

论 著

甲状腺CT增强扫描中
常规模式扫描和双能量
扫描的图像质量与辐射
剂量的比较纪捷¹ 王昕² 蒋雪艳³
吴瑶媛¹ 薄明琪¹ 吕家强¹
董江宁^{1,*}1.中国科学技术大学附属第一医院(安徽省
立医院) 西区影像科 (安徽 合肥 230001)2.安徽医科大学第一附属医院
(安徽 合肥 230001)

3.蚌埠医学院研究生院 (安徽 蚌埠 233000)

【摘要】目的 本研究旨在比较甲状腺CT增强扫描中采用常规扫描方案与双能量扫描方案对图像质量与辐射剂量的差异。方法 回顾性收集行甲状腺CT增强检查且身体质量指数为18.5-23.9kg/m²的患者87例。根据扫描方式的不同分为A、B两组，A组用常规模式扫描方案，采用50%ASIR-V重组算法进行重组图像；B组用双能量模式扫描方案，采用50%ASIR-V重组算法并以60Kev单能量重建。分别比较两组图像的甲状腺CT值、噪声、信噪比、对比噪声比及图像质量主观评分。并记录两组图像的容积CT剂量指数、剂量-长度乘积与有效剂量。采用Mann-Whitney两独立样本U检验和Wilcoxon符号秩和检验比较两组图像质量及辐射剂量的差异。结果 A组和B组在甲状腺动脉期和静脉期的图像CT值差异均有显著统计学意义(P<0.05)，两组图像的噪声在平扫期和动脉期之间差异有统计学意义，而动脉期和静脉期的图像信噪比差异无统计学意义(P>0.05)，两组图像的对比噪声比在动脉期和静脉期的差异存在统计学意义(P<0.05)，两组在剂量-长度乘积与有效剂量方面各期的差异均有统计学意义(P<0.05)。结论 在甲状腺CT增强扫描中，采用双能量扫描方案能够在不降低图像质量的同时显著降低患者的辐射剂量。

【关键词】甲状腺；医学影像技术；断层摄影；
X线计算机；辐射剂量

【中图分类号】R322.5+1

【文献标识码】A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.08.013

Comparison of Image Quality and
Radiation Dose between Conventional
Scanning and Dual-energy Scanning in
Enhanced Thyroid CT ScanningJi Jie¹, WANG Xin², JIANG Xue-Yan³, WU Yao-yuan¹, BO Ming-qi¹, LV Jia-qiang¹, DONG Jiang-ning^{1,*}.1.Department of Radiology, The First Affiliated Hospital of USTC, Division of Life Sciences and
Medicine, University of Science and Technology of China, Hefei 230001, Anhui province, China

2.The First Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230001, Anhui province, China

3.Graduate School of Bengbu Medical College, Bengbu 233000, Anhui province, China

ABSTRACT

Objective This study aims to compare the differences in image quality and radiation dose between conventional scanning protocols and dual-energy scanning protocols in contrast-enhanced thyroid CT scans. **Methods** A retrospective collection of 87 patients with a body mass index of 18.5-23.9kg/m² undergoing thyroid CT enhancement examination was divided into two groups, A and B, according to different scanning protocols. Group A adopted the conventional mode scanning scheme, and uses the 50% ASIR-V recombination algorithm to reorganize the images, Group B adopted the spectral imaging protocol, 50% ASIR-V recombination algorithm, and 60Kev single energy reconstruction. Thyroid CT value, noise, signal-to-noise ratio, contrast-to-noise ratio, and subjective image quality score were compared between the two groups. The volume CT dose index, dose-length product, and effective dose of the images of the two groups of images were recorded. Mann-Whitney two independent samples U test and Wilcoxon signed-rank test were used to compare the differences in image quality and radiation dose between the two groups. **Results** The CT values of the thyroid arterial phase and the venous phase of the two groups of images were significantly different (P<0.05), and the image noise of the two groups was significantly different in the plain scan phase and the arterial phase, while the signal-to-noise ratio differences between arterial and venous phases were not statistically significant (P>0.05). The contrast-to-noise ratio showed significant differences between the arterial and venous phases (P<0.05). Both the dose-length product and effective dose showed significant differences between the two groups in all phases (P<0.05). **Conclusion** In contrast-enhanced thyroid CT scans, dual-energy scanning protocols can significantly reduce radiation dose without compromising image quality.

Keywords: Thyroid; Medical Imaging Technology; Computed Tomography; X-ray Computed; Radiation Dose

甲状腺结节是一种常见的内分泌疾病，其患病率约占所有肿瘤中的4%，CT扫描能够大大提高甲状腺结节的检出率^[1]。目前甲状腺CT增强在临床已经得到广泛的应用。和常规的超声检查相比，CT扫描能够大大提高结节的诊断率，可以作为评价甲状腺结节良恶性的重要标准^[2]，但是众所周知甲状腺作为浅表腺体，对射线辐射的敏感度较高，过量的辐射剂量反而会提高甲状腺疾病的发生率^[3]。因此在不影响CT图像诊断质量的情况下降低患者检查的辐射剂量一直是影像工作者追求的目标。既往研究提示双能量扫描技术能够提高图像质量和对比噪声比(contrast noise ratio, CNR)^[4]。本研究重点旨在比较常规扫描方案和双能量扫描方案在甲状腺CT增强扫描中图像质量与辐射剂量的差异。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性收集2017年3月至2021年7月在中国科学技术大学附属第一医院(西区)因病情需要行甲状腺增强CT检查且身体质量指数(body mass index, BMI)^[5]为18.5-23.9kg/m²的患者。

患者排除标准：既往增强检查中发生过对比剂过敏患者；意识不清不能配合的患者；心、肝、肾功能严重异常的患者；检查过程中不能听从技师的指令全程配合扫描的患者。总共纳入87例患者，其中男35例，女52例；年龄范围为22-74岁，平均年龄为(49±13)岁。将患者根据扫描条件不同分为A(常规扫描组)、B(能谱扫描组)两组，A组47例，B组40例。

1.2 检查方法 患者均在中国科学技术大学附属第一医院(西区)使用GE discovery CT750 HD设备进行甲状腺平扫和双期增强扫描。扫描范围从锁骨上窝至第四颈椎上缘，嘱咐患者扫描时请勿吞咽口水，并将双侧肩膀下拉，以避免锁骨对图像产生伪影。A组扫描全部采用了自动管电流调制技术的常规协议，参数为：管电压120kv，管电流260mA，旋转时间0.9s，螺距0.984:1，视野300mm×300mm，噪声指数为10HU；层厚和层间距均为5mm。B组全部采用双能量扫描方案，参数为：双源球管电压80kv和140kv瞬时切换，管电流260mA，旋转时间0.7s，螺距0.984:1，视野300mm×300mm，噪声指数为10HU，层厚及层间距设定为5mm。对比剂统一选用江苏恒瑞牌碘佛醇(350 mgI/mL)，通过单针筒高压注射器以3.5mL/s的注射速率经肘窝下的肘正中静脉进行碘对比剂注射，碘对比剂用量为1.2mL/kg，采用造影剂动态追踪技术(smart prep)行动脉期扫描，将追踪

【第一作者】纪捷，男，技师，主要研究方向：影像技术方向。E-mail: jialanjoy@163.com

【通讯作者】董江宁，男，主任医师，主要研究方向：肿瘤影像方向。E-mail: dongjin@ustc.edu.cn

监测点置于颈3-颈4水平颈总动脉区域内，触发阈值为120HU，达到阈值后触发动脉期扫描。动脉期扫描完成后延迟30s进行静脉期扫描；扫描结束后，两组图像均进行薄层重建，层厚和层间距都为1.25mm。不同之处在于A组图像采用了50% ASIR-V (adaptive statistical interative reconstruction, ASIR)算法进行重建^[6]，而B组图像采用50% ASIR-V 并以60Kev的单能量进行重建。

1.3 数据处理和分析

1.3.1 客观评价 将A组平扫、动脉期、静脉期重建的1.25mm薄层图像和B组平扫、动脉期、静脉期重建的1.25mm单能量(60keV)薄层图像传至ADW 4.5工作站并通过GSI Viewer进行数据处理。在后处理工作站中，将感兴趣区域(region of interest, ROI)放置于甲状腺腺体实质部分，同时避开两侧明显的血管、肌肉，并避开病灶至少1cm，测量环状软骨下缘横断层面甲状腺左右叶CT值，将两叶测量的平均值定为甲状腺的CT值(CT甲状腺)；在同一层面测量左右两侧胸锁乳突肌的CT值，取其平均值定为胸锁乳突肌的CT值；测量同层颈后左右皮肤下脂肪组织CT值的标准差 (standard deviation, SD)，并取平均值(图1)。所有数据均进行3次测量，并取平均值作为最终的结果，同时计算出对比噪声比值和信噪比(signal noise ratio, SNR)值。 $SNR=CT_{甲状腺}/SD_{甲状腺}$ ， $CNR=(CT_{甲状腺}-CT_{胸锁乳突肌})/SD_{颈后组织}$ 。ROI面积约为5mm²。分别计算出平扫、动脉期和静脉期的SNR和CNR。

1.3.2 主观评价 由我科2名影像头颈部亚专科诊断高年资主治医师先采用双盲法^[7]对图像质量进行主观评分。选用5分制量表对影像图像质量进行评估，方法参照张喜荣等5分制^[8]。(1)5分，甲状腺及周围组织图像显示清楚细密，噪声小，无运动伪影或者结构不连续，非常满意图像质量；(2)4分，图像噪声略增，图像较清晰，无或有轻微的运动伪影，图像质量满意；(3)3分，图像质量有瑕疵，噪声较为明显，有轻度的运动伪影但甲状腺等组织的细小解剖结构显示尚可，图像满意度一般；(4)2分，图像噪声明显，出现较大的运动伪影，细小的甲状腺解剖结构显示模糊，辨识困难，影响诊断，图像质量欠满意；(5)1分，图像质量差，噪声情况严重，运动伪影大，细小解剖结构无法辨识，无法进行诊断评估，图像质量不满意。在评分过程中若遇到对图像评分意见不一时，2名医师通过相互商议得到一致图像质量结果作为最终的评分结果。



图1 测量各部位CT值及噪声放置的感兴趣圈示意图
1为甲状腺左侧叶，2为甲状腺右侧叶，3为左侧胸锁乳突肌，4为右侧胸锁乳突肌 5为右侧颈后脂肪组织，6为左侧颈后脂肪组织

1.4 辐射剂量记录 记录每个患者通过电脑自动生成的总CT剂量指数(CT dose index, CTDIvol)、总剂量-长度乘积(dose-length product, DLP)，同时计算有效剂量(effective dose, ED)=DLP×0.0054，0.0054为颈部特定转化系数^[9]。

1.5 统计方法 使用SPSS 24.0软件进行统计学分析。采用Shapiro-Wilk检验进行正态性检验，服从正态分布的资料用($\bar{x} \pm s$)表示，采用两独立样本t检验；偏态分布的资料用M(P25, P75)表示，使用Mann-Whitney两独立样本U检验。A和B组的图像质量评分采用Wilcoxon符号秩检验进行比较，P<0.05表示差异存在统计学意义。

2 结果

2.1 AB两组图像质量及主观评分比较 比较两组的三期扫描图像，平扫期图像中，两组甲状腺CT值差异、CNR差异没有统计学意义(P>0.05)。两组噪声、SNR的差异均具有统计学意义(P<0.05)。动脉期图像中，两组甲状腺CT值、噪声、CNR差异均具有统计学意义(P<0.05)，SNR差异无统计学意义(P>0.05)。静脉期图像中，两组甲状腺CT值、CNR的差异均具有统计学意义(P<0.05)，噪声、SNR的差异均无统计学意义(P>0.05)。

平扫期图像质量评分两组之间无统计学差异(P>0.05)，增强双期图像中，B组图像主观质量评分高于A组，差异存在统计学意义(P<0.05)(表1)。

2.2 AB两组患者辐射剂量的比较 B组相对于A组，CTDIvol、DLP和ED均明显降低，其中DLP与ED差异存在统计学意义(P<0.05)，B组ED较A组降低约54%(表2)。

表1 各组行甲状腺增强CT患者的图像质量比较

期象组别		A组	B组	检验值(t/z)	P值
平扫期	甲状腺CT值	111.71±17.95	115.05±20.43	0.811	0.75
	甲状腺噪声	5.21(3.88,6.89)	7.06±1.43	-3.667	<0.001
	SNR	23.44±10.55	16.15(14.34,18.76)	3.134	0.002
	CNR	6.67(4.54,9.64)	6.21(5.62,7.22)	-0.400	0.689
	图像质量评分	—	—	-0.319	0.750
动脉期	甲状腺CT值	157.23±42.31	189.89±35.94	3.842	<0.001
	甲状腺噪声	6.62±1.99	7.50(6.67,8.79)	-2.862	0.004
	SNR	22.98(19.60,30.44)	25.12±5.89	-0.485	0.627
	CNR	14.04±5.00	15.87±4.10	1.137	0.002
	图像质量评分	—	—	-3.594	<0.001
静脉期	甲状腺CT值	172.73±26.32	202.11±30.22	4.848	<0.001
	甲状腺噪声	5.93(5.02,8.23)	6.40(5.71,7.57)	-0.886	0.376
	SNR	28.49(19.96,34.66)	30.46±6.11	-1.295	0.195
	CNR	15.15±7.92	16.61±3.00	1.256	<0.001
	图像质量评分	—	—	-3.655	<0.001

表2 各组行甲状腺增强CT患者的辐射剂量比较

组别	A组	B组	检验值(t/z)	P值
CTDIvol	19.74	9.05		
DLP	1615.25±139.00	727.69±48.62	-34.042	<0.001
ED	8.72±0.75	3.93±0.26	-34.03	<0.001

3 讨论

甲状腺结节是临床常见的多发病，其临床表现呈现多样化，早期临床症状并不明显，患者仅仅可感觉到轻微的吞咽不适并伴有实验室检查的轻度异常，甲状腺增强CT检查可以提供动态直观的影像学图像，对结节早期的发现和良恶性的判断及周围淋巴结的评估有着重要的意义^[10-11]。甲状腺是辐射敏感度较高的器官之一，过大的辐射剂量容易导致甲状腺功能及激素分泌的异常，加剧甲状腺疾病的进展，优化CT扫描方案，在保证满足诊断要求的图像质量的同时降低患者检查的辐射剂量是目前CT检查的重点^[12-13]。

本研究显示甲状腺增强CT扫描采用双能量扫描模式相对于常规扫描模式，患者动静脉双期图像中甲状腺CT值明显增高，CNR均有提高，SNR无明显统计学意义差异，动脉期图像的噪声也有所提高，提示双能量CT进行的多参数成像相对于传统多层螺旋CT的单参数成像具有一定优势。双能量CT能够在一次扫描完成后通过特定的数据分析完成40—140Kev范围内单能量图像的重建，单能量技术以提高碘的集聚能力为手段，进而增加组织对比度，越低能量水平单能量的图像可以突显组织对比度从而清晰显示病灶和正常组织，随之而来的缺点是噪声的增大；越高能量水平的单能量图像可以明显减少硬化伪影，但是其带来的缺点是组织对比度的减弱^[14-16]。但是甲状腺图像质量的优劣并不单纯受噪声影响，主要是由与周围组织结构的对比度所决定的，甲状腺双能量CT通过选择特定的keV值进行单能量的重建，对降低图像噪声和增强组织对比是至关重要的。曹等^[17]的前期研究发现甲状腺的最佳单能量Kev值区间约为56-66Kev(均值为61Kev)，因此选择60Kev的单能量重建能够有效的去除各种因素导致的硬化伪影^[18]，可以提高组织对比度以及增强扫描的图像质量，满足临床需求，也获得了更高的图像质量评分，本研究实验结论与之相符。由于平扫还没有进行对比剂的注射，低能量水平的单能量重建图像有着更大的噪声，导致了双能量模式下SNR的降低，但是由于诊断主要是依靠甲状腺与周围组织的组织对比度，平扫双能量模式CNR与常规扫描组并无统计学差异，因此两组也获得了相当的图像质量评分，并不影响诊断。

双能量扫描模式：是基于管电压140、80kVp瞬时切换，瞬间降低了管电压，减少了辐射剂量，此外双能量模式相对于常规模式有着更短的旋转时间，这些因素均能导致双能量模式扫描下患者接受的辐射剂量更低^[19]。

本研究仍存在不足之处：(1)样本量偏少，且局限于BMI指数为18.5-23.9kg/m²单组的研究，并未把范围外的患者纳入研究对象。(2)ASIR-V作为目前新一代的迭代重建平台，在保持良好图像质量的前提下，可以降低患者检查时的辐射剂量，但是两组扫描方案只采用了单一权重的自适应统计迭代重建(ASIR-V)，不同的权重会改变图像质量的噪声，不同组织和不同器官的最佳ASIR权重也是不同的^[20-23]，实验未对其他权重的甲状腺图像质量进行进一步的研究和比较。这也是后续研究的方向。

近年来随着CT机器应用的普及以及增强技术的推广，甲状腺CT增强检查作为甲状腺影像检查的重要补充已经在临床取得了广

泛的应用，甲状腺CT增强采用双能量方案扫描可在保证图像质量的情况下大幅度降低患者检查所受的辐射剂量，在影像科临床工作中有广泛的应用价值。

参考文献

- [1] 李昌勇, 刘沛武, 宋承东. 基于CT形态学的逐步判别分析在甲状腺结节中的鉴别[J]. 罕少疾病杂志, 2022, 29(5): 44-47.
- [2] 徐显昌, 庞勇, 陈志刚. 良、恶性甲状腺结节CT征象鉴别及其临床应用价值研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19(10): 29-31.
- [3] 傅强, 卢涛, 张琳. 头部CT扫描时防护围脖对减少甲状腺辐射剂量的评估[J]. 中国辐射卫生, 2008, 17(1): 13, 19.
- [4] 邱晓晖, 王超, 章辉庆, 等. 能谱CT最佳单能量成像结合门静脉流入期对提高门静脉成像图像质量的应用[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2020, 26(3): 252-256.
- [5] 赵彦萍, 马云瑶, 孙铭鸿, 等. 多层螺旋CT评价冠脉周围脂肪CT密度、体积与心血管危险因素的关系[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21(6): 52-55.
- [6] 张欣贤, 李成龙, 辛涛, 等. 迭代算法(ASIR-V)在儿童腹部低剂量扫描中的应用研究[J]. 影像诊断与介入放射学, 2017, 26(2): 112-115.
- [7] 龚志刚, 詹松华. 双盲法影像检查质量电子化评价的实践[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2014, 20(05): 464-467.
- [8] 张喜荣, 段海峰, 马光明, 等. 低辐射剂量联合两种不同重建方法对上腹部图像质量的影响[J]. 中国医学影像学杂志, 2018, 26(1): 33-36, 41.
- [9] Leipsic J, Labounty TM, Heilbron B, et al. Adaptive statistical iterative reconstruction: assessment of image noise and image quality in coronary CT angiography[J]. AJR, 2010, 195(3): 649-654.
- [10] 孟现平. 增强CT扫描对甲状腺癌的诊断价值[J]. 系统医学, 2018, 3(9): 158-160.
- [11] 赵仁祥. 64层螺旋CT平扫及增强扫描诊断甲状腺结节良恶性的价值[J]. 医疗装备, 2019, 32(16): 36-37.
- [12] 李源, 陈士新, 黄斌. 多层螺旋CT诊断甲状腺癌中的辐射和对比剂剂量选择[J]. 影像科学与光化学, 2019, 37(6): 564-570.
- [13] 吴伟红, 李仁战, 叶文海, 等. 低辐射剂量联合SAFIRE迭代算法应用于甲状腺CT增强扫描的可行性分析[J]. 全科医学临床与教育, 2021, 19(7): 620-623.
- [14] 马光明, 于勇, 陈静, 等. 能谱CT单能量技术优化头颈CTA图像质量研究[J]. 中国医疗设备, 2021, 36(8): 86-89.
- [15] 李长健, 朱广辉. 能谱CT在胃癌诊断应用中的新进展[J]. 医学综述, 2020, 26(06): 1209-1213.
- [16] 夏远舰, 刘海静, 吴国华, 等. 能谱CT单能量成像及自适应统计迭代重建技术对肝硬化门静脉高压侧支循环的临床研究[J]. 河北医药, 2019, 41(6): 851-854.
- [17] 吴瑶媛, 董江宁, 曹锋, 等. 能谱CT最佳单能量成像优化甲状腺结节图像质量的研究[J]. 影像诊断与介入放射学, 2017, 26(2): 103-107.
- [18] 胡永志, 梁媛. Revolution宝石能谱CT在减少腰椎内固定引起的硬化伪影中的应用[J]. 中外医疗, 2019, 38(1): 181-184.
- [19] 何凤仙, 宋伟, 胡继红. 低剂量螺旋CT筛查肺部小结节的影像分析及辐射剂量评估[J]. 影像研究与医学应用, 2021, 5(8): 39-40, 43.
- [20] 姜露, 胡智军, 李豆, 等. 低剂量头颅CT扫描最佳迭代算法(ASIR-V)权重的初探[J]. 影像诊断与介入放射学, 2019, 28(1): 44-48.
- [21] 李娅男, 李成龙, 张欣贤, 等. 迭代算法(ASIR-V)在婴幼儿心脏CTA中的应用价值[J]. 医学影像学杂志, 2018, 28(10): 1655-1658.
- [22] 谭辉, 韩冬, 张敏, 等. ASIR-V在提高低管电压颅脑CT图像中的临床应用[J]. 中国CT和MRI杂志, 2022, 20(9): 4-5, 8.
- [23] 胡光玉, 董和平, 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.

(收稿日期: 2022-10-26)

(校对编辑: 孙晓晴)