

论 著

基于器官的剂量调制技术在头颈部CT联扫中的应用

海军军医大学第一附属医院影像医学科
(上海 200043)

赵冰辉 尹 伟* 王敏杰

【摘要】目的 探讨256层螺旋CT基于器官的剂量调制技术在头颈部CT联扫中的应用价值。**方法** 选取需行头颈部CTA扫描患者80例,按随机法分为A、B、C三组。A组27例,采用固定mAs对头颅进行扫描;B组26例,采用ATCM技术对头颈部进行联合扫描;C组27例,采用OBDM技术对头颈部进行联合扫描。三组图像在半卵圆中心、颞叶、小脑半球层面、颌下腺胸锁乳突肌及甲状腺下水平两侧胸锁乳突肌层面进行CT值及噪声的测量,比较三组图像的噪声(SD)、信噪比(SNR)和主观图像质量评分。采用单因素方差分析比较头部图像客观指标的差异,采用Kruskal-Wallis检验比较图像主观指标的差异,对两位阅片者的一致性分析采用Kappa检验,检验水准(α)为0.05。**结果** 三组CTDIvol值分别为 (47.86 ± 0.34) mGy、 (16.68 ± 3.10) mGy、 (29.53 ± 13.20) mGy;两名医师对图像质量评分的一致性较好, $K=0.738$ 。A、B、C三组在头颅部位的图像SD分别为 (3.08 ± 0.44) HU、 (5.65 ± 0.92) HU、 (3.54 ± 0.69) HU,SNR分别为 7.67 ± 0.71 、 5.21 ± 0.69 、 7.85 ± 0.89 。三种扫描方式对头颅扫描图像SD与SNR的影响差异具有统计学意义(F 值分别为98.85、97.32, $P<0.05$),A组与C组间头颅图像SD与SNR差异均无统计学意义($P<0.05$)。B组与C组在颈部的图像质量均较好,主观评分分别为 4.54 ± 0.51 、 4.67 ± 0.55 ,两组间评分差异无统计学意义($P=0.385$),A、B、C三组头颅图像主观评分均值分别为 4.96 ± 0.19 、 3.23 ± 0.59 、 4.70 ± 0.47 ,三组图像主观评分差异具有统计学意义($P<0.05$)。**结论** 256层螺旋CT在采用基于器官的剂量调制技术进行头颈部联合扫描时,可以根据不同扫描部位设置相应的辐射剂量等级,并在控制辐射剂量的同时,有效改善头颅图像质量。

【关键词】 基于器官的剂量调制技术;联合扫描;辐射剂量;图像质量

【中图分类号】 R814.42

【文献标识码】 A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2021.11.013

Application of Organ-Based Dose Modulation Technology in CT Head and Neck Joint Scanning

ZHAO Bing-hui, YIN Wei*, WANG Min-jie.

Department of Medical Imaging, the First Hospital of Naval Medical University, Shanghai 200433, China

ABSTRACT

Objective To explore the application value of organ-based dose modulation technique of 256-slice spiral CT in head and neck CT scan. **Methods** A total of 80 patients with head and neck CTA scan were randomly divided into three groups: group A, group B and group C. Group A ($n=27$) were scanned with fixed mAs, group B ($n=26$) were scanned with ATCM technique, and group C ($n=27$) were scanned with OBDM technique. The CT values and noise of the three groups of images were measured at the semi-oval center, temporal lobe, cerebellar hemispheric plane, the sternocleidomastoid muscle of the submandibular gland, and the sternocleidomastoid muscle at the sub-thyroid level. The noise (SD), signal-to-noise ratio ((SNR)), and subjective image quality scores of the three groups were compared. One-way ANOVA was used to compare the differences of objective indexes of head images, Kruskal-Wallis test was used to compare the differences of subjective indexes of images, and the Kappa test was used to analyze the consistency of the two readers. **Results** The CTDIvol of the three groups were (47.86 ± 0.34) mGy, (16.68 ± 3.10) mGy, and (29.53 ± 13.20) mGy, respectively image quality scores of the two physicians were consistent $K=0.738$. The SD of the skull in groups A, B, and C were (3.08 ± 0.44) HU, (5.65 ± 0.92) HU and (3.54 ± 0.69) HU, SNR was (7.67 ± 0.71) , 5.21 ± 0.69 , 7.85 ± 0.89 . The effects of three scanning methods on SD and SNR were statistically significant ($F=98.85$, 97.32 , $P<0.05$). There was no significant difference in SD and SNR between group A and group C ($P<0.05$). The subjective scores of groups B and C were 4.54 ± 0.51 and 4.67 ± 0.55 , respectively. There was no significant difference between the two groups ($P>0.05$). The average subjective score of head images in group A, B and C were 4.96 ± 0.19 , 3.23 ± 0.59 , 4.70 ± 0.47 . There was a significant difference in subjective scores among the three groups ($P<0.05$). **Conclusion** When 256-slice spiral CT uses organ-based dose modulation technology for head and neck joint scanning, the corresponding radiation dose level can be set according to different scanning organs. While controlling the radiation dose, it can effectively improve the skull image quality.

Keywords: Organ-Based Dose Modulation Technique; Joint Scanning; Radiation Dose; Image Quality

随着CT检查技术在临床中的广泛应用,由辐射剂量带来的危害备受关注,近年来,低辐射剂量的CT扫描方案成为临床研究的重点,但是过度追求低辐射剂量势必降低图像质量,最终影响医生诊断信心^[1]。因此,如何利用新的扫描技术去平衡CT辐射剂量与图像质量间的关系极为重要。目前,常用的方法有直接降低多层螺旋CT(multislice computed tomography, MSCT)辐射剂量,降低管电压、降低管电流、增加螺距等,也有间接地应用自动管电压调制技术(automatic tube potential selection, ATPS)、自动管电流调制 (automatic tube current modulation, ATCM) 技术以及应用高级迭代重建算法等方法来改善图像质量,从而达到降低辐射剂量的目的。采用ATPS或ATCM联合高级迭代算法可根据受检部位体厚分布差异,智能化地降低管电压或管电流,可有效地降低受检者的辐射剂量,目前被广泛应用于多器官联合扫描中^[2-4]。但单纯依靠体厚分布差异来调节辐射剂量,有时并不合理,如头部尺寸较小,但骨质结构较多,采用ATCM容易导致头颅辐射剂量不足,影响图像质量。基于器官的剂量调制(organ based dose modulation, OBDM)技术是一种根据不同器官可设置不同的辐射剂量等级的技术,可以在多器官联合扫描时保障不同器官的辐射剂量与图像质量^[5]。本研究将OBDM技术与ATCM技术应用于头颈部CT联合扫描中,并对图像质量进行了对比,旨在探讨OBDM技术对平衡头颈部辐射剂量与图像质量中的应用价值。

【第一作者】赵冰辉,男,初级技师,主要研究方向:CT与MRI新技术在临床上的应用。E-mail: 15821199673@163.com

【通讯作者】尹 伟,男,主管技师,主要研究方向:CT与MRI新技术在临床上的应用。E-mail: yinwei_0816@163.com

1 资料与方法

1.1 一般资料 前瞻性收集了2019年2月至2019年5月在我院就诊的80位脑卒中患者,平均年龄(61.40 ± 14.38)岁,其中男43例,女37例。排除标准:心功能、肾功能严重不全;碘对比剂过敏;无法配合完成检查。所有受检者均签署知情同意书。

1.2 仪器与方法 所有检查均采用256层螺旋CT(brilliance iCT; Philips Healthcare; Cleveland Ohio, USA)进行扫描。扫描时利用头部固定带固定头颅,选择头颈部CT扫描序列,扫描正、侧位定位像,扫描范围从主动脉弓扫描至头顶。扫描条件:探测器宽度为 64×0.625 mm,螺距为0.984,转速为0.5s/圈,层厚5mm,层间距5mm,FOV 250mm $\times$ 250mm,采用混合迭代算法(iDose4)进行图像重建,滤波函数为UC。三组管电压均设为120kV, Dose right index为22,在此基础上, A组采用固定mAs仅对头颅进行常规扫描作为参考组。B组采用ATCM技术对头颈部进行扫描; C组采用OBDM技术(brain area doseright index为+14)对头颈部进行扫描。扫描完成后记录相关数据,包括CTDIvol和剂量长度乘积(DLP)。

1.3 图像质量评估 将扫描获得的原始数据传至Philips ISP工作站进行数据测量, A、B、C三组图像在头颅部分别取半卵圆中心、颞叶、小脑半球; 颈部取颌下腺胸锁乳突肌及甲状腺下水水平两侧胸锁乳突肌层面进行CT值及噪声的测量并计算图像的信噪比, ROI的选择尽量避开病变区域, 面积约为 4cm^2 , 测量时尽量使ROI大小、位置保持一致, 背景噪声ROI的测量放置在图像背景无图像区域, 记录标准差(SD)。然后计算图像信噪比($\text{SNR} = \text{平均CT值} / \text{SD}^{[6]}$)。

由两名具有5年以上读片经验的医师采用双盲法对图像质量进行评分, 评分标准采用5分法。5分: 噪声小, 细微解剖结构清晰, 对比鲜明, 图像质量好; 4分: 噪声较小, 解剖结构较清晰, 图像对比度、锐度略差, 图像质量较好; 3分, 噪声略大, 解剖结构一般, 图像质量一般; 2分: 噪

声较重, 解剖结构不清, 图像质量较差; 1分: 噪声极为严重, 解剖结构不清, 图像质量差。主要观察软组织对比、边界锐利度、小解剖结构如小血管的显示清晰度、病灶的呈现度以及噪声伪影或射线束硬化伪影等方面。评分大于或等于3分视为满足诊断要求。

1.4 统计学方法 采用SPSS 19.0软件进行统计学分析, 所有计量资料采用($\bar{x} \pm s$)表示, 定性资料采用频数或百分比表示。各组间客观评价指标(年龄、噪声、SNR)采用单因素方差分析, 三组数据中性别的差异采用 χ^2 检验, 评估其两两比较采用Bonferroni检验, 主观图像质量评分采用Kruskal-Wallis非参数检验, 两两比较采用Mann-Whitney U检验。2名医师对两组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 各组头颈部图像客观质量比较 三组共完成80例患者的检查, 三组患者的年龄、性别等平均数据差异均无统计学意义($P > 0.05$)。三组CTDIvol值分别为(47.86 ± 0.34)mGy、(16.68 ± 3.10)mGy、(29.53 ± 13.20)mGy; 头颈联合扫描时采用C组扫描参数比A组扫描参数的CTDIvol降低了38.30%, 三组DLP值分别为(917.84 ± 43.13)mGycm、(737.84 ± 143.17)mGycm、(1268.82 ± 182.29)mGycm; C组一次扫描获得的图像较A与B两次扫描获得的图像整体DLP值下降了23.37%。对三组图像的头颅部位进行噪声与信噪比的比较, 三组间头颅噪声差异有统计学意义($P < 0.05$)。两两比较显示: A组 $<$ C组 $<$ B组, A组与C组差异无统计学意义($P = 0.058$), C组与B组差异有统计学意义($P < 0.05$), B组与C组在颈部的噪声差异无统计学意义($P = 0.280$); 三组间头颅信噪比差异有统计学意义($P < 0.05$)。两两比较显示: C组 $>$ A组 $>$ B组, A组与C组差异无统计学意义($P = 1.0$), C组与B组差异有统计学意义($P < 0.05$), B组与C组在颈部的信噪比差异无统计学意义($P = 0.073$, 表1)。

表1 头颈部图像客观质量比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	SD _{头部} (HU)	SD _{颈部} (HU)	SNR _{头部} (HU)	SNR _{颈部} (HU)	CTDIvol(mGy)
A组	27	3.08 ± 0.44	-	7.67 ± 0.71	-	47.86 ± 0.34
B组	26	5.56 ± 0.92	5.01 ± 0.99	5.21 ± 0.69	18.49 ± 6.81	16.68 ± 3.10
C组	27	3.54 ± 0.69	5.36 ± 1.30	7.86 ± 0.89	15.57 ± 4.68	29.53 ± 13.20
t/F		98.851 ^a	-1.093 ^b	97.324 ^a	1.828 ^b	794.06 ^a
P		< 0.05	0.280	< 0.05	0.073	< 0.05

注: ^a表示F值; ^b表示t值。

2.2 各组头颈部图像主观质量比较 两名医师对图像质量评分的一致性较好, $K = 0.738$, 具有很好的一致性。以A组扫描得到的头颅图像为标准, B组与A组间评分的差异有统计学意义($Z = -6.577$, $P < 0.01$), 而C组与A组间评分的差异无统计学意义($Z = -0.858$, $P = 0.391$)。B组和C组在颈部的图像质量均较好, 两组间评分的差异无统计学意义($Z = -1.096$, $P = 0.273$, 表2)。

表2 头颈部图像主观质量比较($\bar{x} \pm s$)

组别	头部质量评分	颈部质量评分
A组	4.96 ± 0.19	-
B组	3.2 ± 0.58	4.54 ± 0.51
C组	4.7 ± 0.47	4.67 ± 0.55
Z	60.18	299
P	< 0.05	0.273

注: “-”表示无。

2.3 典型病例影像分析 典型病例影像分析结果见图1~图12。

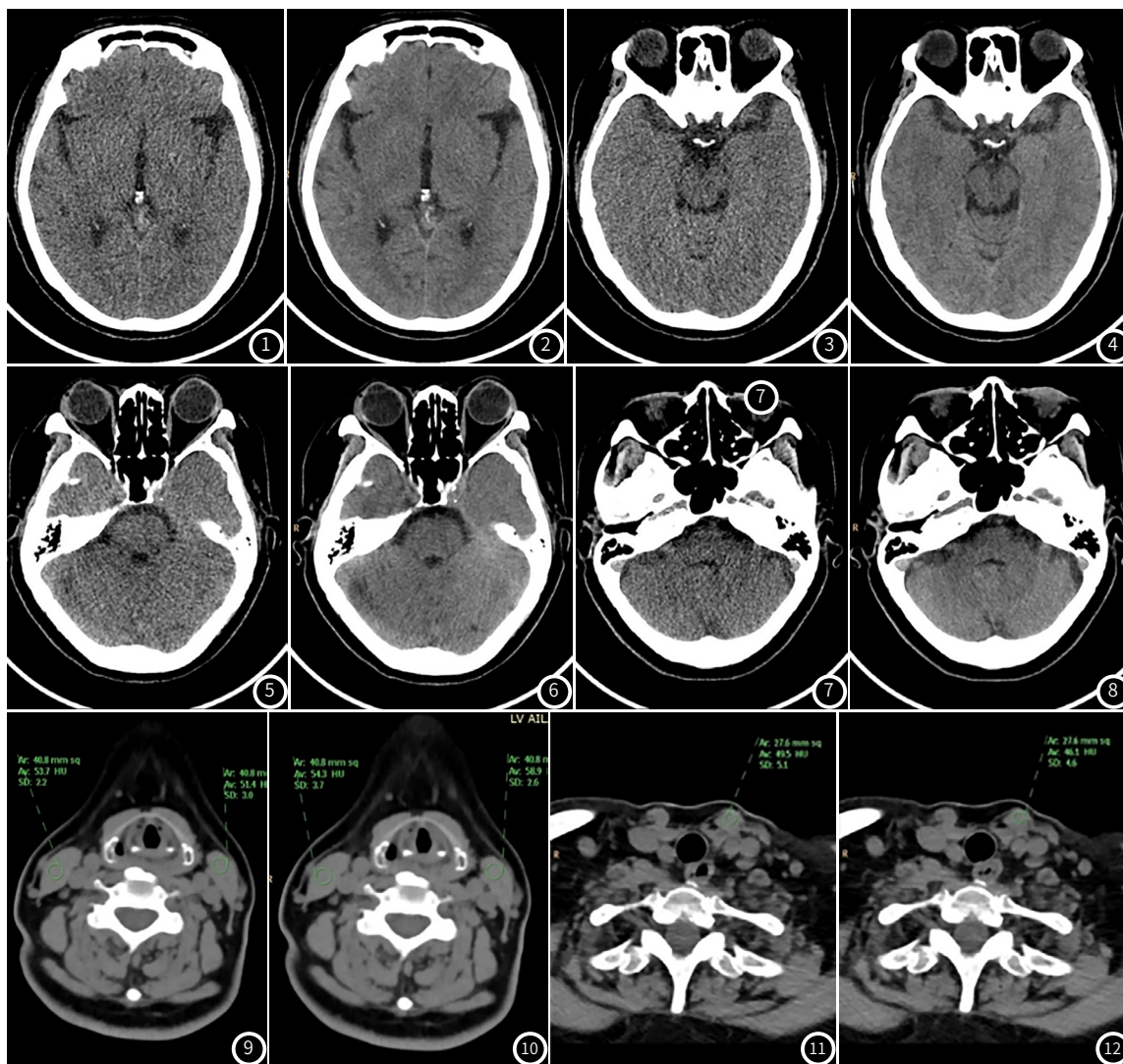


图1~图12 自动mAs技术成像图像与基于器官的剂量调制技术成像图像对比。图1、图2: 头颅半卵圆区域层面; 图3、图4: 头颅颞叶层面; 图5、图6: 蝶鞍层面; 图7、图8: 小脑半球层面; 图9、图10: 下颌腺水平层面; 图11、图12: 甲状腺水平层面。其中图1、3、5、7、9、11均为ATCM采集图像, 图2、4、6、8、10、12均为OBDM采集图像。在图1~图8图像上可见ATCM采集图像质量明显低于OBDM采集图像质量, 而在图9~图12中两者图像质量接近。

3 讨论

在医学影像领域, 患者的辐射防护是建立在实践合理性和剂量最佳化的基本原则基础上的。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 levels, DRL)以取得辐射剂量和图像质量间的最佳平衡^[7]。多器官联合扫描目前广泛应用于临床, 但各个器官对图像质量的要求不一, 经常导致辐射剂量分配不合理, 如在常规进行头颈部联合扫描时, 如果优先考虑头颅的图像质量, 颈部的辐射剂量将大幅上升, 而当优先考虑颈部的图像质量时, 头颅图像质量将会大幅下降, 此时采用同一个扫描标准对两个部位进行同时采集并不合理^[8]。根据以往的经验, 下调辐射剂量可以采用高级迭代算法来保障图像质量, 但在本研究中, 头部与颈部的诊断参考水平相差较大, 采用迭代算法并不能很好地解决图像质量下降的问题,

所以采用OBDM技术来优化图像与剂量的关系。

本研究中, C组可一次扫描就保证头部与颈部的图像质量, B组扫描时虽可以保证颈部的图像质量, 但头部质量较差, 需采用A组参数用来补充头颅的图像, 固定管电流技术作为最先应用的扫描技术, 是对整个扫描区域进行固定管电流扫描, 目标图像质量是由要求最高区域的扫描参数调整的, 在多器官联合扫描时采用对成像要求较高的区域的扫描参数来扫描, 将直接导致低成像质量要求区域的辐射剂量比诊断所需的要高, 这不符合放射学检查应该遵循的“合理使用低剂量”(as low as reasonably achievable, ALARA)原则。随着CT技术的进步, CT厂商不断开发新的策略来平衡辐射剂量与图像质量的关系, 管电流是调整CT辐射剂量的主要参数之一, 目前有三种类型的ATCM技术可用, x-y轴(角度)调制、z轴(纵向)调制以及其与3D调制的组合^[9]。所有这些ATCM技术都基于对管电流的调制, 以补偿患者衰减的变

化,目的是随时调整扫描时的管电流为整个扫描提供恒定的图像质量,避免因身体各个部位密度不均而导致图像质量的变化。同时也避免低衰减身体区域的过度照射。尽管如此,各个器官的DRL不一样,根据中国2018年发布的CT辐射剂量诊断参考水平专家共识,推荐的头部、颈部CT辐射剂量DRL分别为49mGy、16mGy,两个部位对辐射剂量的要求相差超过了3倍^[10]。如果采用头部或者颈部的推荐的DRL值,整体的图像质量与辐射剂量还是难以平衡,为了解决这个问题,几家CT厂商开发了基于器官的或者基于空间的管电流调制技术。例如Akai等^[11]使用基于部分角度扫描的剂量调制技术,可以减少患者前部器官(如眼睛晶状体、甲状腺和乳房)的辐射剂量,减少了8%的辐射剂量。张永县等^[12]的研究表明,器官剂量调制技术应用于体部时可在人体正前方约150°范围内降低管电流,在其他角度则保持足够的剂量,可有效地降低乳腺辐射剂量。本文研究的是OBDM技术,该技术目前主要应用在头颈部联合扫描与胸腹部联合扫描中,在头颈部联合中可以对头颅区域进行靶向聚焦,并对其进行辐射剂量的提升,在胸腹部联合扫描中,则可以对腹部脏器进行靶向聚焦,实现对腹部剂量的提升。本文将OBDM技术应用于头颈部联合扫描中,对头颈部不同器官采用了不同的辐射剂量等级,头部区域在颈部区域的剂量水平(dose right index为22)上提高了剂量水平(brain area dose right index为+14),最后实现了头部和颈部的图像质量与辐射剂量进行了平衡,使得一次联合扫描就能保证头颅与颈部的图像质量,优化了扫描程序。CTDIvol值在头颅扫描参数的基准上下降了38.3%,而与单纯采用ATCM技术相比,明显优化了头颅的图像质量,使得辐射剂量与图像质量的平衡更为合理,

本研究的局限性如下:(1)出于伦理原因,不可能在同一天用相同的CT扫描仪采用两种不同的扫描技术扫描同一患者。本研究采用的是固定时间段并随机选择患者进行三组数据的采集;(2)在采用固定mAs扫描技术的时候,只对头颅部分进行了扫描,在此是出于伦理的原因,避免头颅的扫描参数对颈部造成较大的辐射伤害。(3)OBDM技术目前可用于头颈部联合扫描以及胸腹部联合扫描,本研究的是头颈部,并未对胸腹部联合扫描进行研究。

综上所述,256层螺旋CT在采用OBDM技术进行头颈部联合扫描时,可根据不同扫描部位设置相应的辐射剂量等级,并在控制辐射剂量的同时,有效改善头颅图像质量。

参考文献

- [1] 中华医学会放射学分会质量管理与安全管理学组. CT 辐射剂量诊断参考水平专家共识[J]. 中华放射学杂志, 2017, 51(11): 817-822.
- [2] 王莹, 王晓华, 张艳, 等. 自动管电压调制技术与迭代重建算法在冠状动脉CTA检查中应用[J]. 医学影像学杂志, 2015, 25(12): 2134-2140.
- [3] 王晓华, 张艳, 袁慧书. 自动管电压调制技术参考毫安秒对胸部CT平扫图像质量和辐射剂量的影响[J]. 中华放射学杂志, 2015, 49(3): 179-182.
- [4] 胡仕北, 何长久, 青浩渺, 等. 自动管电流联合迭代算法在颈部CT扫描中的应用研究[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2017, 37(11): 875-879.
- [5] 飞利浦医疗保健事业部. iPatient “爱” Patient--“鱼与熊掌”质量效率可以兼得[J]. 中国医疗设备, 2014(9): 164-164.
- [6] 刘晓怡, 慕维维, 刘卓, 等. 头颅CT不同扫描方式的图像质量分析[J]. 中国医学影像学杂志, 2017, 25(6): 418-421.
- [7] Roch P, Célier D, Dessaud C, et al. Using diagnostic reference levels to evaluate the improvement of patient dose optimisation and the influence of recent technologies in radiography and computed tomography[J]. Eur J Radiol, 2018, 98: 68-74.
- [8] Harding K, Thomson W H. Radiological protection and safety in medicine -ICRP 73[J]. Eur J Nucl Med, 1997, 24(10): 1207-1209.
- [9] Fillon M, Simohamed S, Coulon P, et al. Reduction of patient radiation dose with a new organ based dose modulation technique for thoraco-abdominopelvic computed tomography (CT) (Liver dose right index) [J]. Diagn Interv Imaging, 2018, 99(7/8): 483-492.
- [10] 牛延涛, 张永县, 康天良, 等. 成年人CT扫描中辐射剂量和诊断参考水平的探讨[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2016, 36(11): 862-867.
- [11] Akai H, Kiryu S, Shibata E, et al. Reducing CT radiation exposure with organ effective modulation: A retrospective clinical study[J]. Eur J Radiol, 2016, 85(9): 1569-1573.
- [12] 张永县, 牛延涛, 刘丹丹, 等. 管电压联合器官剂量调制技术对胸部CT辐射剂量和图像质量影响的模体研究[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2019, 39(7): 529-533.

(收稿日期: 2020-10-03)