

论 著

ASIR-V 重建算法在高原地区低剂量头颈CTA检查中的应用*

李春辉 次旦旺久* 边巴次仁
王先涛 尼玛卓嘎 张 鹏
雷彦明

西藏自治区人民医院放射科
(西藏 拉萨 850000)

【摘要】目的 探讨多模型迭代重建算法(ASIR-V)在高原地区低剂量头颈CTA检查中的应用价值。**方法** 临床需行头颈CTA的60例患者分为两组, 每组30例, 分别为100KV组(A组)和80KV组(B组), A组数据进行ASIR-V 40%进行重建, B组分别采用ASIR-V 40%和80%进行重建, 分别为B1组和B2组, 比较两组的辐射剂量, 各组图像质量进行主观及客观评分, 并进行统计分析。**结果** A组的有效剂量为: (3.06 ± 0.42) mSv, B组有效剂量为 (1.57 ± 0.29) mSv, 两组比较差异有统计学意义($P < 0.05$)。B1组及B2组颈动脉及大脑中动脉CT值高于A组, 各组比较差异有统计学意义($P < 0.05$), B1组和B2组图像噪声大于A组, 各组比较差异有统计学意义($P < 0.05$)。各组图像信噪比及对比噪声比比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。各组轴位图像及VR图像主观评价差异无统计学意义($P > 0.05$)。**结论** ASIR-V 重建算法联合低剂量能保证图像质量前提下能有效降低高原地区头颈CTA辐射剂量。

【关键词】 迭代算法; 血管成像; 低剂量; 多层螺旋CT

【中图分类号】 R322.1+2

【文献标识码】 A

【基金项目】 西藏自治区自然科学基金组团式援藏医学项目[XZ2021ZR-ZY08(Z)]

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.11.010

Application of Iterative Algorithm ASIR-V in Low-dose Head and Neck CTA Examination in Plateau Area*

Li Chun-hui, Cidanwangjiu*, Bianbaciren, WANG Xian-tao, Nimazhuoga, ZHANG Peng, LEI Yan-ming.

Department of Radiology, Tibet Autonomous Region People's Hospital, Lhasa 850000, Xizang Autonomous Region, China

ABSTRACT

Objective To explore the application value of multi-model iterative reconstruction algorithm (ASIR-V) in low dose head and neck CTA examination in plateau area. **Methods** The 60 patients who need to undergo head and neck CTA in clinical practice were divided into two groups, with 30 patients in each group, namely the 100KV group (Group A) and the 80KV group (Group B). The data of group A were reconstructed by ASIR-V 40%, and those of group B were reconstructed by ASIR-V 40% and 80%, respectively, named as group B1 and B2. The radiation doses of the two groups were compared, and the subjective and objective image quality of each group was evaluated and statistically analyzed. **Results** The effective dose of Group A was (3.06 ± 0.42) mSv, while the effective dose of Group B was (1.57 ± 0.29) mSv, the difference between the two groups was statistically significant ($P < 0.05$). The CT values of the carotid and middle cerebral arteries in groups B1 and B2 were higher than those in group A, and the differences between the groups were statistically significant ($P < 0.05$). The image noise in groups B1 and B2 was greater than that in group A, and the differences between the groups were statistically significant ($P < 0.05$). There was no statistically significant difference in the signal-to-noise ratio and contrast-to-noise ratio of each group's images ($P > 0.05$). There was no statistically significant difference in subjective evaluation between axial and VR images ($P > 0.05$). **Conclusion** The combination of ASIR-V reconstruction algorithm and low dose can effectively reduce the CTA radiation dose of head and neck in plateau area under the premise of ensuring the image quality.

Keywords: Iterative Algorithm; Angiography; Low Dose; Tomography; Multi-slice CT

头颈部CT血管造影(computed tomographic angiography, CTA)因其快速、安全、相对无创等特点已成为临床头颈血管相关疾病诊断的重要的影像学检查方法, 广泛应用于颅脑血管闭塞性疾病、动脉夹层及动脉瘤等疾病的诊断中, 尤其近几年随着我国卒中中心建设的推进, 头颈CTA广泛应用于卒中患者的诊断及治疗评估中^[1]。但是CT检查存在一定辐射, 图像满足诊断要求的前提下降低CT辐射剂量成为临床关注问题^[2], 本研究采用GE公司Revolution CT全新的迭代算法自适应统计迭代重建技术(adaptive statistical iterative reconstruction technique, ASIR-V)联合低管电压在高原地区头颈CTA检查中的应用价值进行探讨。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取60例我院拟行头颈CTA的患者随机分为两组, 分别为A组和B组, 各组分30例。

纳入标准: 患者及家属知情同意, 所有患者配合良好, 无自主运动。排除标准: 肝肾功能衰竭者, 严重过敏反应患者, 头颈血管接受外科手术或介入手术治疗的, 头颈部区接受金属内固定治疗影响图像质量的患者。A组女性20例, 男性10例, 平均年龄为 (50.30 ± 14.54) 岁, B组女性18例, 男性12例, 平均年龄为 (49.83 ± 14.17) 岁, 两组年龄比较差异无统计学意义($t = -0.126$, $P = 0.900$)。

1.2 设备、扫描方法及图像重建 所有患者检查采用GE 128排Revolution CT, 取仰卧位, 头先进, 检查前去除扫描范围内患者身上金属物品, 患者头颅固定于检查床上, 保持头部不动, 检查范围主动脉弓至颅顶部。扫描参数A组: 管电压100KV, 自动管电流, NI为4, 采用ASIR-V 40%重建。B组: 管电压80KV, 自动管电流, 噪声指数为(noise index, NI)为4, 分别采用ASIR-V 40%和80%进行0.625mm薄层重建, 所得的数据分别命名为B1组和B2组。扫描层厚为5mm。所有患者首先进行平扫, 然后进行增强扫描, 经右肘静脉注射对比剂, 对比剂采用碘佛醇浓度为 $370[\text{mg}(\text{I})/\text{mL}]$, 对比剂先置于 37°C 保温箱加热至 $35 \sim 37^\circ\text{C}$, 对比剂注射采用双筒高压注射针筒, 首先注射对比剂50mL, 然后注射生理盐水20mL, 采用监测感兴趣区(region of interest, ROI), 150HU延迟5s自动触发扫描, 监测ROI置于升主动脉。扫描后的所有数据上传至我院PACS系统和联影(UAI)后处理处理系统, 后处理系统自动重建VR图像, 并重建后的图像上传至PACS系统。

1.3 图像质量评价 (1)图像客观评价: 我院PACS系统上由1名11年放射诊断经验的主治医师在3组轴位图像上双侧颈总动脉、双侧颈内动脉及双侧大脑中动脉M1段处血管内分别放置ROI, 测量血管内CT值和标准差(standard deviation, SD值), 画ROI时选择相

【第一作者】李春辉, 男, 初级技师, 主要研究方向: CT影像技术。E-mail: 810505379@qq.com

【通讯作者】次旦旺久, 男, 副主任医师, 主要研究方向: CT影像诊断。E-mail: cidwj@163.com

应层面血管内造影剂均匀充填区，避免选择血管壁钙化及明显伪影区，同时分别选择上述画ROI同层面的胸锁乳突肌、翼内肌及脑实质另画ROI(25mm²)，测量其CT值，为背景CT值，所有ROI数据测量3次，求其平均值为最终结果，并计算信噪比(signal-to-noise ratio, SNR)和对比噪声比(contrast-to-noise ratio, CNR)。SNR=血管CT值/SD, CNR=血管CT值-背景CT/SD。

(2)图像质量主观评价：由2两名10年以上放射诊断经验的影像诊断医师对不知患者信息及扫描信息情况下我院PACS系统掉出轴位图及容积重建(volume rendering, VR)图，并进行图像质量评价。图像质量主观评价采用4分法，4分为图像质量很好，血管主干及分支显示清晰，3分为图像质量较好，血管主干及其分支显示较好，满足诊断要求，2分图像质量较差，可显示血管主干及分支，基本满足诊断要求，1分为图像质量差，血管主干及分支显示不佳，不能满足诊断要求^[3]。

1.4 辐射剂量 每位患者扫描完成后，计算机自动形成CT剂量指数(computed tomography dose index of volume, CTDIvol)和剂量长度乘积(dose length product, DLP)，计算有效剂量(effective dose, ED)，ED=DLP×k，(k=0.0059mSV·mGy⁻¹·cm⁻¹)。

1.5 统计分析 统计分析采用SPSS 25.0进行统计分析，剂量资料以均数±标准差表示，两名医师对图像质量的主观评价采用Kappa检验(k<0.4，一致差；0.4≤k<0.75，一致一般；

k≥0.75一致性好)。各组图像客观参数比较采用方差分析，图像主观评价结果比较采用Mann-Whitney U检验。P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 图像质量客观评价结果 B1组和B2组左右颈总、颈内动脉及大脑中动脉的CT值明显大于A组，各组比较差异有统计学意义(P<0.05)，B1组和B2组图像噪声大于A组，各组比较差异有统计学意义(P<0.05)，各组CNR及SNR基本相近，各组比较差异无统计学意义(表1-3)。

2.2 图像质量主观评价 轴位图像质量和VR图像质量，两位观察者之间一致性好Kappa值分别为0.782、0.738，P值均<0.05，两位观察者对图像质量评分见(表4)，各组图像质量评分比较差异无统计学意义(P>0.05)，(图1)。

2.3 辐射剂量 A组和B组CTDIvol分别为(13.14±1.29)mGy、(6.70±1.02)mGy，两组比较差异有统计学意义(t=20.437，P=0.000)，DLP分别为(518.78±71.49)mGy cm、(266.10±48.75)mGy cm，两组比较差异有统计学意义(t=15.994，P=0.000)，ED分别为(3.06±0.42)mSv、(1.57±0.29)mSv，两组比较差异有统计学意义(t=15.994，P=0.000)。

表1 左右经总动脉CT值、CNR、SNR比较

	右侧颈总动脉					左侧颈总动脉				
	A组	B1组	B2组	F值	P值	A组	B1组	B2组	F值	P值
CT值	431.6±71.7	581.8±131.9	596.5±141.1	17.643	0.000	433.4±75.2	590.1±134.4	592.2±152.1	15.940	0.00
噪声	14.3±4.2	21.9±6.7	19.7±6.7	12.771	0.000	16.0±5.6	23.3±0.9	18.9±6.8	7.814	0.001
CNR	28.8±14.2	26.2±10.8	30.8±13.9	0.939	0.395	27.3±15.9	26.4±11.9	32.9±17.6	1.587	0.210
SNR	33.1±15.2	29.6±11.8	34.66±15.4	1.011	0.368	31.4±17.6	29.6±13.2	37.2±19.9	1.623	0.204

注：CNR：对比噪声比，SNR：信噪比。

表2 左右颈内动脉CT值、CNR、SNR比较

	右侧颈内动脉					左侧颈内动脉				
	A组	B1组	B2组	F值	P值	A组	B1组	B2组	F值	P值
CT值	424.8±69.9	580.1±117.9	586.9±126.5	21.743	0.000	596.1±126.2	427.9±71.7	593.9±120.8	23.500	0.000
噪声	17.1±7.4	23.1±9.3	18.4±9.4	3.918	0.023	14.8±4.5	23.2±8.3	19.54±9.52	8.814	0.000
CNR	25.1±13.0	29.1±22.8	37.1±20.2	2.637	0.077	25.9±11.1	26.3±10.9	32.1±12.9	3.140	0.076
SNR	29.6±15.6	32.5±24.5	41.7±22.8	3.064	0.052	28.9±11.8	30.9±12.4	36.5±15.2	2.609	0.079

注：CNR：对比噪声比，SNR：信噪比。

表3 左右大脑中动脉CT值、CNR/SNR比较

	右侧大脑中动脉					左侧大脑中动脉				
	A组	B1组	B2组	F值	P值	A组	B1组	B2组	F值	P值
CT值	392.4±71.2	547.9±131.6	551.4±123.1	19.753	0.000	397.6±65.1	531.6±100.7	544.8±136.4	18.088	0.000
噪声	12.8±7.3	22.6±11.5	20.1±9.2	8.606	0.000	14.1±6.3	22.1±12.5	19.2±5.7	6.607	0.002
CNR	43.5±59.0	31.7±24.9	32.0±18.2	0.912	0.405	29.8±16.6	30.10±20.9	29.9±16.3	0.368	0.693
SNR	48.7±65.3	34.6±27.1	34.7±19.7	1.104	0.336	33.5±18.2	32.9±22.7	29.39±16.3	0.498	0.610

注：CNR：对比噪声比，SNR：信噪比。

表4 两位观察者对各组轴位图像及VR图像质量评分比较

		A组	B1组	B2组	Z值	P值
轴位图像质量	观察者1	3.97±0.18	3.93±0.25	3.87±0.35	2.977	0.226
	观察着2	3.97±0.18	3.93±0.25	3.83±0.38		
VR图像质量	观察者1	3.93±0.25	3.97±1.83	3.97±1.83	1.564	0.457
	观察者2	3.93±0.25	3.97±1.83	3.97±1.83		

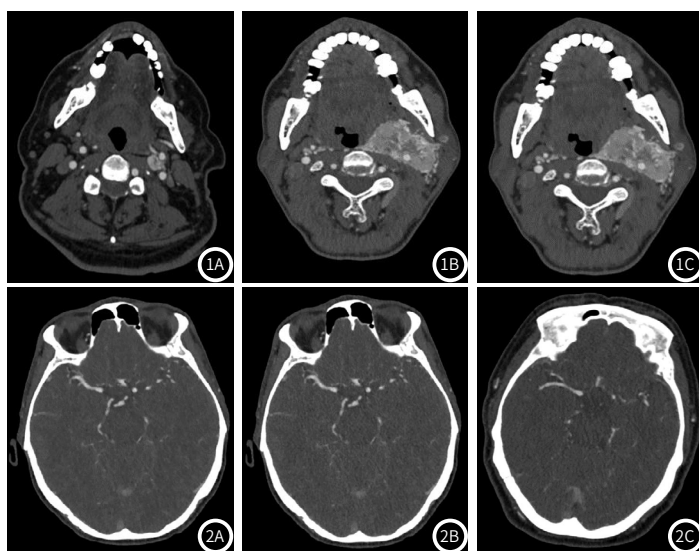


图1A-图1C为管电压为100KV, ASIR-V 40%重建。图2A-图2C和图3A-图3C管电压为80KV, 图2采用ASIR-V 40%重建, 图3采用ASIR-V 80%重建, 轴位图像观察A组图像肌肉脂肪对比度显示更好, 图2和图3肌肉脂肪对比度相近, 轴位图像均满足诊断要求, VR图像中, 图2、3血管边缘显示更清晰, 各组均能清晰颈部及颅内血管。

3 讨论

随着CT检查在临床中的普及, CT辐射的致癌风险及放射防护安全问题越来越受到临床的关注, CT检查和CTA检查是辐射暴露最高的影像学检查方法, 随着自动管电流技术、迭代重建技术等普及, 保证CT图像质量的前提下降低CT辐射剂量已成为可能^[4]。目前降低CT辐射剂量等方法主要有降低管电流和管电压, 降低管电流相比降低管电压能显著降低CT辐射剂量, 主要是因为辐射剂量的降低与管电压减低的平方呈正比, 而管电流的降低呈线性关系, 因此, 降低管电流的方法广泛应用于低剂量CT检查中。

本研究中分别采用两种管电压扫描头颈CTA, 分别为100KV和80KV, 发现80KV组头颈血管密度明显高于100KV, 与以往文献报道相似^[5-6], 原因是管电压在80KV附近时, X线束的平均光子能量接近K吸收边缘, 能有效提高碘造影剂的对比度^[7-8], 从而显著增加图像对比度, 因此, 临床CTA检查中, 降低管电压常作为主要的降低辐射剂量的手段。

降低管电压可显著降低CT辐射剂量, 本研究头颈CTA检查中80KV组相比100KV组有效辐射剂量降低近50%, 但是随着辐射剂量的降低, 能显著增加CT图像的噪声。近年来各CT厂家推出了降低辐射剂量和降低CT图像噪声的技术, ASIR-V是GE公司的新一代迭代重建算法, 可以有效降低图像噪声而改善图像质量, 广泛应用于临床低剂量CT检查中^[9]。本研究中, 100KV组采用ASIR-V权重为40%, 80KV组分别采用40%和80%两种权重。理论上随着迭代权重的增加图像噪声会降低, 本研究中80%组图像噪声略低于40%, 但是两组图像噪声差异不明显。主观图像质量分析发现, 轴位图像100KV组图像质量评分高于80KV组, 但是各组评分比较差异无统计学意义, 尤其80KV组的ASIR-V权重为40%和80%组之间评分相近, 观察发现ASIR-V权重80%组部分图像过于平滑细腻而出现失真感觉, 不同组织和器官的最佳ASIR值可能不同^[6,10], 本研究中发现对于头颈CTA检查ASIR-V权重为40%就能达到较好的图像质量。

图像的信噪比及对比噪声比能客观地反应图像质量的好坏, 本研究中发现100KV组和80KV组头颈CTA图像的信噪比及对比噪声比几乎无差异, 主要原因是80KV组的血管CT值明显高于100KV, 弥补了降低电压导致的噪声的影响, 从而提高了头颈血管的信噪比及对比信噪比。本研究中VR图像客观评分80KV组略高于100KV组主要原因是80KV组头颈血管CT值更高有关, 但是各组VR图像评分无统计学上差异。

本研究的不足之处: 样本量较少, 另外本研究中影响头颈血管CTA图像的因素, 如患者体重、心功能、血液循环等情况未进行分析, 尤其高原地区由于患有高原性红细胞增多症患者等由于血液粘滞度高, 可能会影响图像质量, 需要进一步研究。

总之, 高原地区头颈CTA检查中管电压采用80KV, 并进行ASIR-V 40%或ASIR-V 80%重建, 能保证图像质量的前提下能有效降低辐射剂量。

参考文献

- [1] CZAP A L, SHETH S A. Overview of imaging modalities in stroke [J]. *Neurology*, 2021, 97 (20 Suppl 2): S42-S51.
- [2] YABUUCHI H, KAMITANI T, SAGIYAMA K, et al. Clinical application of radiation dose reduction for head and neck CT [J]. *Eur Radiol*, 2018, 107 (8): 209-215.
- [3] 丁晓云, 石士奎, 张平, 等. 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 [J]. *中国CT和MRI杂志*, 2021, 19 (5): 147-150.
- [4] SUMMERLIN D, WILLIS J, BOGGS R, et al. Radiation dose reduction opportunities in vascular imaging [J]. *Tomography (Ann Arbor, Mich)*, 2022, 8 (5): 2618-2638.
- [5] 黄涛, 马隆伍, 陆玉敏, 等. 80kV管电压下迭代重建算法联合自动管电流调制技术在低剂量头颈部CT血管造影中的应用 [J]. *广西医学*, 2020, 42 (18): 2364-2368.
- [6] 齐天白, 侯碧琳. 最佳ASIR权重结合低剂量扫描方法在头颈联合CTA中的应用 [J]. *中国医疗设备*, 2017, 32 (1): 67-70.
- [7] ZHANG W L, LI M, ZHANG B, et al. CT angiography of the head-and-neck vessels acquired with low tube voltage, low iodine, and iterative image reconstruction: clinical evaluation of radiation dose and image quality [J]. *PloS One*, 2013, 8 (12): e81486.
- [8] MARIN D, NELSON R C, SCHINDER S T, et al. Low-tube-voltage, high-tube-current multidetector abdominal CT: improved image quality and decreased radiation dose with adaptive statistical iterative reconstruction algorithm—initial clinical experience [J]. *Radiology*, 2010, 254 (1): 145-153.
- [9] 孙杰, 倪亚博, 沈云, 等. 联合全新迭代算法 (ASIR-V) 的Revolution CT低kV单能量优化腹部血管成像的价值 [J]. *放射学实践*, 2022, 37 (10): 1238-1242.
- [10] 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.

(收稿日期: 2023-04-25)

(校对编辑: 翁佳鸿)