

## CARE Dose 4D在鼻咽癌放疗定位中的应用

成肇杰, 韦婷, 梁卫学, 王占宇, 刘光明, 周建红, 林欢  
柳州市工人医院肿瘤放射治疗中心, 广西 柳州 545005

**【摘要】目的:**探讨 CARE Dose 4D 技术在鼻咽癌放疗定位中的应用价值。**方法:**将 60 例拟放疗的鼻咽癌患者随机分为 A 组和 B 组, 每组 30 例。A 组管电压 120 kV 固定 300 mAs 行常规扫描, B 组管电压 120 kV 并开启 CARE Dose 4D 设置预设值为 500 mAs 进行扫描。在这两种不同扫描方式下扫描 CIRS 064M 电子密度模体, 验证 CT-RED 转换曲线是否有差异。客观评价两组图像的噪声(SD)、信噪比(SNR)、对比噪声比(CNR)、GTV 的 CT 值、剂量长度乘积(DLP)、容积 CT 剂量指数( $CTDI_{vol}$ )及有效辐射剂量(ED)。并由两位高年资医师对图像进行主观评分。**结果:**两种扫描方式下, CT 值及 CT-RED 转换曲线无明显差异, 保证了靶区剂量计算的精确性; B 组与 A 组比较  $CTDI_{vol}$  降低 35%, DLP、ED 均降低 43%, 差异有统计学意义( $P<0.001$ ); 客观评价中两组图像的 SNR、CNR、GTV 的平均 CT 值之间的差异无统计学意义( $P>0.05$ )。两组图像在三角肌平面, A 组 SD 高于 B 组, 差异有统计学意义( $t=30.809$ ,  $P<0.001$ ); 两组图像主观评价有显著性差异( $z=-2.445$ ,  $P<0.05$ )。A 组图像中由于肩部横断面内颈部淋巴引流区噪声较大, 对医生勾画该层面的靶区造成了一定困扰, 从靶区勾画角度来说, B 组图像要优于 A 组。**结论:**在鼻咽癌放疗定位中应用 CARE Dose 4D 技术是可行的, 可提高图像质量, 同时大幅降低患者的有效辐射剂量。

**【关键词】**鼻咽癌; CARE Dose 4D; 放疗; 靶区勾画; 有效辐射剂量

**【中图分类号】**R811.1

**【文献标志码】**A

**【文章编号】**1005-202X(2021)11-1349-06

## Application of CARE Dose 4D in radiotherapy localization of nasopharyngeal carcinoma

CHENG Zhaojie, WEI Ting, LIANG Weixue, WANG Zhanyu, LIU Guangming, ZHOU Jianhong, LIN Huan  
Cancer Radiotherapy Center, Liuzhou Worker's Hospital, Liuzhou 545005, China

**Abstract: Objective** To investigate the application value of CARE Dose 4D technique in radiotherapy localization of nasopharyngeal carcinoma. **Methods** Sixty patients with nasopharyngeal carcinoma scheduled for radiotherapy were randomly divided into groups A and B, with 30 cases in each group. The patients in group A received routine CT examination with a tube voltage of 120 kV and a fixed value of 300 mAs, and those in group B were scanned with a tube voltage of 120 kV and CARE Dose 4D set at a preset value of 500 mAs. CIRS 064M electron density phantom was scanned by two different methods, thereby verifying if there was a difference in CT-RED conversion curve. The noise (SD), signal-to-noise ratio (SNR), contrast-to-noise ratio (CNR), CT value at GTV, dose length product (DLP), volumetric CT dose index ( $CTDI_{vol}$ ) and effective radiation dose (ED) were objectively evaluated for 2 groups of images. The images were also scored subjectively by two senior physicians. **Results** There were no significant differences in CT values and CT-RED conversion curve between the two scanning methods, which guaranteed the accuracy of target area dose calculation.  $CTDI_{vol}$  was 35% lower, and DLP and ED were both 43% lower in group B compared with group A, with statistically significant differences ( $P<0.001$ ). The results of objective evaluation revealed that the differences in SNR, CNR and the mean CT values at GTV between two groups were trivial, without statistical differences ( $P>0.05$ ), but the SD in the deltoid section in group A was higher than that in group B, with statistical differences ( $t=30.809$ ,  $P<0.001$ ). Moreover, there was significant difference in the subjective evaluation between two groups ( $z=-2.445$ ,  $P<0.05$ ). In the images of group A, the large noise in the cervical lymphatic drainage area within the shoulder cross-section caused some troubles for the physician to outline target areas on the section, thus the images in group B were superior to those in group A in terms of target area segmentation. **Conclusion** The application of CARE Dose 4D technique in radiotherapy localization of nasopharyngeal carcinoma is feasible, and it can improve image quality while significantly reducing the effective radiation dose to the patient.

**Keywords:** nasopharyngeal carcinoma; CARE Dose 4D; radiotherapy; target area segmentation; effective radiation dose

**【收稿日期】**2021-06-19

**【基金项目】**广西壮族自治区卫计委科研课题(Z20200503, Z20180503)

**【作者简介】**成肇杰, 主管技师, 主要从事肿瘤放疗及放疗定位工作, E-mail: 306951750@qq.com

**【通信作者】**梁卫学, 副主任技师, 主要从事肿瘤放疗及放疗定位工作, E-mail: lianwei102@163.com

## 前言

鼻咽癌是两广地区高发的一种鼻咽粘膜恶性肿瘤,主要以放疗为主的综合治疗策略能获得较好的疗效<sup>[1-3]</sup>。而鼻咽癌的精确放疗依赖于CT模拟定位扫描,高质量的CT定位图像是肿瘤靶区(GTV)精确勾画的基础,其中CT值稳定更是人体内各组织受照剂量精确计算的前提<sup>[4]</sup>。放疗定位图像的质量和CT值的稳定主要受扫描条件的影响,通过调整扫描条件可以获得较好的图像。但扫描条件的改变有可能引起CT值的变化,导致靶区剂量计算产生误差<sup>[5]</sup>。随着CT扫描的广泛应用,CT产生的电离辐射的有害性得到越来越广泛的关注和重视<sup>[6-7]</sup>。CARE Dose 4D技术是西门子CT的一种自动曝光控制功能,能够以优化的剂量在各种体型和身体各种部位的检查中获得稳定的图像质量。为兼顾鼻咽癌放疗定位图像的质量与稳定的CT值并降低患者辐射剂量,本研究探讨CARE Dose 4D技术在鼻咽癌放疗定位中的应用价值。

## 1 材料与对象

### 1.1 主要仪器

本研究使用西门子16排模拟定位大孔径螺旋CT(SOMATOM Definition AS)、电子密度模体(CIRS 062M)(图1、2)、MEDRAD Vistron Plus 高压注射器和Raystation治疗计划系统(瑞典RaySearch公司,型号4.7.5.4)。



图1 电子密度模体 CIRS 062M  
Fig.1 Electron density module CIRS 062M

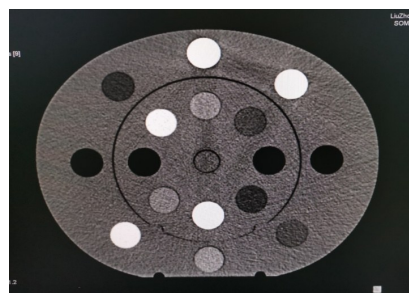


图2 CIRS 062M的CT图像  
Fig.2 CT image of CIRS 062M

### 1.2 病例选择

选取2021年1~5月期间在柳州市工人医院肿瘤放射治疗中心接受放疗的鼻咽癌患者60例做研究对象。其中男42例,女18例,年龄27~75岁,平均年龄48.93岁。随机分为两组:A组男性21例,女性9例,平均年龄49.13岁,平均体质量指数(BMI)为23.17;B组男性21例,女性9例,平均年龄48.73岁,BMI为23.86。两组患者性别、年龄以及BMI无统计学差异,均在检查前签署知情同意书。

## 2 方法

### 2.1 扫描方法

60例鼻咽癌患者行CT模拟定位时,嘱其仰卧在定位底板上,摆正位置并在其头颈部套上低温热塑模,待热塑模定型后,在患者头部的两侧等中心平面处按激光十字线放置3个直径为1 mm的金属标记点,按金属标记点作为零点,扫描范围从头顶至胸锁关节下2 cm,先行平扫再行增强扫描。A组:使用120 kV固定300 mAs行常规扫描;B组:固定120 kV并采用CARE Dose 4D技术,设置预设值为500 mAs。两组其他扫描参数相同:FOV 500 mm,层厚、层间距3 mm,螺距1,对比剂浓度320 mgI/mL,剂量1.5 mL/kg,速率2.5 mL/s。

### 2.2 建立两组扫描方法的CT-RED转换曲线

扫描前机器进行自检预热,确保CT处于正常状态。在两种不同扫描条件下进行扫描电子密度模体,并在两组CT图像中测量各模体棒的对应CT值,取其平均值。通过Raystation治疗计划系统CT-RED转换曲线程序建立两组不同扫描方法下的CT-RED转换曲线,比较两组曲线的是否具有差异。

### 2.3 客观图像质量评估

两组患者扫描完成后,在CT-SIM重建图像并传至后处理工作站,选择3个层面(鼻咽部肿瘤中心层面、颈部淋巴结转移灶层面、肱骨头平面),分别测量胸锁乳突肌、三角肌、耳旁空气、鼻咽区可见病灶和同层面翼外肌的平均CT值和标准差(Standard Deviation, SD)。CT值的标准差(SD)代表该层面的噪声水平,并计算信噪比(Signal-to-Noise Ratio, SNR)=病灶平均CT值/病灶区SD,对比噪声比(Contrast-to-Noise Ratio CNR)=(病灶平均CT值-翼外肌平均CT值)/翼外肌SD。对比两组SNR、CNR以及GTV的平均CT值和SD的差异性。

### 2.4 主观图像质量评估

2组图像均由2名有经验的肿瘤放疗医师按照ICRU62号文件原则进行靶区勾画,并进行双盲法评分,分别观察3个层面图像,以整体图像质量的优劣

进行评分<sup>[8]</sup>:5分,解剖细节显示清楚,组织边界明显,3个层面靶区均能精确勾画;4分,解剖细节较清楚,组织边界能够区分,保证鼻咽区病灶层面及颈部淋巴结转移灶层面不影响靶区勾画;3分,大部分的解剖结构可用于靶区勾画,少数淋巴结转移病灶解剖结构模糊,只有其中一个层面影响靶区勾画;2分,基本解剖结构显示不清楚,边界不清楚,剖细节不足以被发现,有2个层面不能进行靶区勾画;1分,解剖结构模糊,3个层面均不能用于靶区勾画。评分4分以上为优质图像,3分以上表明能满足靶区勾画要求。评分出现分歧时,由2名医师协商达成一致意见。

2.5 辐射剂量评估

CT 容积剂量指数 (CT Volume Dose Index, CTDI<sub>vol</sub>)是目前国内外最常用的一种欧共体定义的CT剂量指标,能反映整个扫描容积范围内的剂量情况<sup>[9]</sup>,并且在定期开机校准的前提下,医院CT设备的稳定性检测结果均能满足现有检测规范的要求<sup>[10]</sup>。因此本研究应用CT机自动生成的CTDI<sub>vol</sub>及剂量长度乘积(Dose Length Product, DLP)来计算有效剂量(Effective Dose, ED),并以此来评价患者的辐射剂量。DLP是一次扫描患者所接受的辐射剂量,DLP=CTDI<sub>vol</sub>×扫描长度,是反映身体不同部位的非均匀性辐射剂量;参考最新欧盟委员会CT质量标准指南<sup>[11]</sup>,ED(mSv)=DLP(mGy·cm)×k,颈部转换系数k=0.005 9 mSv/(mGy·cm)。记录两组患者由CT机自动生成的CTDI<sub>vol</sub>和DLP,并分别计算ED。

2.6 统计学分析

采用SPSS 22.0软件进行统计学分析。两组图像SD、SNR、CNR、GTV的CT值、DLP、CTDI<sub>vol</sub>、ED、SD的比较均采用独立样本t检验,主观评分采用Mann-whitney U检验。P<0.05为差异有统计学意义。

3 结果

3.1 两组扫描方法对 CT-RED 曲线的影响

A组和B组扫描CIRS 062M的数据如表1所示,在两种不同的扫描方法下,各等效组织模体棒对应的相对电子密度及CT值的变化并不大(图3)。CT-RED转换曲线几乎不变,而相对电子密度是剂量计算的基础,因此开启CARE Dose 4D并不会对剂量计算产生差异。

3.2 两组患者的一般资料、客观评价

两组患者年龄、BMI之间均无统计学差异(P>0.05),客观评价中两组图像SNR、CNR、GTV的平均CT值之间的差异无统计学意义(P>0.05,表2),具有可比性。

表 1 等效组织模体对应的相对电子密度及 CT 值  
Tab.1 Relative electron density and CT values corresponding to equivalent tissue phantoms

模型	相对电子密度	120 kV 管电压下的 CT 值/HU	
		固定 300 mAs	CARE Dose 4D
Air	0.001	-1 000	-1 000
Lung-Inhale	0.205	-789	-808
Lung-Exhale	0.507	-495	-480
Adipose	0.960	-59	-67
Breast	0.990	-29	-32
Water	1.000	-4.5	0
Muscle	1.060	43	40
Liver	1.070	60	52
Bone-Trabecular	1.160	209	230
Dense Bone1	1.530	849	880
Dense Bone2	1.820	1 274	1 256

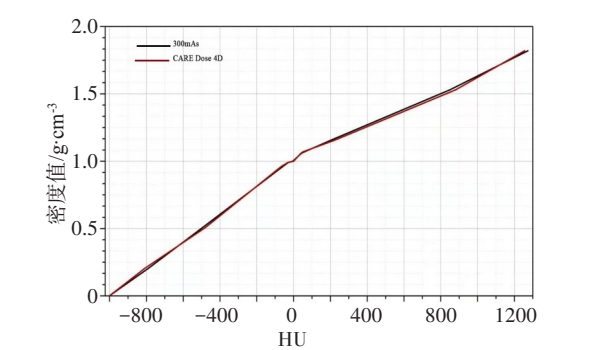


图 3 两种不同扫描方式下 CT 值与电子密度值的转换曲线

Fig.3 CT-RED conversion curves under two different scanning modes

3.3 辐射剂量分析

B组与A组比较CTDI<sub>vol</sub>降低35%,DLP、ED均降低43%,差异有统计学意义(t=49.441、33.284、33.310,P<0.001,表3)。因此,在鼻咽癌的放疗定位扫描中应用CARE Dose 4D技术可以明显降低患者的辐射剂量。

3.4 两组图像的噪声及主观评价比较

两组图像在肩部三角肌平面,A组SD高于B组,差异有统计学意义(t=30.809,P<0.001);颈部胸锁乳突肌、鼻咽部翼外肌、同层面空气中的SD差异无统计学意义(t=0.236、-0.408、-0.538,P>0.05,表4)。两组图像主观评价存在显著性差异(z=-2.445,P<0.05),虽然都满足GTV勾画要求,但是在A组图像中,肩部横断面内颈部淋巴引流区噪声较大,这对医生勾画该层面的靶区造成了一定困扰(图4)。因此,从靶区勾画角度来说,B组图像要优A组图像。



表2 两组患者一般资料、客观评价比较( $\bar{x} \pm s$ )

Tab.2 Comparison of general information and objective evaluation between two groups (*Mean±SD*)

组别	<i>n</i>	年龄/岁	BMI/kg·m <sup>-2</sup>	GTV的平均CT值	SNR	CNR
A	30	49.13±10.50	23.17±3.28	68.30±8.65	9.27±1.97	1.19±0.91
B	30	48.73±10.58	23.86±2.72	70.93±9.47	9.36±1.76	1.34±0.82
<i>t</i> 值		0.147	-0.886	-1.124	-0.206	-0.670
<i>P</i> 值		0.884	0.379	0.265	0.838	0.506

表3 两组患者辐射剂量对比分析( $\bar{x} \pm s$ )

Tab.3 Comparative analysis of radiation dose between two groups (*Mean±SD*)

组别	CTDI <sub>vol</sub> /mGy	DLP/mGy·cm	ED/mSv
A	24.03±0.40	891.62±38.68	5.26±0.23
B	15.62±0.93	510.37±49.40	3.01±0.29
<i>t</i> 值	49.441	33.284	33.310
<i>P</i> 值	<0.001	<0.001	<0.001

4 讨论

根据ICRU 62号文件定义治疗体积,其中GTV1和GTV2分别为鼻咽区可见病灶和颈部转移淋巴结,CTV为鼻咽区、颅底、鼻腔和上颌窦后部、咽旁间隙、II-V区颈部淋巴引流区,PTV为CTV外放5 mm<sup>[12]</sup>。而鼻咽癌模拟定位CT扫描的范围包括颅底-颈部-部分肩部,其中包括了辐射敏感器官眼晶状体和甲状

表4 两组图像的主观评分及噪声对比分析( $\bar{x} \pm s$ )

Tab.4 Subjective score and noise analysis of two groups of images (*Mean±SD*)

组别	噪声				图像质量评分/例			
	空气	胸锁乳突肌	三角肌	翼外肌	5分	4分	3分	3分以下
A	5.93±0.55	6.07±0.57	11.40±0.76	7.58±1.25	6	15	9	0
B	6.00±0.51	6.03±0.64	6.30±0.50	7.70±1.01	11	18	1	0
<i>t</i> 值	-0.538	0.236	30.809	-0.408	<i>z</i> =-2.445, <i>P</i> =0.014			
<i>P</i> 值	0.593	0.815	<0.001	0.685				

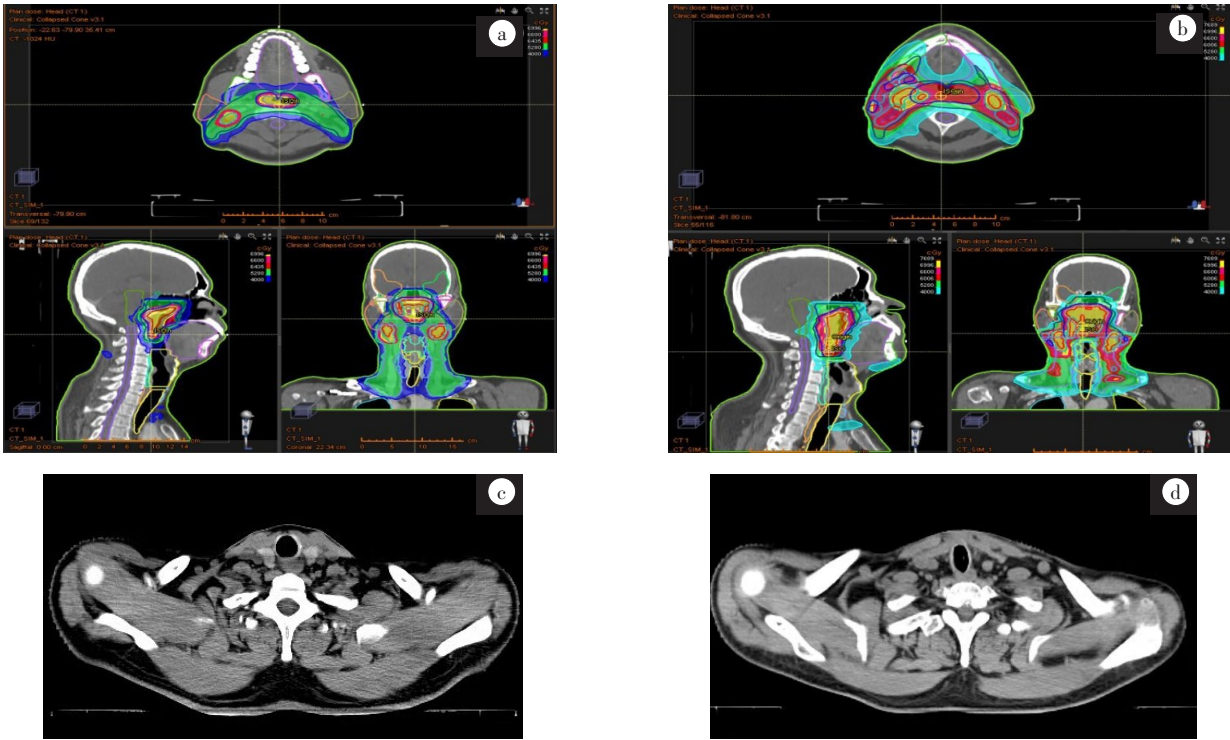


图4 两组图像靶区勾画及肩部横断面的对比

Fig.4 Comparison of target area segmentation and shoulder cross-sections between two groups of images

a、c为A组靶区勾画分布和肩部横断面,b、d为B组靶区勾画分布和肩部横断面

腺(图4),因此鼻咽癌放疗定位CT扫描中应该充分考虑对患者造成的潜在辐射危害。有文献报道,超过5~150 mSv的X线吸收剂量与癌症发生有关<sup>[13]</sup>。在降低辐射危害方面,如何个体化兼顾辐射剂量与图像质量的平衡,是放射工作人员研究的重要课题<sup>[14]</sup>,相关研究表明可通过降低管电压、管电流和应用CARE Dose 4D的方法来降低患者的辐射剂量<sup>[15-16]</sup>。因此本研究主要探讨CARE Dose 4D技术在鼻咽癌放疗定位中兼顾图像的质量以及稳定的CT值的同时降低患者辐射剂量的可行性。

放疗定位CT扫描不同于放射科诊断CT扫描,放射科诊断CT检查只需考虑是否满足临床影像诊断,而放疗定位CT扫描不仅需要提供高质量的图像以保证靶区及危及器官组织的勾画,还要提供稳定的CT值以保证CT-RED转换曲线的稳定,从而保证放疗计划系统的剂量计算。大部分放疗单位采用单一扫描协议的方式采集影像<sup>[17]</sup>,以保证图像的质量和CT-RED转换曲线的稳定。本研究基于CIRS 062M,采用不同的管电流设置方法进行扫描,发现固定300 mAs和开启CARE Dose 4D技术调节下,各组织等效模体棒对应的相对电子密度及CT值的变化并不大,CT-RED转换曲线几乎不变。而相对电子密度是剂量计算的基础,因此开启CARE Dose 4D并不会对剂量计算产生差异。与张坤等<sup>[18]</sup>和朱凤盈等<sup>[19]</sup>基于CIRS电子密度模体对CT图像CT值的影响因子进行详细的分析的研究结果相符,该研究结果明确了扫描条件中管电压、过滤器、扫描位置对CT值的影响,但是管电流的变化对CT值没有影响。

CARE Dose 4D是一种自动曝光控制功能,能够以优化的剂量在各种体型和身体各种部位的检查中获得稳定的图像质量;能够根据每个病人的具体解剖特征自动调整管电流,以获得稳定的诊断图像质量。而管电流的变化对图像的质量有较大的影响,有研究发现,管电流降低以后,1%对比度的2 mm插件已经无法用肉眼观察到<sup>[20]</sup>。因此在鼻咽癌放疗定位CT扫描中,在使用不同扫描协议时,需要注意图像的特性和某些图像质量的改变。有文献报道,在CT扫描时,应用CARE Dose 4D技术可得到优质的图像质量,并能降低约26.17%的有效辐射剂量<sup>[15]</sup>。而鼻咽癌放疗定位的扫描范围包括了颅底-颈部-部分肩部,体层厚度、组织解剖特征差异大,造成各位置的X线衰减率变化大。通过应用CARE Dose 4D技术实时调节管电流,在螺旋扫描过程中,CT机的球管根据X线衰减率的不同,自动控制X线的管电流,从而实现自动实时剂量调节,确保剂量最优化。有研究证明在相同管电压下,增加CARE Dose 4D的预

设置,实际输出的mAs增加,辐射量增大,SD降低,图像质量提高<sup>[21]</sup>。本研究A组中应用固定300 mAs扫描,结果发现肩部平面淋巴引流区噪声大,而且有条状伪影,分析认为锁骨与周围软组织密度相差较大,部分容积效应的影响会产生条带状的骨伪影<sup>[22]</sup>。而CARE Dose 4D可以在此位置根据mAs预设值自动增加实际输出的mAs以改善图像质量,因此,应该合理设置CARE Dose 4D的预设值,这样才能在保证图像质量的前提下降低辐射剂量。本研究使用CARE Dose 4D预设值500 mAs,以增加肩部区域所需的mAs调节上限,获得了良好的图像质量的同时较固定300 mAs降低了43%的有效辐射剂量。本研究主要探讨CARE Dose 4D在鼻咽癌放疗定位中的应用价值,其预设值的最佳值我们将在后续研究中再进行多参数对比研究。

本研究探讨在鼻咽癌放疗定位CT扫描中应用CARE Dose 4D技术,对比该技术下测量的CT-RED转换曲线与常规固定mAs扫描下测量的CT-RED转换曲线,结果证明该技术是可行的。分析图像质量及辐射剂量,结果显示,应用CARE Dose 4D技术扫描的B组患者接受的辐射剂量低于用固定mAs扫描的A组,CTDI<sub>vol</sub>降低35%,DLP、ED均降低43%。两组图像的SNR、CNR以及GTV的平均CT值之间的差异无统计学意义( $P>0.05$ );而肩部肱骨头水平两组图像SD差异有统计学意义( $P<0.001$ ),且A组三角肌水平SD要高于B组,分析认为肩部水平组织厚,密度大,从而造成X线高衰减,CARE Dose 4D自动升高管电流可降低图像SD。颈部和鼻咽部的位置由于组织厚度相对薄,密度小,造成X线的低衰减,因此有效mAs降低并不会造成探测器的有效光子数量减少<sup>[13]</sup>。两组图像主观评价存在显著性差异( $z=-2.445$ ,  $P<0.05$ ),虽然都满足GTV勾画要求(图4),但是在A组图像中由于肩部横断面内颈部淋巴引流区噪声较大,对医生勾画该层面的靶区造成了一定困扰。因此从靶区勾画角度来说B组图像质量要优A组。本研究在鼻咽癌放疗定位应用CARE Dose 4D技术进行CT扫描,在降低43%的辐射剂量的同时,提高部分图像质量。

综上所述,鼻咽癌的放疗定位扫描中应用CARE Dose 4D技术是可行的,图像完全满足临床GTV勾画的要求,能对原发肿瘤做出精确的定位,骨质结构清晰显示,同时又能大幅度降低辐射剂量,值得推广应用。本研究的不足之处:(1)CARE Dose 4D的预设值设置为500 mAs、固定mAs设置为300 mAs,未进行多参数设置对照;(2)病例较少,下一步将增加样本量做进一步总结。

## 【参考文献】

- [1] MOHAMMED M A, ABDGHANI M K, HAMED R I, et al. Review on nasopharyngeal carcinoma: concepts, methods of analysis, segmentation, classification, prediction and impact: a review of the research literature[J]. J Comput Sci, 2017, 21: 283-298.
- [2] HABERER-GUILLERM S, TOUBOUL E, HUGUET F. Intensity modulated radiation therapy in nasopharyngeal carcinoma [J]. Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis, 2015, 132(3): 147-151.
- [3] WU L R, LIU Y T, JIANG N, et al. Ten-year survival outcomes for patients with nasopharyngeal carcinoma receiving intensity-modulated radiotherapy: an analysis of 614 patients from a single center[J]. Oral Oncol, 2017, 69(6): 26-32.
- [4] 钟嘉健, 王成涛, 邓永锦, 等. OBI图像引导在鼻咽癌IMRT中的应用[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2017, 26(9): 992-996.  
ZHONG J J, WANG C T, DENG Y J, et al. Application of OBI system in intensity-modulated radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2017, 26(9): 992-996.
- [5] 孔繁图, 陈露茜, 金锦辉, 等. CT扫描电压与CT值-相对电子密度值转换曲线不匹配对放疗计划剂量的影响[J]. 中国医学物理学杂志, 2021, 38(3): 312-316.  
KONG F T, CHEN L X, JIN J H, et al. Effects of mismatch between CT scanning voltage and CT-RED conversion curve on radiotherapy dose[J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2021, 38(3): 312-316.
- [6] SANDERUD A, ENGLAND A, HOGG P, et al. Radiation dose differences between thoracic radiotherapy planning CT and thoracic diagnostic CT scans[J]. Radiography, 2015, 22(2): 107-111.
- [7] 何欣, 张景东, 杨正汉, 等. 前置自适应统计迭代重建技术对超低剂量CT图像质量影响的模型研究[J]. 实用放射学杂志, 2019, 35(1): 110-113.  
HE X, ZHANG J D, YANG Z H, et al. Effect of pre-settled adaptive statistical iterative reconstruction Veo on image quality of ultra-low dose CT: phantom study[J]. Journal of Practical Radiology, 2019, 35(1): 110-113.
- [8] BEHRENDT F F, SCHMIDT B, PLUMHANS C, et al. Image fusion in dual energy computed tomography: effect on contrast enhancement, signal-to-noise ratio and image quality in computed tomography angiography[J]. Invest Radiol, 2009, 44(1): 1-6.
- [9] 徐辉, 岳保荣, 尉可道, 等. 我国CT扫描检查中受检者剂量调查结果与分析[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2019, 39(3): 213-217.  
XU H, YUE B R, WEI K D, et al. Investigation and analysis on the dose of the subjects in CT scanning in China[J]. Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection, 2019, 39(3): 213-217.
- [10] 伍健, 耿建华, 宋俊峰, 等. CT稳定性检测技术方案与实施的研究[J]. 中国医学装备, 2020, 17(4): 32-38.  
WU J, DI J H, SONG J F, et al. Study on the technical scheme and implementation of the stability test of CT [J]. China Medical Equipment, 2020, 17(4): 32-38.
- [11] Commission European. European guidelines on quality criteria for computed tomography (EUR 16262 EN)[J]. Report Eur, 2000: 16262.
- [12] 孙宜, 李兆斌, 章青, 等. 鼻咽癌调强放疗中肿瘤和正常组织体积剂量变化的研究[J]. 现代肿瘤医学, 2015, 11: 1517-1521.  
SUN Y, LI Z B, ZHANG Q, et al. Dose-volume study for tumor and normal tissue of nasopharyngeal carcinoma with IMRT[J]. Modern Oncology, 2015, 11: 1517-1521.
- [13] BRENNER D J, HALL E J. Computed tomography-an increasing source of radiation exposure[J]. N Engl J Med, 2007, 357(22): 2277-2284.
- [14] 曹治婷, 陈刚, 刘铁军, 等. 128MSCT应用三低技术结合iDose4在肺动脉成像的研究[J]. 医学影像学杂志, 2018, 28(12): 2030-2034.  
CAO Z T, CHEN G, LIU T J, et al. Study of 128-slice MSCT pulmonary angiography with "Tri-Low" technique and iDose4[J]. Journal of Medical Imaging, 2018, 28(12): 2030-2034.
- [15] 李青青, 吴莉, 江杰, 等. CARE kV联合CARE Dose 4D技术降低颈部肿大淋巴结CT扫描的辐射剂量[J]. 中国医科大学学报, 2016, 45(1): 48-52.  
LI Q Q, WU L, JIANG J, et al. Application of CARE kV combined with CARE Dose 4D technology to reduce the radiation dose in CT scanning of enlarged cervical lymph nodes [J]. Journal of China Medical University, 2016, 45(1): 48-52.
- [16] 赵飞, 李真林, 李磊, 等. 双定位像结合Care Dose 4D和Care kV技术在降低肺部CT辐射剂量的临床应用价值[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2017, 37(5): 389-392.  
ZHAO F, LI Z L, LI L, et al. The clinical value of anteroposterior and lateral scout image combined with Care Dose 4D and Care kV in reducing radiation dose of chest CT scanning[J]. Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection, 2017, 37(5): 389-392.
- [17] 祁振宇, 黄劲敏, 邓小武. 放疗计划CT值的校准检测及其影响因素分析[J]. 癌症(英文版), 2006, 25(1): 110-114.  
QI Z Y, HUANG S M, DENG X W. Calibration of CT values used for radiation treatment planning and its impact factors[J]. Chinese Journal of Cancer, 2006, 25(1): 110-114.
- [18] 张坤, 李芳, 陈力, 等. 大孔径CT模拟定位机扫描条件对CT值影响分析[J]. 现代肿瘤医学, 2021, 29(9): 1575-1579.  
ZHANG K, LI F, CHEN L, et al. Analysis of the effect of scanning conditions of Brilliance CT big bore on CT value [J]. Modern Oncology, 2021, 29(9): 1575-1579.
- [19] 朱凤盈, 马彦凝, 罗锦胜, 等. CT-电子密度转换曲线误差对IMRT剂量计算结果的影响[J]. 中国医学物理学杂志, 2020, 37(7): 816-821.  
ZHU F Y, MA Y N, LUO J S, et al. Effect of the error of CT-electron density conversion curve on IMRT dose calculation [J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2020, 37(7): 816-821.
- [20] 殷旭君, 王新, 李夏南, 等. 低剂量迭代重建技术在放疗定位图像中的应用[J]. 中国医学物理学杂志, 2020, 37(2): 145-152.  
YIN X J, WANG X, LI X N, et al. Application of low-dose iterative reconstruction technique for radiotherapy localization images [J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2020, 37(2): 145-152.
- [21] 赵海波, 罗焕江, 廖明壮, 等. 双源CT 70与120 kV不同CARE Dose 4D预设值下图像质量的对比研究[J]. 医疗卫生装备, 2019, 40(2): 62-65.  
ZHAO H B, LUO H J, LIAO M Z, et al. Comparative study on 70 and 120 kV dual-source CT image quality with different CARE Dose 4D preset values [J]. Chinese Medical Equipment Journal, 2019, 40(2): 62-65.
- [22] 胡广柱, 朱大荣, 韩志江, 等. 颈部CT扫描中定位片对甲状腺锁骨伪影的预测价值[J]. 中国临床医学影像杂志, 2018, 29(7): 471-474.  
HU G Z, ZHU D R, HAN Z J, et al. Predictive value of the positioning images in neck CT scans for clavicular artifacts of thyroid[J]. Journal of China Clinic Medical Imaging, 2018, 29(7): 471-474.

(编辑:谭斯允)