

论 著

Revolution CT单能量成像联合低管电流、个体化剂量及ASiR技术在头颈部CTA中的应用价值研究

1.蚌埠医学院第一附属医院放射科/蚌埠医学院影像学院(安徽蚌埠233000)

2.阜阳市第二人民医院CT室(安徽阜阳236000)

丁晓云¹ 石士奎^{1,*} 张平¹
李聪聪¹ 王瑞瑞¹ 吴瑞^{1,2}

【摘要】目的 探讨Revolution CT单能量成像联合低管电流、个体化剂量及自适应统计迭代重建(ASiR)技术在头颈部CT血管成像(CTA)中的应用价值。

方法 将60例临床疑似头颈部血管疾病需行头颈部CTA检查的患者分为64排常规螺旋CT扫描组、256 Revolution CT单能量成像联合低管电流、个体化剂量及ASiR技术组各30例。对两组图像进行主观及客观评分。记录两组扫描的剂量长度乘积(DLP)。

结果 研究组主动脉弓、颈动脉分叉处及大脑中动脉M1段CT值均高于常规组,差异具有统计学意义($P<0.05$)。研究组DLP及有效辐射剂量(ED)明显低于常规组,差异具有统计学意义($P<0.05$)。研究组平均碘对比剂用量及碘负荷低于常规组,差异具有统计学意义($P<0.05$)。两组图像噪声及图像质量主观评分无统计学意义($P>0.05$)。两组图像主动脉弓、颈动脉分叉处及大脑中动脉M1段的信噪比(SNR)、对比信噪比(CNR)的差异无统计学意义($P>0.05$)。

结论 Revolution CT单能量成像联合低管电流、个体化剂量及ASiR技术可获得符合临床诊断标准的头颈部血管图像,同时可明显降低辐射剂量及碘对比剂用量。

【关键词】 Revolution CT; 低管电流; 自适应统计迭代重建技术; 血管成像; 体层摄影术; X线计算机

【中图分类号】 R445.3; R323.1

【文献标识码】 A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2021.05.047

Application Value of Revolution CT Monochromatic Imaging Combined with Low Tube Current, Individualized Dose and ASiR in Head and Neck CTA

DING Xiao-yun¹, SHI Shi-kui^{1,*}, ZHANG Ping¹, LI Cong-cong¹, WANG Rui-rui¹, WU Rui^{1,2}.

1.Department of Radiology, The First Affiliated Hospital of Bengbu Medical College, Image School of Bengbu Medical College, Bengbu 233000, Anhui Province, China

2.CT Room, Fuyang Second People's Hospital, Fuyang 236000, Anhui Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the application value of Revolution CT monochromatic imaging combined with low tube current, individual dose and Adaptive Statistical iterative Reconstruction (ASiR) technology in CT angiography (CTA) of head and neck. **Methods** Sixty patients with clinically suspected head and neck vascular disease who required head and neck CT angiography were divided into a 64-row conventional spiral CT scan group, 256 Revolution CT monochromatic imaging combined with low tube current, individualized dose, and ASiR technology group, 30 patients each. Subjectively and objectively score the two groups of images. Record the dose length product (Dose length product, DLP) of the two scans. **Results** The CT values of the aortic arch, carotid bifurcation, and M1 segment of a middle cerebral artery in the study group were higher than those in the conventional group, and the difference was statistically significant ($P<0.05$). The DLP and effective radiation dose (ED) of the study group were significantly lower than those of the conventional group, and the difference was statistically significant ($P<0.05$). The average iodine contrast agent dosage and iodine load in the study group were lower than those in the conventional group, and the difference was statistically significant ($P<0.05$). The comparison of subjective scores of image noise and image quality between the two groups was not statistically significant ($P>0.05$). There was no statistically significant difference in the signal-to-noise ratio (SNR) and contrast signal-to-noise ratio (CNR) of the aortic arch, carotid artery bifurcation, and middle cerebral artery M1 between the two groups of images ($P>0.05$). **Conclusion** Revolution CT monochromatic imaging combined with low tube current, individualized dose, and ASiR technology can obtain head and neck blood vessel images that meet clinical diagnostic standards while significantly reducing radiation dose and iodine contrast agent dosage.

Keywords: Revolution CT; Low Tube Current; Adaptive Statistical Iterative Reconstruction; Angiography; Tomography; X-ray Computed

头颈部CT血管成像(CT angiography, CTA)凭借其安全、高效及方便等特点已成为诊断头颈部血管疾病的首选影像学检查方法,但为了保证图像质量,通常需加大碘对比剂用量,导致辐射剂量大幅增加,同时也使患者的对比剂肾病发生率提高。因此,如何在确保图像质量的前提下降低辐射剂量及碘对比剂用量越来越成为临床亟需解决的问题^[1]。本研究旨在探讨Revolution CT单能量成像联合低管电流、个体化剂量及自适应统计迭代重建(ASiR)技术在确保图像质量的前提下降低辐射剂量及碘对比剂用量的可行性以及在头颈部CTA中的应用价值。

1 材料与方法

1.1 一般资料 前瞻性收集临床疑似头颈部血管疾病的患者60例,随机分配成常规组30例,研究组30例。常规组中,男20例,女10例,年龄40~83岁,平均年龄59.27岁。研究组中,男22例,女8例,年龄33~80岁,平均年龄59.93岁。两组病人的性别、年龄差异无统计学意义($P>0.05$)。

1.2 CTA检查方法 两组扫描范围均自主动脉弓至颅顶水平,均采用小剂量团注测试技术,人工智能触发扫描。

常规组:采用GE 64排螺旋CT对患者进行扫描,管电压100kV,自适应毫安设

【第一作者】丁晓云,女,住院医师,主要研究方向:影像诊断学。E-mail: 910708664@qq.com

【通讯作者】石士奎,男,副主任医师,主要研究方向:影像诊断学。E-mail: sskuijlp@163.com

置,管电流调节范围为150~650mAs,扫描层厚0.625mm,间隔0.625mm,螺距0.984:1,对比剂浓度350[mg(I)/mL],对比剂用量60mL,4.5mL/s流率。图像进行FBP重组。研究组:采用256排Revolution CT对患者进行扫描,管电压80kVp/140kVp瞬时切换,管电流280mA,扫描层厚0.625mm,间隔0.625mm,螺距0.984:1,对比剂浓度350[mg(I)/mL],个体化碘对比剂用量^[2]:当病人体质量小于60kg时,对比剂用量50mL;体质量为61~75kg时,碘对比剂用量(mL)=体质量(kg)×0.8;体质量>75kg时,对比剂用量60mL,4.5mL/s流率。采用50%ASiR技术重组出单能量60keV图像。

1.3 图像质量评价

1.3.1 主观评价 利用3分制标准评价VR、MIP及CPR图像^[3]。3分:图像对比度好,血管边缘清晰锐利,远端分支显示好,不存在明显的注射侧锁骨下静脉伪影;2分:图像对比度一般,血管边缘毛糙,远端分支显示一般,存在较明显的静脉伪影,但不影响邻近血管重建,能够满足临床诊断要求;1分:图像对比度差,血管边缘粗糙模糊,远端分支显示欠佳,存在严重的静脉伪影,影响邻近血管重建,无法满足临床诊断需求。

1.3.2 客观评价 测量横断位上主动脉弓、颈动脉分叉处及大脑中动脉M1段管腔的CT值。测量同层面身体左右两侧空气的CT值,CT值标准差(SD)平均值做为图像噪声。测量同层面左右椎旁肌或颞肌的CT值,CT值平均值做为背景信号。ROI统一设定为2~5mm²,以上数据各测量3次取平均值。利用

公式:SNR(信噪比)=目标血管CT值/图像噪声,CNR(对比信噪比)=(目标血管CT值-同层背景信号CT值)/图像噪声,计算SNR、CNR。

1.3.3 辐射剂量 每位患者顺利完成检查后,由计算机自动生成辐射剂量数值图,从辐射剂量数值图上记录DLP(剂量长度乘积),并利用公式:ED(有效辐射剂量)=DLP×k,计算ED,采用欧洲质量标准头颈部平均值:k为0.0059mSv·mGy⁻¹·cm⁻¹。

1.3.4 碘负荷 碘负荷(g)=碘对比剂体积(mL)×对比剂浓度/1000。

1.4 统计学方法 采用SPSS 25.0软件包对数据进行统计分析。计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,采用t检验;图像质量主观评分采用Mann-Whitney U非参数秩和检验。P<0.05表示差异具有统计学意义。

2 结果

30例常规组及30例对照组均顺利完成检查,将常规组及研究组原始数据传至GE ADW4.7工作站进行后处理,由两位放射学副主任医师用上述统一标准对图像各项指标进行评分,意见不统一时协商达成一致。

2.1 主观评分 常规组中,评分3分者22例,2分者8例,1分者0例;研究组中,评分3分者19例,2分者10例,1分者1例。两组图像质量主观评分差异无统计学意义(Z=-0.896,P=0.370)。典型病例影像图见图1~2。

2.2 客观评分 常规组主动脉弓、颈动脉分叉处及大脑中动

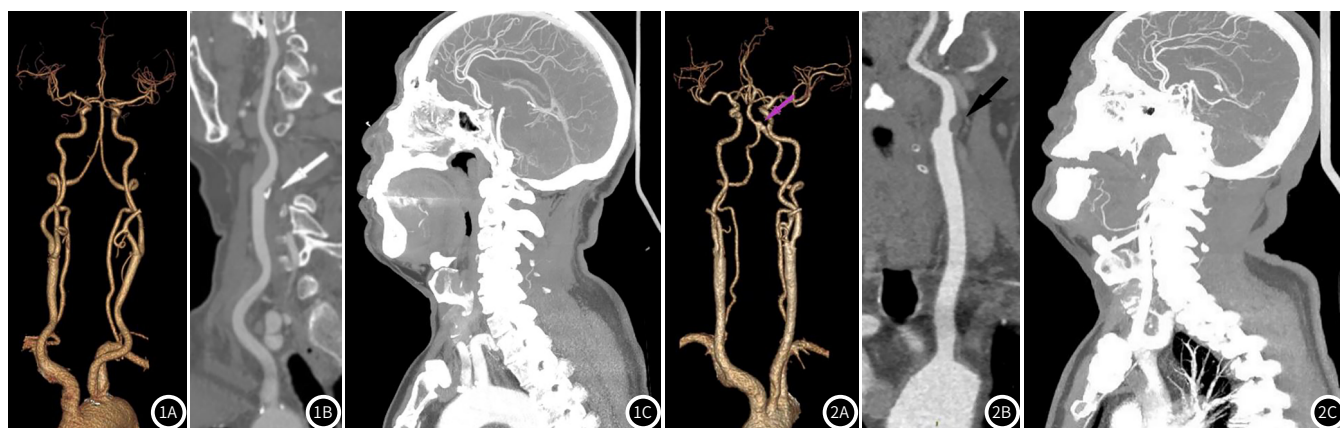


图1 男,72岁,常规扫描组患者,体质量70kg,对比剂用量60mL,VR图像(图1A),左颈内动脉CPR图像(1B),矢状位MIP图像(1C),颅内及颈内各级血管及分支显示清楚,左颈内动脉分叉处可见钙化斑块(白色箭头),斑块显示清晰,图像质量主观评分3分。图2 男,69岁,研究扫描组患者,体质量95kg,对比剂用量60mL,VR图像(2A),左颈内动脉CPR图像(2B),矢状位MIP图像(2C),颅内及颈内各级血管及分支显示清楚,两侧椎动脉与基底动脉交界处可见动脉瘤(紫色箭头),左颈内动脉分叉处可见软斑(黑色箭头),斑块显示清晰,图像质量主观评分3分。

脉M1段管腔CT值分别为(427.57±73.23)、(530.32±88.85)HU及(486.16±85.08)HU;研究组相应血管腔CT值分别为(572.39±85.81)、(591.58±86.65)及(541.72±90.52)HU。研究组各项CT值均高于常规组,差异具有统计学意义(P<0.05);两组图像噪声比较无统计学意义(P>0.05);两组图像主动脉弓、颈动脉分叉处及大脑中动脉M1段的SNR、CNR的差异无统计学意义(P>0.05),具体见表1。

2.3 辐射剂量比较 研究组DLP及ED均明显低于常规组,差异具有统计学意义(P<0.05),见表2。

2.4 碘负荷比较 常规组平均碘对比剂用量60mL,高于研究

组平均碘对比剂用量(55.13mL)。常规组平均碘负荷高于研究组。两者差异均具有统计学意义(P<0.05),见表2。

3 讨论

头颈部CTA一次成像便可获得主动脉弓上头颈部血管的独立显示,且快速、安全,在临床中得到广泛应用,但其CT高辐射剂量及对比剂肾病的发生,使得降低辐射剂量及碘对比剂的用量成为临床亟需解决的问题。

256 Revolution CT管电压在80kVp/140kVp之间瞬时切换,可同时获取40~140keV之间不同水平单能量图像,廖海

表1 两组图像质量客观评分比较($\bar{x} \pm s$)

指标		常规组	研究组	t	P
图像噪声		6.71±3.04	7.11±2.88	0.508	0.613
SNR	主动脉弓	80.52±45.45	95.06±42.84	-1.275	0.207
	颈动脉分叉处	98.35±44.67	100.33±57.24	0.149	0.882
	大脑中动脉	91.49±52.06	89.42±41.00	0.170	0.865
CNR	主动脉弓	70.12±40.18	82.38±37.94	-1.215	0.229
	颈动脉分叉处	87.10±50.36	87.85±40.55	-0.063	0.950
	大脑中动脉	77.14±45.69	76.44±35.49	0.066	0.948
CT值(HU)	主动脉弓	427.57±73.23	572.39±85.81	-7.031	0.000
	颈动脉分叉处	530.32±88.85	591.58±86.65	-2.704	0.009
	大脑中动脉	486.16±85.08	541.72±90.52	-2.450	0.017

表2 两组图像的辐射剂量及碘负荷比较($\bar{x} \pm s$)

组别	DLP(mGy·cm)	ED(mSv)	碘负荷(g)
常规组	1353.13±130.23	7.98±0.77	21.00
研究组	681.46±49.26	4.02±0.29	19.41±1.39
t	26.421	26.410	6.297
P	0.000	0.000	0.000

等^[4]、邓小林等^[5]通过最佳CNR曲线分别得出头颈部CTA最佳单能量区间为54.15~56.35keV及57~63keV。基于最佳CNR曲线所得的最佳单能量图像,增加了图像的CT值及与周围组织的对比,使得头颈部血管的CNR达到最佳,并可以获得更加满意的后处理重建图像,但此时最佳单能量值处于较低水平。低能量水平会导致图像噪声增加,图像质量下降。ASiR技术作为一种新型的CT图像重建算法,与传统FBP图像噪声较高、伪影显著及空间分辨率较差不同,ASiR技术在图像降噪、减轻伪影及减少辐射剂量等方面具有显著优势^[6],可在低能量水平下进一步显著提升图像质量^[7]。但ASiR技术可以使用的最低单能量值为60keV,所以研究组选择60keV单能量水平,并接近头颈部CTA最佳单能量值,以确保获取最优化图像质量。

医源性辐射损伤与辐射剂量呈正相关,能够影响辐射剂量的因素主要包括:管电压、管电流、对比剂浓度及对比剂使用方案等。辐射剂量与管电压的平方呈正线性相关,轻微降低管电压即可有效降低辐射剂量。管电流越高,辐射剂量越高,带给患者的辐射损伤越高。大剂量、高浓度对比剂的使用会使患者接受更多辐射剂量,诱导对比剂肾病的发生,更甚者损伤患者体内DNA,诱导肿瘤发生。由于能谱扫描管电压在80kVp/140kVp之间瞬时切换,不可改动,所以降低管电流是最常用且直接有效的方法^[8]。在管电压不变的前提下降低管电流,可以明显降低辐射剂量^[9]。本研究中,常规组采用自适应毫安设置,观察发现,毫安值均浮动在647~648mAs之间,研究组固定低管电流280mAs,较常规组降低约57%。但既往研究表明,盲目降低管电流会使图像噪声增加而导致图像质量下降,影响临床诊断^[10]。研究组采用50%ASiR技术重组出单能量60keV图像,在一定程度上克服了低管电流条件下图像噪声增加的缺点,并同时增加光电效应来提高对比剂的CT值及

与周围组织的对比,图像质量得到了优化。在头颈部血管图像质量分析过程中,SNR及CNR是评价图像质量最重要的客观指标。DLP及ED是评价辐射剂量最重要的指标。本研究结果显示,研究组与常规组主动脉弓、颈动脉分叉处及大脑中动脉M1段的SNR、CNR的差异无统计学意义($P>0.05$),且研究组DLP及ED较常规组DLP及ED明显降低,均降低约50%,两者之间具有显著差异($P<0.05$)。在同水平图像噪声背景下,研究组确保了在获得符合临床诊断标准图像质量的前提下,明显降低了辐射剂量,与先前的研究结果一致^[11-12]。

本研究采用个体化碘对比剂方案,当病人体质量小于60kg时,对比剂用量50mL;体质量为61~75kg时,碘对比剂用量(mL)=体质量(kg)×0.8;体质量>75kg时,对比剂用量60mL。个体化碘对比剂方案使绝大部分人群降低了碘对比剂用量,相应碘负荷也随之降低,而碘对比剂肾病的发生与碘对比剂用量及碘负荷相关,使得绝大部分需接受头颈CTA检查的肾功能不全患者从中受益。宋婷妮等^[13]研究发现,头颈CTA能谱扫描使用固定低管电流280mAs并结合单能量以及ASiR重组算法,在获得符合临床诊断标准图像质量的同时,可有效降低辐射剂量,但研究也存在一定的局限性,如在低单能量水平使用常规碘对比剂剂量60mL的情况下,颅内动脉血管CT值高达1000HU以上,少量颅内小静脉CT值也同时增高,使颅内动脉血管显示受到影响,降低了图像质量主观评分。本研究采用个体化碘对比剂方案,头颈部血管平均CT值约650.3HU,满足临床诊断要求,且两组图像质量主观评分差异无明显统计学意义,表明本研究扫描方案更加个体化、合理化,并提高了诊断安全性。

综上所述,头颈部CTA应用Revolution CT单能量成像并结合低管电流、个体化剂量及ASiR技术较常规头颈CTA应用自适应毫安模式及常规剂量碘对比剂方案相比可显著降低辐射剂量及碘对比剂用量,且图像质量符合临床诊断标准。

参考文献

- [1] 代伟.螺旋CT头颈动脉成像中低剂量扫描的特点及价值[J].临床医药文献电子杂志,2017,4(3):402-404.
- [2] 李杨,隋庆兰,刘霞,等.低管电压、低浓度及个体化剂量对比剂头颈部CTA图像质量及辐射剂量的评价[J].青岛大学学报(医学

- 版), 2019, 55 (5): 603-606.
- [3] 刘辉, 王卫, 李卫东, 等. 头颈动脉数字减影CTA应用自动毫安与能谱成像的辐射剂量和成像质量研究[J]. 中国医学装备, 2019, 16 (6): 28-33.
- [4] 廖海, 邓德茂, 陈文福, 等. 能谱CT最佳单能量技术提高头颅CTA成像质量及潜在优化对比剂应用初探[J]. 影像诊断与介入放射学, 2015, 24 (5): 394-398.
- [5] 邓小林, 谢惠, 屈亚林, 等. 能谱CT最佳单能量技术优化头颈部CTA图像质量的研究[J]. CT理论与应用研究, 2018, 27 (6): 40-47.
- [6] Geyer L L, Schoepf U J, Meinel F G, et al. State of the art: iterative CT reconstruction techniques[J]. Radiology, 2015, 276 (2): 339-357.
- [7] Kwon H, Cho J, Oh J, et al. The adaptive statistical iterative reconstruction-V technique for radiation dose reduction in abdominal CT: comparison with the adaptive statistical iterative reconstruction technique[J]. Br J Radiol, 2015, 88 (1054): 20150463.
- [8] Cohen, Mervyn D. ALARA, Image gently and CT-induced cancer[J]. Pediatr Radiol, 2015, 45 (4): 465-470.
- [9] 杨智云, 李树荣, 郑少燕, 等. 颞骨64排螺旋CT扫描剂量实验研究[J]. 临床放射学杂志, 2009, 28 (8): 1150-1153.
- [10] 杨枫, 郑书刚, 郑彩端. 256层螺旋CT双低剂量模式对头颈CTA图像质量的影响研究[J]. 西南国防医药, 2018, 28 (11): 1058-1061.
- [11] Cheng J, Yin Y, Wu H, et al. Optimal monochromatic energy levels in spectral CT pulmonary angiography for the evaluation of pulmonary embolism[J]. PLoS One, 2013, 8 (5): e63140.
- [12] 林晓珠, 沈云, 陈克敏. CT能谱成像的基本原理与临床应用研究进展[J]. 中华放射学杂志, 2011, 45 (8): 798-800.
- [13] 宋婷妮, 李真林, 赵俐红, 等. 低管电流能谱单能量结合多模型自适应统计迭代重组算法技术对头颅CT血管成像图像质量及辐射剂量影响: 体模与临床研究[J]. 中华放射学杂志, 2019, 53 (11): 998-1004.

(收稿日期: 2020-08-04)