

论 著

低浓度对比剂对头颈部CTA患者受辐射剂量、对比剂肾损伤发生率的影响*

蔡敏华* 崔毛毛 叶俊杰
武汉市第三医院(湖北 武汉市 430000)

【摘要】目的 分析低浓度对比剂对头颈部CT血管成像(CTA)患者受辐射剂量、对比剂肾损伤(CIN)发生率的影响。方法 将2022年1月~2022年12月入院的68例行头颈部CTA检查者随机分为低浓度组(34例)与高浓度组(34例),低浓度组使用对比剂为碘克沙醇320mgI/mL,管电压为100kVp,高浓度组对比剂为碘海醇350mg I/mL,管电压为120kVp。比较两组图像主观评分及客观图像质量[各部位CT值、信噪比(SNR)、对比噪声比(CNR)]差异,记录两组辐射剂量[CT容积剂量指数(CTDIvol)、剂量长度乘积(DLP)、有效剂量(ED)]及CIN等不良反应发生率,并评估两组超重及肥胖人群的SNR、CNR。结果 两组图像主观评分比较,差异无统计学意义($P>0.05$),2名放射科医生对两组图像判断的一致性均良好($P<0.05$)。低浓度组升主动脉、颈总动脉、大脑中动脉测量的CT值及SNR、CNR均高于高浓度组($P<0.05$),CTDIvol、DLP、ED则低于高浓度组($P<0.05$)。两组不良反应及超重、肥胖人群各血管SNR、CNR比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。结论 碘克沙醇320mgI/mL碘对比剂及100kVp管电压,结合三维自适应迭代剂量降低算法重建,可实现高图像质量及低辐射剂量的双重优点,对降低CIN发生风险也有利,但对于超重、肥胖受检者可能不适用。

【关键词】CTA; 头颈部; 对比剂; 低浓度;
图像质量; 辐射剂量; 对比剂肾损伤
【中图分类号】R323.1; R692
【文献标识码】A
【基金项目】湖北省卫生健康委员会中医药科研
项目(ZY2021M068)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.02.016

Effects of Low-concentration Contrast Agent on Radiation Dose and Incidence Rate of Contrast-induced Nephropathy in Patients with Head and Neck CTA*

CAI Min-hua*, CUI Mao-mao, YE Jun-jie.
Wuhan Third Hospital, Wuhan 430000, Hubei Province, China

ABSTRACT
Objective To analyze the effects of low-concentration contrast agent on radiation dose and incidence rate of contrast-induced nephropathy (CIN) in patients with head and neck CT angiography (CTA).
Methods 68 patients who underwent head and neck CTA examination in the hospital from January 2022 to December 2022 were randomly divided into low-concentration group (34 cases) and high-concentration group (34 cases). The contrast agent was 320mgI/mL and tube voltage was 100kVp in low-concentration group, and the contrast agent was 350mgI/mL and tube voltage was 120kVp in high-concentration group. The differences in image subjective score and objective image quality [CT value, signal-to-noise ratio (SNR) and contrast-to-noise ratio (CNR) at each part] were compared between the two groups, and the radiation dose [CT volume dose index (CTDIvol), dose length product (DLP), effective dose (ED)] and the incidence rates of CIN and other adverse reactions were recorded in the two groups. SNR and CNR of overweight and obese people were evaluated in both groups. **Results** There was no statistical significant difference in the image subjective score between the two groups ($P>0.05$), and the two radiologists had good consistency in the judgment of the two groups of images ($P<0.05$). The CT values, SNR values and CNR values of ascending aorta, common carotid artery and middle cerebral artery in low-concentration group were higher than those in high-concentration group ($P<0.05$) while the CTDIvol, DLP and ED were lower than those in high-concentration group ($P<0.05$). There were no statistical differences in the adverse reactions and SNR and CNR of overweight and obese people between the two groups ($P>0.05$). **Conclusion** 320mgI/mL iodine contrast agent and 100kVp tube voltage combined with three-dimensional adaptive iterative dose reduction algorithm reconstruction can achieve the double advantages of high image quality and low radiation dose, and it is also beneficial to reducing the risk of CIN, but it may not be suitable for overweight and obese subjects.
Keywords: CTA; Head and Neck; Contrast Agent; Low-concentration; Image Quality; Radiation Dose; Contrast-induced Nephropathy

头颈部CT血管成像(CT angiography, CTA)扫描范围广,层厚小,检查期间需较多的对比剂以维持血管有效浓度,发生对比剂肾损伤(contrast-induced nephropathy, CIN)风险升高^[1]。使用低剂量、低浓度的对比剂可显著减少碘的摄入量,降低CIN发生率,同时予以低管电压或管电流还能降低辐射剂量,提升安全性,但也能相应地影响图像噪声,图像质量随之下降^[2]。随着影像学技术的发展,320排螺旋CT作为高端CT,具有三维自适应迭代剂量降低算法,可通过多次迭代及校正更新,实现低对比剂剂量低管电压下的高质量图像,在提升CTA安全性方面就有其优势,但在肥胖人群中是否适用,尚存在争议^[3-4]。对此,本研究分析比较低浓度对比剂碘克沙醇(320mgI/mL配合100kVp管电压)与高浓度对比剂碘海醇(350mgI/mL, 120kVp管电压)在头颈部CTA检查中的应用效果及安全性,为降低头颈部CTA的辐射损伤及对对比剂损伤提供参考数据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 将2022年1月至2022年12月入院的68例行头颈部CTA检查者随机分为低浓度组(34例)与高浓度组(34例)。纳入标准:疑似头颈部血管病变,行择期头颈部CTA检查;年龄为18~80岁;体质质量指数(body mass index, BMI)≤32kg/m²;意识清醒,CTA检查时能配合;对CTA检查注意事项及可能发生的不良事件知情,并签署纸质知情同意书。排除标准:合并肝肾功能不全或心血管疾病;碘对比剂过敏或甲亢;妊娠或哺乳期女性。低浓度组男性18例,女性16例;年龄47~78(62.13±7.22)岁, BMI<24kg/m² 21例, >24kg/m² 13例。高浓度组男性17例,女性17例;年龄46~76(61.85±7.01)岁, BMI<24kg/m² 23例, >24kg/m² 11例。两组受检者一般资料比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。
1.2 方法 检查时取仰卧位,固定受检者头部,并强调检查时避免移动头部,采用128排螺旋CT(美国通用电气医疗公司GE Healthcare, Discovery CT 750 HD),由主动脉弓扫描至头顶,转速0.5r/s,层厚1mm,层距0.5mm,螺距0.828,矩阵512×512,FOV为240mm×280mm。高浓度组使用常规管电压120kVp,管电流200mAs,对比剂为350mgI/mL的碘海醇注射液(H20000595,上海通用电气药业有限公司),重建使用常规的滤波反投影算法;低浓度组使用低管电压100kVp,三维智能剂量控制管电流为50~200mAs,对比剂为320mgI/mL的碘克沙醇注射液(H20203432,上海司太立制药有限公司),重建使用自适应统计性迭代重建法;两组均使用双筒高压注射器经右

【第一作者】蔡敏华,女,中级技师,主要研究方向:CT检查下各种血管疾病的研究。E-mail: skjdfllf@163.com
【通讯作者】蔡敏华

侧肘正中静脉团注对比剂，注射速率均为5.0mL/s，注射总剂量=0.9mL×体重(kg)，注射完毕后以4.0mL/s生理盐水冲管；触发扫描选取升主动脉为感兴趣区，设定阈值为180Hu。所有受检者完成CTA检查后需在观察室停留30min，无不良反应后可离开。

1.3 图像处理 将图像传输至仪器配套的工作站，重建后由2名头颈部放射科工作年限≥5年的医生以盲法阅片，测量结果取2名医生测量的平均值。

1.4 观察指标 (1)图像主观评分：使用5分法评估^[5]，其中4分为图像对比优质(颗粒均匀)、血管边缘光滑、远端分支显影良好，3分为可接受的图像对比、血管主干及分支显影尚可、边缘稍毛躁、远端分支显影欠佳但不影响图像评价，2分为图像对比差、血管主干及分支显影差、边缘毛躁、远端分支不清、图像评价困难，1分为血管显示不清、无法评价，0分为错误图像。(2)客观图像质量：测量升主动脉、颈总动脉、大脑中动脉的CT值，测量时需避开血管壁、钙化与斑块灶，并计算信噪比(signal-to-noise ratio, SNR)、对比噪声比(contrast-to-noise ratio, CNR)，SNR=血管CT值/图像噪声，CNR=(血管CT值-背景组织CT值)/背景组织噪声。(3)辐射剂量：根据扫描后显示的辐射剂量报表，读取CT容积剂量指数(CT volume dose index, CTDIvol)，并计算剂量长度乘积(dose length product, DLP)及有效剂量(effective

dose, ED)，其中DLP=CTDIvol×扫描长度，ED=DLP×κ系数，κ系数取头颈系数0.0031^[6]。(4)不良反应：包括发热、疼痛等不适感及CIN，CIN判断标准^[7]：CTA检查后48h的血肌酐较基础水平升高25%以上。(5)超重及肥胖人群的SNR、CNR：观察BMI>24kg/m²者的图像噪声情况。

1.5 统计学方法 使用SPSS 24.0处理数据；图像主观评分、动脉CT值等计量数据以($\bar{x} \pm s$)表示，采用t检验；不良反应等计数数据以n(%)表示，采用 χ^2 检验或Fisher精确概率法；使用组内相关系数(ICC)评估2名放射科医生判断的一致性，系数越高一致性越好，ICC>0.75认为一致性良好，ICC<0.40认为一致性差；P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组图像主观评分及一致性分析 两组图像质量均良好，可满足临床诊断，图像主观评分组间差异无统计学意义(P>0.05)，2名放射科医生对两组图像判断的一致性均良好(P<0.05)，见表1。典型图像见图1-图2。

2.2 两组客观图像质量比较 低浓度组升主动脉、颈总动脉、大脑中动脉测量的CT值及SNR、CNR均高于高浓度组(P<0.05)，见表2。

2.3 两组辐射剂量比较 低浓度组CTDIvol、DLP、ED均低于高浓度组(P<0.05)，见表3。

表1 两组图像主观评分及ICC系数分析

组别	n	图像主观评分(分)	ICC系数(95%CI)
低浓度组	34	3.65±0.38	0.889(0.834~0.939)**
高浓度组	34	3.55±0.32	0.864(0.808~0.919)**
t		1.174	-
P		0.245	-

注：**P<0.001。

表3 两组CTDIvol、DLP、ED比较

组别	n	CTDIvol(mGy)	DLP(mGy·cm)	ED(mSv)
低浓度组	34	8.79±1.78	231.27±27.39	0.98±0.20
高浓度组	34	11.24±2.13	289.40±31.55	1.23±0.24
t		5.146	8.113	4.666
P		<0.001	<0.001	<0.001

表2 两组血管CT值、SNR、CNR比较

指标	低浓度组(n=34)	高浓度组(n=34)	t	P
升主动脉				
CT值(Hu)	365.13±15.98	352.76±16.82	3.109	0.003
SNR	29.37±5.90	24.89±4.78	3.440	0.001
CNR	25.38±5.12	21.43±4.27	3.455	0.001
颈总动脉				
CT值(Hu)	459.42±25.07	438.09±26.90	3.382	0.001
SNR	40.33±6.11	37.12±5.42	2.292	0.025
CNR	37.52±7.36	32.39±6.44	3.059	0.003
大脑中动脉				
CT值(Hu)	398.36±34.18	368.28±35.80	3.544	0.001
SNR	27.36±4.25	25.27±3.36	2.249	0.028
CNR	21.05±3.45	18.41±3.68	3.052	0.003

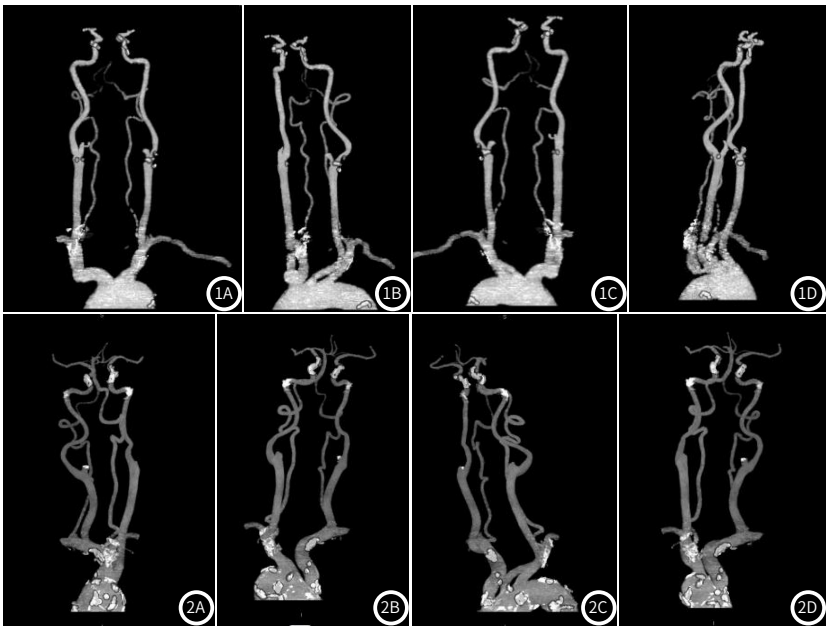


图1A-图1D 低浓度组头颈部CTA图像(主动脉弓钙化斑块)

图2A-图2D 高浓度组头颈部CTA图像(主动脉弓、头臂干、右侧锁骨下动脉钙化斑块)

2.4 安全性分析 两组不良反应比较，差异无统计学意义(P>0.05)，见表4。

表4 两组不良反应发生率比较n(%)				
组别	n	发热	疼痛	CIN
低浓度组	34	2(5.88)	1(2.94)	0(0.00)
高浓度组	34	6(17.65)	3(8.82)	2(5.88)
χ^2		1.275	0.266	-
P		0.259 [#]	0.606 [#]	0.445 [*]

注：“#”为连续校正卡方检验，“*”为Fisher精确概率法。

2.5 超重及肥胖人群的SNR、CNR 两组超重及肥胖人群各血管SNR、CNR比较，差异无统计学意义(P>0.05)，见表5。

表5 两组超重及肥胖人群的SNR、CNR比较				
指标	低浓度组(n=13)	高浓度组(n=11)	t	P
升主动脉				
SNR	25.78±3.56	24.13±3.24	1.178	0.251
CNR	20.69±3.56	20.88±3.38	0.133	0.895
颈总动脉				
SNR	36.25±5.44	36.89±4.98	0.298	0.768
CNR	33.42±6.75	32.05±5.25	0.547	0.590
大脑中动脉				
SNR	24.48±3.63	24.99±3.05	0.368	0.716
CNR	18.24±2.97	17.56±3.04	0.553	0.586

3 讨论

低浓度对比剂及低管电压虽然降低了碘摄入量及受辐射剂量，但不可避免地会增加图像噪声，使图像难以辨别、诊断^[8]。但自适应统计性迭代重建法，可利用噪声统计学模型，使图像噪声显著降低，即便使用低浓度对比剂与低管电压也能获得优质图像质量^[9]。本研究中，低浓度组与高浓度组图像质量良好，均可用于临床诊断，且2名放射科医生对两组图像的判断一致性也良好，提示100kVp管电压配合碘克沙醇320mgI/mL碘对比剂在迭代算法重建下能获得良好图像质量，该头颈部CTA扫描参数可用于临床诊断。

虽然碘浓度高、碘速率快时，血管、组织器官与周围组织密度差增加，强化峰值升高，但有研究指出^[10]，光电效应是CTA强化程度的基础，X线平均能量在最接近K值时，光电效应最大，强化程度最高，经计算100kV扫描的光电效应大于120kV，强化效果更佳。本研究也发现，低浓度组升主动脉、颈总动脉、大脑中动脉测量的CT值均高于高浓度组，与上述研究结论相似。不仅如此，低浓度组各血管的SNR、CNR均高于高浓度组，提示320mgI/mL碘对比剂及100kV管电压不仅未增加图像噪声，还能改善噪声，优化客观图像质量，使血管解剖细节更为清晰，获得更加符合诊断需求的图像，可能是自适应统计性迭代重建法发挥其极大的优势，使该扫描方案获得成功。此外，低浓度组所受辐射剂量(CTDIvol、DLP、ED)以显著低于高浓度组，CIN发生率为0.00%，略低于高浓度组的5.88%，这也与低浓度对比剂对应低管电压，使辐射剂量及对比剂损伤明显降低有关^[11]。

另据文献报道^[12]，超重或肥胖对组织噪声影响较大，低管电压造成的噪声增加在肥胖受检者中更为明显，低管电压扫描可能不适合用于肥胖受检者。本研究中，两组超重及肥胖人群各血管SNR、CNR并无显著差异，但可见低浓度组超重及肥胖者的SNR、CNR均值较整体受检者均值有所下降，提示超重及肥胖可能会影响320mgI/mL碘对比剂及100kV管电压头颈部CTA扫描的图像噪声。然而，也有报道指出^[13]，头颈部CTA扫描图像质量受BMI影响较小。本研究存在样本量较小及单中心研究等缺陷，未得到肯定结论，低浓度对比剂及低管电压头颈部CTA扫描方案是否适合超重/肥胖人群，还需后续大样本量、多中心分层研究的论证。

综上所述，低浓度碘对比剂(320mgI/mL)及低管电压(100kV)头颈部CTA扫描，在自适应统计性迭代重建技术下，可获得良好图像质量，较常规350mgI/mL及120kV扫描方案的辐射剂量更低，更安全，但在超重/肥胖人群中的应用效果值得后续深入研究。

参考文献

[1] 张贺, 孟闫凯, 王冲, 等. 比较头颈部CTA常规扫描与低对比剂, 能谱单能量扫描的图像质量, 辐射剂量[J]. 临床放射学杂志, 2022, 41 (12): 2180-2184.

[2] 王甜, 刘铁军, 曹治婷, 等. 直接屏气方式在降低320排冠状动脉CT血管成像辐射剂量的应用研究[J]. 实用放射学杂志, 2022, 38 (3): 480-482, 518.

[3] 许兵, 赵冰辉, 朱洁, 等. 320排CT VHP技术联合迭代算法在TAVR术前CTA中的应用价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19 (12): 59-63.

[4] 钟弋, 周正扬. 冠脉CTA在肥胖患者中的应用: APSCM与100kVp管电压的比较[J]. 昆明医科大学学报, 2021, 42 (3): 35-40.

[5] 牛朋影, 蒋磊, 刘渊, 等. 双能量CT不同技术在低剂量对比剂头颈CTA图像优化中的对比[J]. 中国医学影像技术, 2017, 33 (2): 285-289.

[6] 梁永超, 莫夏萍, 邓德茂, 等. 头颈部CTA中预测试的剂量优化研究——“三低”联合窄准直器宽度的应用效果[J]. 临床放射学杂志, 2018, 37 (1): 143-147.

[7] McCullough PA. Radiocontrast-induced acute kidney injury[J]. Nephron Physiol, 2008, 109 (4): 61-72.

[8] 王国选, 李玲, 曹若瑶, 等. 全模型迭代算法在低剂量头颈CT血管成像中的优势[J]. 中国医学影像学杂志, 2023, 31 (1): 77-81, 86.

[9] 姚杰, 葛卫卫, 张秋妹, 等. 低管电压和低浓度对比剂结合Idose4迭代算法在CT对肾动脉血管成像的应用[J]. 医学影像学杂志, 2021, 31 (2): 280-284.

[10] 王永胜, 张鹏宇, 李方中, 等. 不同管电压对头颈部CTA图像质量影响的研究[J]. CT理论与应用研究, 2022, 31 (5): 631-638.

[11] 欧阳中敏, 魏佳, 罗锦文, 等. 320排宽体CT低kV技术在超重患者CCTA成像的应用研究[J]. 中国医疗设备, 2021, 36 (10): 71-74.

[12] 张天乐, 耿雪, 李冬雪, 等. 不同扫描模式在头颈CT血管成像检查中图像质量与辐射剂量的比较研究[J]. 实用放射学杂志, 2021, 37 (10): 1702-1706.

[13] 胡小露, 黄培楷, 张萌, 等. 多模态技术对降低肥胖患者冠脉CTA辐射剂量的应用[J]. 中国CT和MRI杂志, 2022, 20 (11): 88-91.

(收稿日期: 2023-06-09)
(校对编辑: 谢诗婷)