

低管电压联合高浓度低流率对比剂注射方案颈动脉 CTA 的可行性分析

石倩倩, 陈伟彬

【摘要】 目的:分析颈动脉 CT 血管成像检查中采用低管电压联合高浓度、低流率对比剂注射方案的可行性。**方法:**前瞻性将 430 例拟行颈动脉 CTA 检查的患者随机分为两组: A 组 215 例, 使用对比剂碘美普尔(400 mg I/mL) 45 mL, 注射流率为 4 mL/s, 管电压为 100 kV; B 组 215 例, 注射碘帕醇(370 mg I/mL) 65 mL, 注射流率为 5 mL/s, 管电压为 120 kV。在 CTA 图像上测量主动脉弓、颈总、颈内和颈外动脉的 CT 值, 计算有效辐射剂量(ED)、信噪比(SNR)、对比噪声比(CNR)。采用 *t* 检验或卡方分析对两组的各项指标进行统计学分析。**结果:**两组间主动脉弓、颈总、颈内和颈外动脉 CT 值的差异均无统计学意义($P > 0.05$)。A、B 组的 ED 分别为 (2.57 ± 0.10) 和 (6.50 ± 0.23) mSv, A 组辐射剂量明显降低($P < 0.05$)。两组图像的 SNR 分别为 13.23 ± 1.37 和 13.07 ± 1.41 , 差异无统计学意义($P > 0.05$); 两组图像的 CNR 分别为 10.61 ± 1.05 和 10.55 ± 1.26 , 差异无统计学意义($P > 0.05$)。两组间对比剂外渗发生率的差异有统计学意义($P < 0.05$)。**结论:**低管电压联合高浓度低流率对比剂注射方案在保证颈动脉 CTA 图像质量的基础上, 能降低有效辐射剂量, 同时低流率对比剂注射方案能有效降低对比剂外渗的风险。

【关键词】 颈动脉; CT 血管成像; 对比剂; 有效辐射剂量; 图像质量

【中图分类号】 R814.42; R543.2 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2021)02-0258-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2021.02.021

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Feasibility analysis of low-tube voltage combined with high-concentration contrast medium and low-flow-rate injection in carotid CT angiography SHI Qian-qian, CHEN Wei-bin, CT Room, Affiliated Hospital of North China University of Technology, Hebei 063000, China

【Abstract】 Objective: To analyze the feasibility of low tube voltage combined with high concentration contrast medium and low-flow-rate injection in carotid artery CT angiography. **Methods:** 430 patients planned to carotid CT angiography were prospectively collected and randomly divided into group A and group B. 215 patients in group A received 45mL iomeprol (400mg I/mL) injected at a flow rate of 4mL/s, and the tube voltage was 100kV; and 215 patients in group B were administrated 65mL iopamidol (370mg I/mL) at a flow rate of 5mL/s, and a tube voltage of 120kV was used. On CTA images of each patients, CT values of the aortic arch, common carotid artery, and internal and external carotid artery were measured, and the effective radiation dose (ED), signal-to-noise ratio (SNR), and contrast-to-noise ratio (CNR) were calculated. The difference of the index above mentioned between the two groups was analyzed using chi-square test and *t*-test. **Results:** There was no significant difference in CT values of the aortic arch, common carotid artery, internal and external carotid artery between the two groups (all $P > 0.05$); the ED of group A and B were (2.57 ± 0.10) and (6.50 ± 0.23) mSv, the ED of group A was significantly reduced compared with group B ($P < 0.05$). The SNR of the two groups were 13.23 ± 1.37 and (13.07 ± 1.41) , with no statistical difference ($P > 0.05$); the CNR of the two groups were 10.61 ± 1.05 and 10.55 ± 1.26 , with no statistical difference ($P > 0.05$). The difference of the incidence of contrast agent extravasation between the two groups was statistically significant ($P < 0.05$). **Conclusion:** The scheme of low tube voltage combined with high concentration

作者单位: 063000 河北, 华北理工大学附属医院 CT 室

作者简介: 石倩倩(1994-), 女, 河北沧州人, 硕士研究生, 主要从事影像学研究和诊断工作。

通信作者: 陈伟彬, E-mail: cwb_1982@163.com

of contrast medium and low-flow-rate injection can reduce the effective radiation dose on the basis of ensuring the image quality of carotid CT angiography. At the same time, the application of low flow rate injection reduces the risk of contrast medium extravasation.

【Key words】 Carotid artery; Computed tomography angiography; Contrast medium; Effective radiation dose; Image quality

随着 CT 技术的进步及 CT 应用范围的扩展,CT 血管成像以其安全、无创、方便的特性,现已普遍成为临床血管疾病诊断的重要辅助检查手段^[1]。但随着医患双方对 X 射线的辐射危害以及对比剂所引起的不良反应的认识程度的提高,如何在保证图像质量的前提下降低 X 射线的辐射剂量及对比剂用量是 CT 研究的焦点^[2]。颈动脉血管成像可准确诊断颈部血管的粥样斑块和动脉瘤等病变,但颈部的甲状腺组织对射线较为敏感,辐射剂量较大时可增加甲状腺癌的患病风险^[3]。较低碘对比剂剂量可尽可能地减少对比剂肾病的发生^[4]。因此,本研究通过分析颈动脉 CT 血管成像中低管电压联合高浓度、低流率对比剂注射方案的可行性,只在优化头颈部 CTA 的扫描方法。

材料与方法

1. 临床资料

前瞻性选取 2019 年 10 月—2020 年 2 月在本院就诊并因头晕、头痛而拟行颈动脉 CTA 检查且符合纳入要求的 430 例患者并随机分为 A、B 两组,每组 215 例。排除标准:①碘对比剂过敏或过敏体质;②严重心、肝和肾功能不全;③严重凝血功能障碍;④重度全身感染或穿刺部位有炎症;⑤妊娠患者;⑥甲亢患者。两组患者人口学资料的比较见表 1。两组患者的性别、年龄、身高和体重的差异比较均无统计学意义($P>0.05$),两组样本具有可比性。本研究所有患者签署了知情同意书。

表 1 A、B 两组人口学资料的比较

指标	A 组	B 组	χ^2/t 值	P 值
男/女	110/105	100/115	0.931	0.335
年龄(岁)	58.64±9.12	59.57±7.49	1.162	0.246
身高(cm)	168.01±5.18	169.00±5.68	1.881	0.061
体重(kg)	66.04±3.42	65.42±3.40	1.862	0.061

2. 扫描方法

使用 GE Revolution CT 扫描仪进行颈动脉 CTA 扫描,扫描范围自气管分叉至颅底。A 组采用碘美普尔(400 mg I/mL)45 mL 经肘静脉注入,注射流率为 4 mL/s;B 组采用碘帕醇(370 mg I/mL)65 mL 经肘静脉注入,注射流率为 5 mL/s;对比剂注入完毕后两组均立即注入 30 mL 生理盐水。使用双桶高压注射器注射对比剂,采用对比剂跟踪法,在升主动脉与主动脉弓交界处设置 ROI,监测阈值为 100 HU。A 组采

用 100 kV 的低管电压,自动毫安控制技术,调制范围为 250~580 mA;B 组采用常规 120 kV 的常规管电压,自动毫安秒控制技术,调制范围为 250~580 mA。其它扫描参数:螺距 1.375,0.28 s/r,准直器宽度 16 mm,层厚 1.25 mm,矩阵 512×512,扫描时间 11~13 s。两组均采用迭代重建技术进行图像重建。

将原始扫描数据传至后处理工作站进行图像后处理,采用最大密度投影(maximum intensity projection, MIP)、容积再现(volume rendering, VR)和多平面重组(multiple planar reformation, MPR)等方法进行图像重组。

3. 图像质量评估

将原始图像和重组图像传输至工作站,由两位有经验的主治医师以上职称的放射科医师对图像质量进行评估,评估结果不一致时经讨论达成一致意见。采用 4 级评分方法^[5]。1 分:颈部血管显示较清,与周围组织分界不清且伴随严重伪影,影响观察及诊断;2 分:颈部血管显影清晰,与周围组织分界清晰,伴随轻微伪影但不影响诊断;3 分:颈部血管显影清晰,与周围组织分界清晰,无伪影干扰;4 分:颈部血管显影清晰,与周围组织分界清楚,无任何干扰存在。评分结果为 1 分者则判定此图像不能做出准确诊断;评估为 2~4 分者,则认为图像质量优良,可以根据图像对颈部血管疾病作出准确诊断。

图像质量客观评价:①测量强化血管的 CT 值^[6]。以原始横轴面图像上进行观察,分别测量主动脉弓、两侧颈总动脉中段、两侧颈总动脉分叉处及两侧颈内和颈外动脉中段的 CT 值,每个感兴趣区(ROI)测量 2 次取其平均值。取各部位颈动脉 CT 值的平均值作为最终的颈动脉的 CT 值。ROI 尽可能包含所测血管的最大面积。②测量图像噪声:分别于颈总动脉中段、颈总动脉分叉处及两侧颈内、外动脉中段水平,分别在双侧胸锁乳突肌内放置 ROI,测量其 CT 值,以所测得的 CT 值的标准差作为图像噪声。③测量背景信号:分别在上述各支血管测量的相同层面的图像上,于椎旁肌肉内勾画 ROI,测量其 CT 值,取 2 次测量结果的平均值。④计算 SNR(血管内 CT 值/图像噪声)。⑤计算 CNR[(血管内 CT 值-肌肉 CT 值)/图像噪声]。

4. 辐射剂量

根据检查后 CT 机自动生成的容积 CT 剂量指数

(volume CT dose index,CTDIvol)和剂量长度乘积(dose length produce,DLP),按公式(1)计算有效辐射剂量(effective dose,ED):

ED=DLP×k(1)

其中,k为转换因子,颈部和胸部 CTA 扫描时的 k 值分别为 $k_1 = 0.0059\text{mSv}/(\text{mGy} \cdot \text{cm})$ 、 $k_2 = 0.014\text{mSv}/(\text{mGy} \cdot \text{cm})$ ^[7],本研究的公式中 $k=(k_1+k_2)/2$ 。

5. 统计学方法

所有数据均采用 SPSS 17.0 软件进行统计学分析。计量资料以均数±标准差表示,组间比较采用独立样本 *t* 检验;A、B 两组中图像质量主观评分的比较及对比剂外渗发生率的比较均采用卡方检验。以 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

结 果

1. 图像质量主观评估结果

A 组和 B 组的图像质量评分结果见表 1。两组之间图像质量主观评分的差异无统计学意义($\chi^2=2.38$, $P=0.547>0.05$)。A 组和 B 组分别有 1 例和 2 例患者的图像质量不满足诊断要求,其他患者的颈部 CTA 图像均满足诊断要求(图 1~2)。

表 2 A、B 两组图像质量主观评分

组别	图像质量评分			
	1 分	2 分	3 分	4 分
A 组	1	7	20	187
B 组	2	13	21	179

2. 图像质量客观评估结果

图像质量客观评估结果见表 3。即两组患者颈动脉 CT 值、图像噪声比较差异无统计学意义。两组患

者信号噪声比(SNR):A 组 SNR 为 (13.23 ± 1.37) ;B 组 SNR 为 (13.07 ± 1.41) ,两组间 SNR 的差异无统计学意义($P>0.05$)。对比噪声比(CNR):A 组 CNR 为 (10.61 ± 1.05) ;B 组 CNR 为 (10.55 ± 1.26) ,两组间 CNR 的差异无统计学意义($P>0.05$)。

表 3 A、B 两组图像质量客观评估比较

项目	A 组	B 组	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
CT 值(HU)	392.27±36.35	388.52±34.73	1.095	0.274
图像噪声(HU)	18.98± 3.66	18.70± 3.50	0.822	0.412
信噪比	13.23±1.37	13.07±1.41	1.179	0.239
对比度噪声比	10.61± 1.05	10.55±1.26	0.503	0.616

3. 有效辐射剂量分析结果

A、B 两组的 CTDIvol、DLP 及 ED 的差异均有统计学意义($P<0.05$),A 组的 CTDIvol、DLP 及 ED 明显低于 B 组(表 4)。

表 4 A、B 两组辐射剂量比较

指标	A 组	B 组	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
DLP(mGy·cm)	257.93±10.17	653.31±22.74	-232.732	0.000
CTDIvol(mGy)	5.62±0.21	17.12±0.33	-469.967	0.000
ED(mSv)	2.57±0.10	6.50±0.23	-232.732	0.000

4. 对比剂外渗发生率

A 组中无患者发生对比剂外渗,B 组中有 15 例患者(7%)发生对比剂外渗,两组间对比剂外渗发生率的差异有统计学意义($\chi^2=15.542$, $P=0.000<0.05$),A 组采用的 4mL/s 的低流率注射方案可有效避免对比剂外渗。

讨 论

近年来随着科学技术的进步及 CT 应用的普及,CT 检查逐渐成为临床诊断及疗效评估的重要影像学辅助检查手段。相较其它检查而言,CT 检查能够使得病灶显示更为清晰,定位更加准确,并且能够显示一



图 1 A 组患者,男,52 岁。CPR 图像显示颈部血管显影清晰,与周围组织分界清楚,无伪影干扰,图像质量主观评分为 4 分。a)右侧颈内动脉;b)左侧颈内动脉。图 2 B 组患者,男,56 岁。颈内动脉 CPR 图像,显示颈部血管显影清晰,与周围组织分界清楚,无伪影干扰,图像质量主观评分为 4 分。a)右侧颈内动脉;b)左侧颈内动脉,起始处可见混合型斑块(箭)。

些微小病灶,有利于疾病的早发现、早诊断和早治疗,提高临床治愈率^[8]。头颈部 CT 血管成像以其方便快捷、准确诊断斑块性质及狭窄程度、范围的优势,成为诊断头颈部血管病变的重要影像检查方法。毋庸置疑,患者在进行 CT 检查时会受到一定剂量的 X 射线辐射。如何降低患者所受辐射剂量是近年来国内外研究人员重点关注的问题。目前国内外文献报道较多的是采用低管电压行颈动脉成像来降低患者所受辐射剂量或相同条件下低剂量对比剂行颈动脉成像检查的可行性,而采用 GE 超高端 CT 机(Revolution CT)、低管电压联合低剂量、低注射流率行颈动脉 CT 血管成像的研究较为少见。以往的研究目的较为明确,研究结果具有一定的临床价值,但未对其它影响因素进行全面剖析,从而使相关的研究有一定的局限性。

由于 X 射线的辐射剂量与管电压的平方成正比,所以适当降低管电压可以有效降低患者所受辐射剂量^[9]。与此同时,X 线的光电效应随管电压的降低而增强,血管内碘对比剂 CT 值升高,使强化的血管与周围组织对比更为鲜明,钙化及斑块显示更为清晰^[10]。杜煜等^[11]的研究显示,管电压由 120 kV 降低到 100 kV 时,患者所受辐射剂量可以降低 70% 左右。因此适当降低管电压是降低辐射最行之有效的办法之一。肾脏是碘对比剂代谢的主要器官,注入人体的对比剂约 90% 在肾脏进行代谢,减少碘对比剂的用量可以有效降低肾脏代谢的负担,从而可降低对比剂肾病的发生率;Sommer 等^[12]的研究表明,低剂量对比剂的应用可以有效降低颈部周围静脉血管内对比剂的残留,降低图像伪影,提高图像质量;吕双志等^[13]的研究表明,低剂量对比剂联合生理盐水冲洗技术可保证图像质量满足诊断需求,又可减少或消除锁骨下静脉及下腔静脉内对比剂伪影对颈动脉成像的影响。与以往研究相较而言,本研究中 A 组采用的低管电压联合低剂量对比剂(100 kV、45 mL 碘对比剂)的方案,既保证了图像质量,同时使碘对比剂用量和患者所受辐射剂量明显降低。

此外,碘流率是决定血管强化程度高低的重要因素,是保证 CTA 图像质量的关键。碘流率等于对比剂浓度乘以对比剂注射流率。若使血管强化程度满足诊断标准,CT 血管成像检查中碘流率需保持在 1.6 gI/s 及以上水平。本研究中 A 组采用浓度为 400 mg I/mL 的碘美普尔,注射流率为 4 mL/s, B 组采用浓度为 370 mg I/mL 的碘帕醇,注射流率为 5 mL/s,两组的碘流率均达到 1.6 gI/s,但 A 组较 B 组

的注射流率低 1 mL/s, A 组对比剂外渗率为零, B 组达 7%,两组间差异有统计学意义。提示采用较低流率注射对比剂,在保证图像质量的前提下可以降低血管破裂和对比剂外渗的风险,可提高静脉血管条件差、复合外伤患者及儿童患者的 CT 检查成功率^[14]。同时患者检查的舒适度也有所提升,减轻患者的紧张度,更好的配合检查。

参考文献:

- [1] 葛蒙珍.256 螺旋 CT 行冠状动脉造影和头颈动脉造影的最佳护理方法[J].中国继续医学教育,2016,8(5):208-209.
- [2] 唐云波,郑林丰,欧阳欣,等.256 排 Revolution 多参数调节下低剂量心脏冠脉成像应用[J].现代生物医学进展,2018,18(10):1922-1926.
- [3] 华海琴,康德强,徐晓娟,等.低管电压结合自动毫安技术对降低头颈部数字减影 CTA 辐射剂量的可行性研究[J].放射学实践,2016,31(8):781-785.
- [4] Carol A, Gordon F, Sabera H, et al. The visual analog scale for pain: clinical significance in postoperative patients[J]. Anesthesiology, 2001, 95(12): 1356-1361.
- [5] Hinkmann FM, Voit HL, Anders K, et al. Ultra-fast carotid CT-angiography: low versus standard volume contrast material protocol for a 128-slice CT-system[J]. Invest Radiol, 2009, 44(5): 257-264.
- [6] 王婕妤, 乔伟, 黎秋菊, 等. 低管电压结合低剂量对比剂在 64 层螺旋 CT 头颈部血管成像中的应用[J]. 中国医学影像学杂志, 2015, 23(7): 481-485.
- [7] McCollough C, Cody D, Edyvean S, et al. The measurement, reporting, and management of radiation dose in CT[J]. AAPM, 2008, 23(23): 1-28.
- [8] 刘海鹏, 沈亚, 银武, 等. 高浓度碘对比剂在 CT 冠状动脉造影检查中的应用研究[J]. 西藏医药, 2018, 1: 13-15.
- [9] 王婕妤, 乔伟, 黎秋菊, 等. 低管电压结合低剂量对比剂在 64 层螺旋 CT 头颈部血管成像中的应用[J]. 中国医学影像学杂志, 2015, 23(7): 481-485.
- [10] 臧晨宏, 张敬, 张云亭. 自动毫安低管电压技术在头颈部血管造影中应用的可行性研究[J]. 天津医科大学学报, 2010, 16(2): 322-325.
- [11] 杜煜, 时高峰, 王亚宁. 探讨双源 CT 颈动脉造影低管电压扫描的可行性[J]. 中国医学影像技术, 2012, 28(11): 2079-2082.
- [12] Sommer WH, Schenzle JC, Becher CR, et al. Saving dose in triple rule-out computed tomography examination using a high-pitch dual spiral technique[J]. Inwest Radiol, 2010, 45(2): 65-71.
- [13] 吕双志, 冯湛, 姚建军. 低剂量对比剂联合生理盐水在 256 层螺旋 CT 头颈联合 CTA 中的应用[J]. 中国医药指南, 2012, 10(26): 527-529.
- [14] 邓亮, 王梦莉. 冠状动脉 CT 血管成像中低管电压结合低流速造影剂注射的可行性分析[J]. 中华老年心脑血管病杂志, 2019, 21(10): 1012-1015.

(收稿日期:2020-04-26 修回日期:2020-06-28)