

• CT 低剂量影像学专题 •

低电压、低对比剂剂量头颈 CTA 的可行性研究

李玮, 刘建新, 王霄英, 朱颖

【摘要】 目的:探讨低电压、低碘对比剂剂量(双低)头颈 CTA 的可行性。**方法:**30 例患者行双低头颈 CTA 检查,对比剂剂量为 0.3 mL/kg,管电压 100 kVp。30 例作为对照组行常规 CTA 检查,对比剂剂量为 60 mL,管电压 120 kVp。采用独立样本 t 检验比较两组的对比剂剂量、剂量长度乘积(DLP)、体型特异性剂量估计值(SSDE);采用 Mann-Whitney U 检验比较两组图像质量等级、头颈动脉各段的 CT 值等级。**结果:**双低组对比剂剂量均值为 (28.13 ± 2.76) mL,对照组为 60 mL,两组差异有统计学意义($P < 0.05$)。双低组 SSDE 均值为 (24.29 ± 0.98) mGy,对照组为 (31.77 ± 2.27) mGy,差异有统计学意义($P < 0.05$)。双低组 DLP 均值为 (889.24 ± 62.00) mGy·cm,对照组为 (1185.04 ± 140.05) mGy·cm,两组差异有统计学意义($P < 0.05$)。两组图像质量主观评分差异无统计学意义($P > 0.05$),头颈部血管 CT 值等级评分中大脑中动脉两组差异有统计学意义($P < 0.05$),其它血管两组差异无统计学意义($P > 0.05$)。**结论:**100 kVp、低对比剂剂量头颈 CTA 检查所得图像能够满足诊断需求,同时降低了辐射剂量和对比剂用量。

【关键词】 体层摄影术, X 线计算机; 辐射量; 图像处理, 计算机辅助

【中图分类号】 R543.4; R814.42 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2013)05-0482-04

CT angiography of the carotid arteries with low kVp and low dose contrast media LI Wei, LIU Jian-xin, WANG Xiao-ying, et al. Department of Radiology, Peking University First Hospital, Beijing 100034, P. R. China

【Abstract】 Objective: To evaluate image quality and radiation dose of multidetector computed tomography (MDCT) for carotid CT angiography (CTA) with low kVp and low dose contrast media. **Methods:** Carotid CTA was performed in 30 patients (group A) with 100kVp and low dose contrast media (0.3mL/kgbw). Carotid CTA was performed in another 30 patients (group B) with 120kVp and 60mL contrast media. Radiation exposure parameters (SSDE and DLP) were compared with independent samples t tests. Image quality was assessed and CT attenuation was measured. **Results:** Both the mean values of SSDE and DLP of group A were significantly lower than those of group B (24.29 ± 0.98 mGy vs (31.77 ± 2.27) mGy ($t = -16.60, P < 0.01$); 889.24 ± 62.00 mGy·cm vs (1185.04 ± 140.05) mGy·cm ($t = -10.58, P < 0.01$). There was no significant difference between the overall image qualities of the two groups. **Conclusion:** Carotid CTA with 100kVp and low dose contrast media can provide satisfactory images with significant reduction of radiation exposure and iodine administration simultaneously.

【Key words】 Tomography, X-ray computed; Radiation dose; Image processing, computer-assisted

头颈 CTA 的扫描范围较大、扫描层厚较薄,导致患者接受过多的辐射剂量^[1],同时头颈 CTA 扫描范围较大,需要大量的对比剂来维持血管内的碘浓度,而大剂量地使用对比剂会给患者肾脏带来潜在的危害,还可能会增加对比剂肾病(contrast media induced nephropathy, CIN)的发生概率,对比剂的用量是 CIN 发生的重要因素之一,对比剂剂量越多, CIN 发生的概率越大^[2]。因此在满足临床诊断要求的前提下,应尽量减少患者所接受的辐射剂量和对比剂剂量。本研究通过降低管电压以及采用个体化对比剂剂量方案,旨在探讨低电压、低碘对比剂剂量(双低)头颈 CTA 检查的可行性。

材料与方法

1. 病例资料

搜集 2012 年 1 月—2012 年 3 月来我科行头颈 CTA 检查的 30 例连续病例,患者主诉为动脉硬化、蛛网膜下腔出血、动脉瘤等,采用双低头颈 CTA 扫描方案(双低组),30 例中男 16 例,女 14 例,年龄 39~80 岁,平均 (62.27 ± 11.64) 岁。双低组的体质指数(body mass index, BMI)为 15.57~31.14 kg/m²,平均 (23.90 ± 3.38) kg/m²。另外选取 2011 年 5 月—2011 年 6 月,按常规方法行头颈 CTA 检查的 30 例患者(对照组),其中男 19 例,女 11 例,年龄 47~89 岁,平均 (66.10 ± 11.40) 岁。两组患者性别、年龄差异均无统计学意义($P > 0.05$)。

2. 扫描方法

CT 扫描采用 GE Discovery CT750 HD 64 排螺旋 CT 机。双低组管电压为 100 kVp,管电流为 Auto

作者单位:100034 北京,北京大学第一医院医学影像科

作者简介:李玮(1982—),男,北京,技师,主要从事 CT 及 MRI 扫描技术工作。

通讯作者:王霄英, E-mail: cjr.wangxiaoying@vip.163.com

mA (Min: 120 mA; Max: 600 mA; Noise Index: 11.00); 对照组管电压为 120 kVp, 管电流为 Auto mA (Min: 120 mA; Max: 650 mA; Noise Index: 11.00)。两组其余扫描参数相同, 具体如下: 探测器范围 40.0 mm, 扫描层厚 0.625 mm, 旋转速度 0.4 s/r, 螺距 0.984, 矩阵 512, 重建算法 Stnd。两组均采用适应统计迭代重建 (adaptive statistical iterative reconstruction, ASIR) 技术进行图像重建 (30%)。

双低组按患者体重计算对比剂剂量 (0.3 mL/kg), 使用 Medrad 双筒高压注射器经肘前静脉注入对比剂典比乐 (370 mg I/mL), 注射流率 4.5 mL/s, 然后追加生理盐水 30 mL, 注射流率 4.5 mL/s。双低组在触发扫描时预注射 20 mL 混合液 (40% 对比剂、60% 生理盐水), 注射流率 4.5 mL/s, 使用机器自带的同层动态监测技术, 兴趣区 (region of interest, ROI) 设定于主动脉弓, 注射对比剂 6 s 后开始监测, 当 ROI 内的 CT 值达到 25 HU 时启动扫描, 从主动脉弓层面由下而上至颅顶完成整个扫描过程^[3-4]。对照组对比剂剂量为 60 mL, 生理盐水剂量为 30 mL, 触发扫描时不预注射混合液, 其余参数 (对比剂种类、注射部位、高压注射器类型、注射流率及扫描方法) 均与双低组相同。

3. 数据分析

检查前对双低组患者进行称重, 并计算患者所需对比剂剂量, 同时记录下每位患者检查时由机器自动生成的 CT 剂量加权指数 (computed tomographic dose index, CTDIvol) 及剂量长度乘积 (dose length product, DLP), 并根据 CTDIvol 计算出体型特异性剂量估计值 (size-specific dose estimate, SSDE)^[5]。

图像评价在 ADW4.4 工作站上进行, 采用客观评价结合主观评分的方法。首先, 测量两组图像中主动脉弓、双侧颈总动脉、双侧颈内动脉及双侧大脑中动脉等处的 CT 值并进行等级评分。CT 值 ≥ 350 HU 为 3 分, $250 \text{ HU} \leq \text{CT 值} < 350 \text{ HU}$ 为 2 分, CT 值 $< 250 \text{ HU}$ 为 1 分。然后, 由 2 名经验丰富的影像科医师对图像进行主观评分, 使用 5 分法, 1 分为不合格; 2 分为较差; 3 分为可以接受; 4 分为良好; 5 分为优秀^[4]。1 分: 血管边缘毛糙, 主干、分支显示均欠佳, 无法诊断; 2 分: 血管边缘毛糙, 分支及远端显示差, 勉强能诊断; 3 分: 头颈部血管主干显示较好, 主要分支显示较好, 分支及远端显示欠佳; 4 分: 头颈部血管显示较好, 分支显示较好, 远端显示较好; 5 分: 头颈部血管边缘平滑锐利, 分支及远端显示较好。图像主观评分为 4~5 分的, 认为符合诊断要求; 图像主观评分为 1~3 分的, 认为不符合诊断要求。阅片医师已知患者的临床信息但不知扫描条件和实验目的, 两位阅片者达成共识后作出诊断。

4. 统计学分析

采用 SPSS 21.0 软件进行统计学分析。对比剂剂量、SSDE、DLP 及不同部位 CT 值等的比较采用独立样本 t 检验, 图像主观评分和 CT 值等级评分比较采用 Mann-Whitney U 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 对比剂剂量

双低组的对比剂剂量均值为 $(28.13 \pm 2.76) \text{ mL}$, 对照组的对比剂剂量均值为 60 mL, 两组差异有统计学意义 ($t = -63.16, P < 0.01$), 双低组对比剂剂量明显低于对照组 (降幅约 53.12%)。

2. 辐射剂量

双低组的 SSDE 均值为 $(24.29 \pm 0.98) \text{ mGy}$, 明显低于对照组的 SSDE 均值 $[(31.77 \pm 2.27) \text{ mGy}]$ ($t = -16.60, P < 0.01$)。双低组的 DLP 均值为 $(889.24 \pm 62.00) \text{ mGy} \cdot \text{cm}$, 明显低于对照组的 DLP 均值 $[(1185.04 \pm 140.05) \text{ mGy} \cdot \text{cm}]$ ($t = -10.58, P < 0.01$)。双低组的 SSDE 和 DLP 较对照组分别减少了 23.54% 和 24.96%。

3. 图像质量主观评分

两种扫描方法下头颈部 CTA 图像质量均能满足诊断要求 (图 1~3), 图像质量主观评分均 ≥ 4 分, 其中双低组 5 分 24 例, 4 分 6 例; 对照组 5 分 26 例, 4 分 4 例, 两组均无 1~3 分病例。经 Mann-Whitney U 检验, 两组主观评分差异无统计学意义 ($P = 0.49$)。

4. 图像质量客观评价

在不同 ROI 的 CT 值比较分析中, 虽然双低组的 CT 值均明显低于对照组 (表 1), 但通过对 CT 值等级评分的比较, 发现两组仅在双侧大脑中动脉处对照组明显优于双低组 (表 2), 其余各段血管 CT 值等级评分差异均无统计学意义 (图 2)。双低组中 CT 值 $\geq 350 \text{ HU}$ 的共 149 处; $250 \text{ HU} \leq \text{CT 值} < 350 \text{ HU}$ 的有 51 处; CT 值 $< 250 \text{ HU}$ 的有 10 处。对照组中 CT 值 $\geq 350 \text{ HU}$ 的有 192 处; $250 \text{ HU} \leq \text{CT 值} < 350 \text{ HU}$ 有 15 处; CT 值 $< 250 \text{ HU}$ 的有 3 处。

经 Mann-Whitney U 检验, 两组主动脉弓 CT 值等级评分差异无统计学意义 ($P = 0.09$); 两组左侧颈总动脉 CT 值等级评分差异无统计学意义 ($P = 0.19$); 两组右侧颈总动脉 CT 值等级评分差异无统计学意义 ($P = 0.08$); 两组左侧颈内动脉 CT 值等级评分差异无统计学意义 ($P = 0.30$); 两组右侧颈内动脉 CT 值等级评分差异无统计学意义 ($P = 0.16$); 两组左侧大脑中动脉 CT 值等级评分差异有统计学意义 ($P = 0.01$); 两组右侧大脑中动脉 CT 值等级评分差

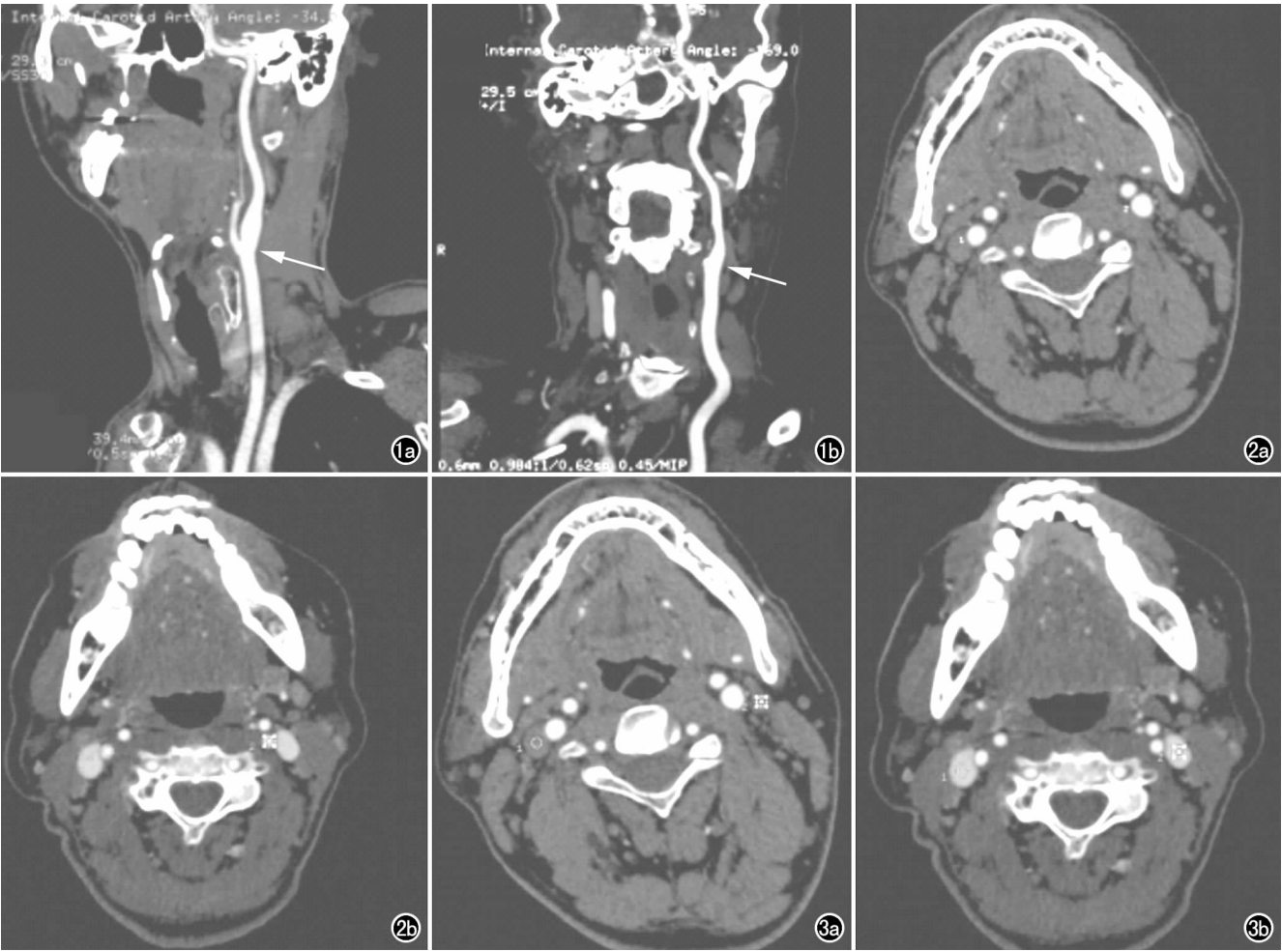


图 1 双低组 and 对照组 CT 图像。a) 左侧颈内动脉曲面重建(双低组)图像示左颈内动脉(箭)显示清晰; b) 左侧颈内动脉曲面重建(对照组)图像示左颈内动脉(箭)显示清晰。 图 2 双低组 and 对照组 CT 图像。a) 双低组右侧颈内动脉 CT 值均值为 510.7 HU, 左侧颈内动脉 CT 值均值为 519.8 HU; b) 对照组右侧颈内动脉 CT 值均值为 532.7 HU, 左侧颈内动脉 CT 值均值为 513.7 HU。 图 3 双低组 and 对照组 CT 图像。a) 双低组右侧颈内静脉 CT 值均值为 78.8 HU, 左侧颈内静脉 CT 值均值为 71.3 HU; b) 对照组右侧颈内静脉 CT 值均值为 398.3 HU, 左侧颈内静脉 CT 值均值为 392.0 HU。

异有统计学意义($P=0.01$)。

表 1 双低组与对照组不同 ROI 的 CT 值比较

部位	双低组(HU)	对照组(HU)	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
主动脉弓	402.97±80.10	477.02±70.08	-3.81	<0.01
左颈总动脉	412.01±83.41	488.10±103.79	-3.13	<0.01
右颈总动脉	407.43±81.75	488.73±111.35	-3.22	<0.01
左颈内动脉	423.90±75.64	521.44±91.22	-4.51	<0.01
右颈内动脉	414.60±71.86	514.39±89.20	-4.77	<0.01
左大脑中动脉	345.21±74.77	449.30±92.36	-4.80	<0.01
右大脑中动脉	344.53±65.47	445.23±86.38	-5.09	<0.01

表 2 双低组与对照组不同 ROI 的 CT 值等级评分比较

部位	双低组(处)			对照组(处)		
	3 分	2 分	1 分	3 分	2 分	1 分
主动脉弓	25	4	1	29	1	0
左颈总动脉	23	6	1	27	2	1
右颈总动脉	21	8	1	27	1	2
左颈内动脉	27	2	1	29	1	0
右颈内动脉	26	3	1	29	1	0
左大脑中动脉	13	14	3	25	5	0
右大脑中动脉	14	14	2	26	4	0

讨 论

1. 辐射剂量

头颈部的眼晶状体、甲状腺等器官对射线较敏感,因此更需要合理控制被检者所受的辐射剂量。影响辐射剂量的因素主要有管电压、管电流、层厚、螺距、扫描范围等。既往头颈部减少辐射剂量的研究多集中在降低管电流上^[6-8]。降低管电压会导致 X 线穿透能力降低,头颈部软组织厚度低,且头颈 CTA 仅关注头颈动脉的显示,本研究尝试以降低管电压为主的方式来降低辐射剂量。本研究中双低组(100 kVp)的 SSDE 和 DLP 均值均显著低于对照组(120 kVp),且在主观评分中两组图像的动脉显示质量差异无统计学意义($P>0.05$)。

2. 对比剂剂量

头颈部 CTA 扫描范围为主动脉弓至颅顶,扫描范围大,需要较大剂量的对比剂维持血管内的浓度。

然而对比剂剂量是发生 CIN 的重要因素之一。2006 年国际 CIN 共识工作组指出,对比剂使用并不存在安全剂量之说,即使对比剂剂量低至 20~30 mL 也可能诱发 CIN。因此减少对比剂剂量,是预防 CIN 的主要措施之一^[9-10]。既往减少头颈 CTA 对比剂剂量的研究主要集中在扫描方式、注射流率等方面^[11],本文通过预注射生理盐水与对比剂混合液的方法以降低对比剂剂量:第一期注射生理盐水与对比剂的混合液,使 ROI 达到阈值,启动增强扫描程序;第二期注射对比剂,完成靶血管成像,所需对比剂总量较少,同时因为混合液进入颈部静脉时通过血液的稀释不会造成静脉血管的清晰显示,改善了曲面重组(curved planar reformations, CPR)等图像重组时的静脉污染问题(图 3)。

3. 图像质量

对比剂剂量和管电压都会影响图像的 CT 值。本研究中虽然双低组颈部及颅内各段动脉 CT 值均低于对照组,但 200 处(95.23%, 200/210)CT 值高于 250 HU,其中 149 处 ≥ 350 HU(优),51 处 ≥ 250 HU(良);等级评分中仅双侧大脑中动脉的 CT 值评分低于对照组,两组差异有统计学意义(CT 值 ≥ 350 HU 的分别为 51 处和 27 处),颈部动脉 CT 值等级评分两组差异并无统计学意义($P>0.05$)。

既往研究中发现管电压降低,兴趣区 CT 值有增加趋势^[12-13],同时在使用生理盐水、对比剂混合预注射方法的低剂量对比剂方法研究中,低剂量对比剂组兴趣区 CT 值降低^[3]。本研究兴趣区 CT 值减低,可能与使用低剂量对比剂有关。虽然绝大部分病例图像质量能够满足诊断需求,但 3 例患者共 10 段血管 CT 值低于 250 HU,影响了图像质量。

参考文献:

[1] Brix G, Nagel HD, Stamm G, et al. Radiation exposure in multi-

slice versus single-slice spiral CT: results of a nationwide survey [J]. Eur Radiol, 2003, 13(8): 1979-1991.

- [2] 王霄英,薛华丹. 泌尿生殖系统影像学 2011 年度进展报告[J]. 中国继续医学教育, 2011, 3(8): 75-85.
- [3] 刘建新,崔晨,高福生,等. 三次团注法头颈部血管 CT 造影扫描方案的初步研究[J]. 中华放射学杂志, 2012, 46(12): 1138-1140.
- [4] 郭小超,刘建新,邱建星,等. 冠状动脉 64 排螺旋 CT 成像中前瞻性回顾性心电门控比较[J]. 中国医学影像技术, 2009, 25(11): 2004-2008.
- [5] Boone JM. Report of AAPM TG 204: size-specific dose estimates (SSDE) in pediatric and adult body CT examinations[R]. USA: AAPM, 2011.
- [6] 孔曙兵,周文辉. 自动管电流调制技术在头颈部 CTA 中的应用[J]. 生物医学工程与临床, 2012, 16(2): 165-167.
- [7] Leswick DA, Hunt MM, Webster ST, et al. Thyroid shields versus z-axis automatic tube current modulation for dose reduction at neck CT[J]. Radiology, 2008, 249(2): 572-580.
- [8] 袁庆海,刘建华,宋滨,等. 自动管电流模式在头颈部动脉 CT 造影使用低剂量射线的可行性[J]. 中国普通外科杂志, 2010, 19(8): 903-906.
- [9] Toprak O, Cirit M. Risk factors and therapy strategies for contrast induced nephropathy[J]. Ren Fail, 2006, 28(5): 365-381.
- [10] McCullough PA, Adam A, Becker CR, et al. Epidemiology and prognostic implications of contrast-induced nephropathy[J]. Am J Cardiol, 2006, 98(6): 5-13.
- [11] 李明利,金征宇,张云庆,等. 多层螺旋 CT 头颈部低剂量对比剂血管成像的可行性研究[J]. 临床放射学杂志, 2005, 24(3): 214-217.
- [12] Waaier A, Prokop M, Velthuis BK, et al. Circle of Willis at CT angiography: dose reduction and image quality-reducing tube voltage and increasing tube current settings [J]. Radiology, 2007, 242(3): 832-839.
- [13] De Zordo T, von Lutterotti K, Dejaco C, et al. Comparison of image quality and radiation dose of different pulmonary CTA protocols on a 128-slice CT: high-pitch dual source CT, dual energy CT and conventional spiral CT[J]. Eur Radiol, 2012, 22(2): 279-286.

(收稿日期: 2013-01-23 修回日期: 2013-02-18)

下期要目

影像科室建设和管理

纵隔内胚窦瘤 CT 表现与病理对照分析

百草枯中毒的肺部 CT 表现及预后

胰腺实性假乳头状肿瘤的临床和 MDCT 特征研究

骨朗格汉斯组织细胞增生症的影像学分析

SPGR- T_2^* WI 鉴别颅内出血和钙化的定量分析

MR 增强参数预测乳腺癌新辅助化疗疗效的前瞻性研究

MRI 对乳腺恶性肿瘤切除术后残留病灶的评估

全肝 DCE-MRI 两室模型分析对肝癌微循环功能状态的评价

类风湿性关节炎手部非增强 MRA 成像技术的探讨