及重建过程中滤波器形式影响,孔径越窄空间分辨率越高;同时层厚及剂量也会影响空间分辨率,层厚越薄空间分辨率越高但噪声也越大,由此带来的噪声会降低密度分辨率,故在辐射允许范围内适当地加大光子数可提高密度分辨率。胸部CT图像质量在主观不可控因素(如屏气不佳导致的自由呼吸)条件下,图像质量也会有所差别,256层CT快速扫描方式可以在改变扫描参数、提高转速、加大螺距的同时结合机器准直宽度有效改善图像的呼吸伪影。

综上所述,本研究结果显示256层快速CT扫描能有效改善CT图像的呼吸伪影。但本研究存在以下不足:样本量小,未能覆盖年龄范围更广的病例;未对不同BMI患者的扫描参数进行研究;未对肺结节检出率进行评价;仅采集了256层快速扫描最快转速为每周0.33 s的图像。

[参 考 文 献]

- [1] 白春学. 肺癌的早期筛查与管理:解决中国肺癌二高一低的利器[J]. 国际呼吸杂志, 2019, 39: 1601-1603.
- [2] 蔡宗钰, 方政. 规范化呼吸训练在多层螺旋CT胸部检查中的临床意义研究[J]. 文摘版:医药卫生, 2016(2): 68.
- [3] 李庚, 高关心, 夏慧琳. CT空间分辨率和低对比度分辨率的检测及其影响因素[J]. 中国医疗设备, 2010, 25: 7-9.
- [4] 彭盛坤, 赵原, 蒲红, 廖宗慧, 李方, 何岳峰. 不同成像参数对胸部CT图像质量及辐射剂量的影响[J]. 成都医学院学报, 2019, 14: 447-450.
- [5] CZEYDA-POMMERSHEIM F. A breath of fresh air: can high-pitch CT make free-breathing PE scanning possible?[J]. Acad Radiol, 2016, 23: 1333-1334.
- [6] 白金城, 迟红卫, 王淑萍, 门明, 于冬梅, 王冲, 等. CT扫描中的散射线分析[J]. 中国中西医结合影像学杂志, 2017, 15: 177-179.
- [7] KIM S H, CHOI Y H, CHO H H, LEE S M, SHIN S M, CHEON J E, et al. Comparison of image quality and radiation dose between high-pitch mode and low-pitch mode spiral chest CT in small uncooperative children: the effect of respiratory rate[J]. Eur Radiol, 2016, 26: 1149-1158.
- [8] 袁颖, 吴天棋, 钟朝辉. 应用自动管电流调制技术不同探测器宽度对胸部CT图像质量及辐射剂量的影响[J]. 中国医学装备, 2019, 16: 19-22.
- [9] 韩永萍, 尚辉, 郝晓光. 胸部大螺距CT扫描对于图像影响初探[J]. 世界最新医学信息文摘, 2016, 16: 284.
- [10] 袁肖娜, 高知玲, 朱凯, 马文东, 陈勇. iDose迭代重建算法对上腹部CT图像质量的影响[J]. 实用放射学杂志, 2016, 32: 102-106.
- [11] 姚佳丽. 高分辨显微CT图像的低剂量噪声抑制和超分辨率重建算法研究[D]. 南京: 东南大学, 2016.
- [12] 袁颖, 钟朝辉, 吴天棋, 白玫. 自动管电流调节技术下螺距对胸部CT图像质量及辐射剂量影响的体模研究[J]. 中国医疗设备, 2019, 34: 74-77.
- [13] 罗松, 郑玲, 张龙江, 周长圣, 李颢, 顾海峰, 等. 大螺距模式下智能最佳管电压调节结合迭代重建技术在CT胸主动脉成像中的图像质量和辐射剂量评价[J]. 放射学实践, 2014, 29: 597-600.

[本文编辑] 杨亚红