

“三低”技术联合全模型迭代重建算法在头颈部 CT 血管成像中的可行性研究

杨尚文 邵明冉 杨献峰 胡安宁 王钟 蒋辉 朱斌 张冰 辛小燕

210008 江苏, 南京大学医学院附属鼓楼医院医学影像科

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2017.01.012

【摘要】 目的 探讨 80 kV 低管电压、低对比剂注射速率和低对比剂用量的“三低”技术,联合全模型迭代重建(IMR)算法在头颈部 CT 血管成像(CTA)检查的可行性。**方法** 前瞻性连续收集 2015 年 7-11 月行头颈部 CTA 检查的患者 60 例,采用随机数字表法将其分为 A、B 两组,每组各 30 例。A 组为常规剂量组,管电压 120 kV,滤过反投影(FBP)重建,对比剂注射速率 4.5~5.5 ml/s,注射时间 10 s;B 组为 80 kV 低管电压组,分别使用 FBP 和 IMR 进行图像重建,得到 B1 和 B2 两组图像,对比剂注射速率 3.5~4.0 ml/s,注射时间 10 s。测量并计算 A 组、B1 组、B2 组的图像动脉血管 CT 值、图像噪声、信噪比(SNR)和对比噪声比(CNR),并由 2 名放射诊断医师对图像质量按照 5 分法进行评价。3 组图像间动脉血管 CT 值、图像噪声、SNR 和 CNR 采用单因素方差分析,图像质量主观评价采用 Kruskal-Wallis 检验,两组检查的容积 CT 剂量指数($CTDI_{vol}$)和剂量长度乘积(DLP)比较采用两个独立样本 t 检验。**结果** A、B1 和 B2 组 3 组图像质量主观评分范围分别为 3~5 分、2~4 分和 3~5 分, B1 组有 12 例患者图像之间评分 ≤ 2 分,图像无法诊断。A 和 B1、A 和 B2、B1 和 B2 图像之间评分差异均有统计学意义($t=4.55$ 、 -6.58 、 -2.03 , $P<0.05$)。B2 组与 A 组的图像客观指标 SNR 和 CNR 比较差异无统计学意义($P>0.05$),但 B2 和 A 组图像的 SNR、CNR 均优于 B1 组,差异均有统计学意义($t=-12.14$ 、 13.39 、 -9.96 、 9.45 , $P<0.05$)。B 组 $CTDI_{vol}$ [(1.7 ± 0.2) mGy] 比 A 组 [(8.9 ± 1.0) mGy] 减少了 80.9%, DLP [(77.9 ± 9.0) mGy·cm] 比 A 组 [(415.5 ± 56.7) mGy·cm] 减少了 81.3%, B 组对比剂注射速率 [(3.9 ± 0.1) ml/s] 比 A 组 [(5.0 ± 0.2) ml/s] 减少了 22.0%, B 组对比剂总量 [(39.2 ± 1.9) ml] 比 A 组 [(50.3 ± 2.2) ml] 减少 22.1%, 差异有统计学意义($t=39.1$ 、 32.2 、 20.8 、 20.8 , $P<0.05$)。**结论** 使用 80 kV 管电压、低对比剂注射速率和用量,并使用 IMR 算法进行图像重建,进行头颈部 CTA 扫描是可行的。可以在保证图像质量的基础上,使患者辐射剂量减少 81.3%。**临床试验注册号** 中国临床试验注册中心, ChiCTR-BOC-16010060

【关键词】 血管成像; 体层摄影术, X 射线计算机; 辐射剂量; 迭代重建

基金项目: 江苏省卫生厅青年科研课题(Q201410)

A feasibility study on “Tri-Low” technology in combination with iterative model reconstruction (IMR) algorithm in CT angiography (CTA) of the head-and-neck vessels Yang Shangwen, Shao Mingran, Yang Xianfeng, Hu Anning, Wang Zhong, Jiang Hui, Zhu Bin, Zhang Bing, Xin Xiaoyan
Department of Radiology, The Affiliated Drum Tower Hospital of Nanjing University Medical School, Nanjing, 210008, China

【Abstract】 Objective To evaluate the feasibility of low-tube-voltage, low injection rate, low contrast agent dosage in combination with iterative model reconstruction(IMR) algorithm in CT angiography (CTA) of the head-and-neck vessels. **Methods** Sixty patients who underwent CT angiography of the head-and-neck vessels were randomly divided into groups A and B with 30 cases in each group. Patients in group A received a conventional scan with 120 kVp and filterback projected(FBP) reconstruction. Patients in group B received a low-dose scan with 80 kVp, and image reconstruction with FBP(group B1) and IMR (group B2) algorithm. The contrast agent protocol were as follows: the injection time in all patients was 10s, the injection rate was 4.5-5.5 ml/s in group A while 3.5-4.0 ml/s in group B. The CT values of artery, image noise, signal to noise ratio(SNR) and contrast to noise ratio(CNR) were measured and compared among three groups with One-way ANOVA analysis. Image quality was evaluated by two

radiologists with five scale method, and compared with Kruskal-Wallis test. The CT dose index volume (CTDI_{vol}) and dose length product (DLP) were recorded and compared between groups with two independent samples *t*-test. **Results** The image quality scores of groups A, B1 and B2 were 3-5, 2-4 and 3-5, respectively. Image quality of twelve patients in group B1 couldn't meet the diagnostic requirements but none in group A and B2. The objective image parameters SNR and CNR for group B2 were equal to group A ($P > 0.05$), while those for group B1 were lower than group A ($t = 13.39, 9.45, P < 0.05$) and group B2 ($t = -12.14, -9.96, P < 0.05$). CTDI_{vol} and DLP for group B were separately 80.9%, 81.3% lower than those of group A ($t = 39.1, 32.2, P < 0.05$). The injection rate and contrast agent volume for group B were separately 22.0%, 22.1% lower than those of group A ($t = 20.8, 20.8, P < 0.01$). **Conclusions** It is feasible in CT angiography of the head-and-neck vessels with lower tube-voltage, lower injection rate, lower contrast agent dose and combining with iterative model reconstruction algorithm. This protocol can reduce the radiation dose by 81.3% while maintaining image quality. **Trial registration** Chinese clinical trial registry, ChiCTR-BOC-16010060

【Key words】 Angiography; Tomography, X-ray computed; Radiation dose; Iterative reconstruction

Fund program: Health Research Projects in Jiangsu Province (No. Q201410)

随着 CT 和计算机技术的发展,全模型迭代重建(iterative model reconstruction, IMR)算法已经应用于临床,它可以降低图像的噪声,能够在不降低图像质量的前提下降低辐射剂量。头颈部 CT 血管成像(CTA)在头颈部血管疾病的诊断方面有着较高的敏感性和特异性^[1-2],已成为颈部及脑血管疾病的重要检查方法。但由于头颈部 CTA 扫描范围较大,扫描范围内有甲状腺、眼晶状体等对射线敏感的器官,且对比剂使用也存在外渗、过敏等多种不良反应^[3-5],因此,低辐射剂量和低对比剂注射速率和用量显得尤为重要。本研究尝试使用“三低”检查技术(80 kV 低管电压扫描、低对比剂注射速率和低对比剂用量),同时联合 IMR 技术进行图像重建,探讨其在头颈部 CTA 检查中可行性。

资料与方法

1. 一般资料:前瞻性连续收集 2015 年 7 月至 11 月间在南京鼓楼医院行头颈部 CTA 检查的患者 60 例,采用随机数字表法将其分为 A、B 两组,每组各 30 例。A 组为常规剂量组, B 组为 80 kV 低管电压组,分别使用滤过反投影(FBP)和 IMR 进行图像重建得到 B1 和 B2 两组图像。A 组男 18 例,女 12 例,平均年龄(62.8 ± 13.5)岁,身高(1.66 ± 0.07) m,体质量(68.5 ± 9.1) kg,体质量指数(BMI)为(22.8 ± 2.6) kg/m²,扫描长度(375.7 ± 16.1) mm; B 组为低剂量组,其中男 17 例,女 13 例,平均年龄(60.3 ± 12.1)岁,身高(1.65 ± 0.06) m,体质量(69.8 ± 8.9) kg,体质量指数 BMI (22.5 ± 2.8) kg/m²,扫描长度(369.5 ± 16.3) mm。两组患者的身高、体重、BMI 和扫描长度差异无统计学意

义($P > 0.05$),具有可比性。

病例纳入及排除标准:临床诊断为可疑头颈部血管疾病,需行头颈部 CTA 检查的患者。右侧上肢静脉穿刺条件能达到对比剂注射要求,无碘对比剂使用禁忌证。考虑到低管电压射线的穿透力较低,对于体重大于 85 kg 或 BMI ≥ 28.0 kg/m² 的患者未纳入本研究。所有患者均签署知情同意书。

2. 仪器设备与扫描方法:使用荷兰 Philips Brilliance iCT,德国 Ulrich 高压注射器,对比剂为碘海醇 350 mgI/ml。患者仰卧位,头先进,双手自然放于身体两侧,取下头颈部金属物品,放松身体。扫描范围从气管分叉水平至颅顶。A 组管电压 120 kV,自动管电流调制扫描,管电流下限值设为 50 mAs,上限为 200 mAs,螺距 0.938:1,重建算法为 FBP 重建,重建滤过为 Standard,层厚 0.9 mm,层间距 0.45 mm,矩阵 512 × 512。对比剂注射速率 4.5 ~ 5.5 ml/s,注射时间 10 s,总量 45 ~ 55 ml。对比剂注射结束后,立即以同样速率注射生理盐水 30 ml。B 组管电压 80 kV,管电流下限和上限分别设置为 50 和 150 mAs。分别使用 FBP 算法和 IMR (1 级)算法重建,重建滤过为 Standard,得到两组图像为 B1 和 B2,其余扫描及重建参数同 A 组。对比剂注射速率 3.5 ~ 4.0 ml/s,注射时间 10 s,用量 35 ~ 40 ml。对比剂注射结束后,立即以同样速率注射生理盐水 30 ml。两组均使用对比剂团注跟踪触发扫描技术,对比剂均经右侧上肢静脉注射,监测层面选择气管分叉层面,感兴趣区(ROI)放在降主动脉内,触发阈值为 120 HU,触发后延迟 4.5 s 由足至头方向扫描。

3. 图像质量客观评价:每组图像选取主动脉

弓、颈总动脉远端、颈内动脉颈 C1 段和大脑中动脉 M1 段 4 个层面,避开伪影及血管斑块。ROI 放在所测量动脉中心,大小为所测量动脉横断面积的 $1/2 \sim 2/3$ 。分别测量降主动脉、右颈总动脉、颈内动脉颈 C1 段和大脑中动脉 M1 段的 CT 值,以 CT 值的标准差作为血管噪声 (SD_1),血管周围背景分别选择降主动脉后方竖脊肌、颈总动脉旁胸锁乳突肌、大脑中动脉旁脑实质,测量其背景 CT 值。并测量身体同侧,体外空气的 CT 值的标准差作为图像的噪声 (SD_2)。所有测量均测量 3 次取平均值,计算动脉血管信噪比 (SNR)、对比噪声比 (CNR)。SNR = 血管 CT 值/血管噪声 SD_1 , CNR = (血管 CT 值 - 血管周围背景 CT 值)/图像噪声 SD_2 。

取 4 个层面动脉血管 CT 值、 SD_2 、SNR 和 CNR 的平均值,作为该组图像的客观评价结果。

4. 图像质量主观评价:在 ISP6.0 工作站上,分别对 3 组图像用曲面重组、最大密度投影、容积再现等完成头颈部动脉的三维成像。由 2 名从事放射诊断工作 5 年以上的医师共同对 A、B1 和 B2 共 3 组图像进行主观评价,内容包括:动脉血管和周围结构的对比度、管壁锐利程度、血管分支显示情况、主观噪声等。上述评价指标均按照 5 分法评定。评分标准:5 分,颈部及头部动脉血管内对比剂充盈良好,血管连续,轮廓光滑,血管壁边缘锐利,无伪影,图像噪声较小;4 分,颈部及头部动脉血管对比剂充盈良好,血管连续,轮廓清楚,管壁轻微模糊,或有轻微伪影,可用于诊断;3 分,颈部及头部动脉血管充盈尚可,血管连续性尚可,管壁稍毛糙,或有轻度伪影,图像噪声稍大,基本满足诊断要求;2 分,颈部及头部动脉血管充盈差或连续性欠佳,管壁毛糙,有较多伪影,图像噪声较大,诊断受限;1 分,颈部及头部动脉血管不能识别,连续性中断,伪影重,图像噪声较大,无法诊断。2 人评分不一致

时取平均值。评分 ≥ 3 分为满足临床诊断要求,评分 ≤ 2 分为无法满足诊断要求

5. 辐射剂量:记录 A、B 两组患者 CTA 扫描辐射剂量,包括容积 CT 剂量指数 (CT dose index volume, $CTDI_{vol}$) 和剂量长度乘积 (dose length product, DLP)。

6. 统计学处理:采用 SPSS 18.0 统计软件进行数据分析。对两组患者的身高、体质量、BMI 和扫描长度采用独立样本 t 检验。A 组、B1 组和 B2 组,3 组图像间血管 CT 值、图像噪声、SNR 和 CNR 采用单因素方差分析,若有差异则采用 Least Significant Different 法进行组内两两比较。3 组间图像质量主观评价指标对比采用 Kruskal-Wallis 检验,若有差异采用 Nemenyi 检验进行两两比较。两组 $CTDI_{vol}$ 、DLP 比较采用独立样本 t 检验。对两位阅片者的一致性分析采用 κ 检验, κ 值 < 0.4 为一致性差, $0.4 \leq \kappa$ 值 < 0.75 为一致性良好, κ 值 ≥ 0.75 为一致性非常好。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 图像质量客观评价结果: B2 组和 A 组图像比较,血管 CT 值增加 11.3%,差异有统计学意义 ($t = -2.40, P < 0.05$)。图像噪声、SNR、CNR 比较差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。B2 组和 B1 组图像比较,血管 CT 值差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。图像噪声降低,SNR、CNR 增大,差异有统计学意义 ($t = 19.57、-12.14、-9.96, P < 0.05$)。B1 组和 A 组图像相比,血管 CT 值增加,图像噪声增大,SNR、CNR 降低,差异均有统计学意义 ($t = -2.32、-20.69、13.39、9.45, P < 0.05$, 表 1)。

2. 图像质量主观评价结果:A 组所有患者图像评分均 > 3 分,满足诊断要求。B1 组有 12 例患者图像评分 ≤ 2 分,尤其主动脉弓及双侧颈动脉近段

表 1 60 例患者 CT 检查的图像质量主客观评价结果 ($\bar{x} \pm s$)

Table 1 Subjective and objective evaluation of image quality of 60 patients ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	客观评价				主观评价	
		血管 CT 值	图像噪声	SNR	CNR	中位数	范围
A 组	30	384.8 \pm 63.4	9.6 \pm 1.1	23.2 \pm 4.2	38.2 \pm 9.2	4	3 ~ 5
B1 组	30	426.2 \pm 74.4 ^a	20.9 \pm 2.8 ^a	10.7 \pm 2.9 ^a	19.6 \pm 5.3 ^a	3	2 ~ 4 ^a
B2 组	30	428.2 \pm 74.3 ^a	10.3 \pm 1.0 ^b	23.8 \pm 5.1 ^b	38.9 \pm 9.2 ^b	5	3 ~ 5 ^{ab}
F/t 值		3.55	360.73	93.50	53.87		45.45 ^c
P 值		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05		<0.05

注:A 组. 常规剂量组,采用滤过反投影法重建;B1 组. 低剂量组,采用滤过反投影法重建;B2 组. 低剂量组,采用全模型迭代法重建;SNR. 信噪比;CNR. 对比噪声比。^a与 A 组同指标比较, $t = -2.32、-20.69、13.39、9.45、4.55、-2.40、-6.58, P < 0.05$; ^b与 B1 组同指标比较, $t = 19.57、-12.14、-9.96、-2.03, P < 0.05$; ^c t 值

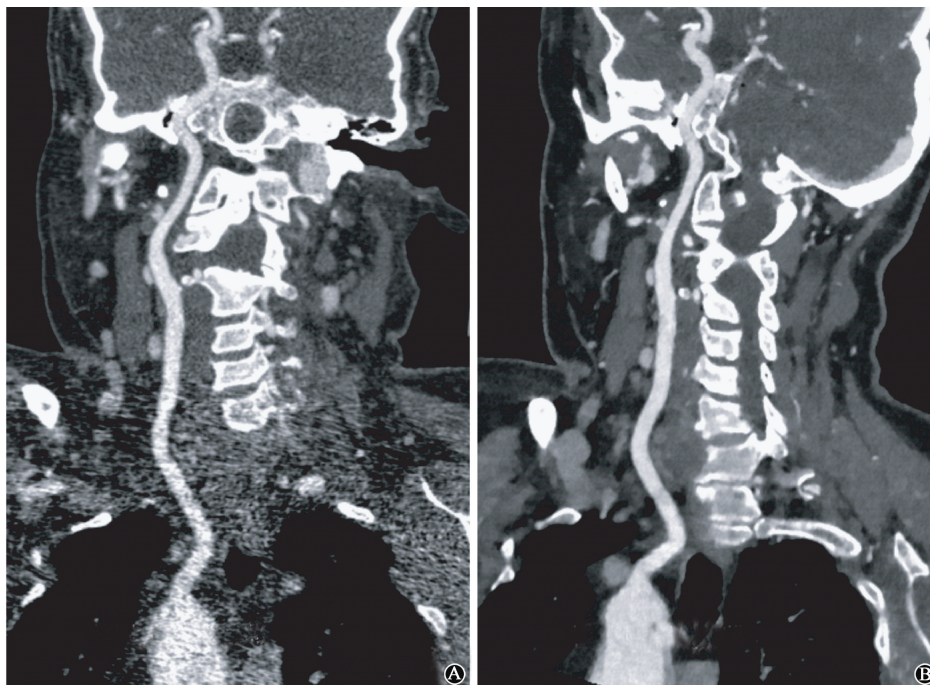


图 1 低剂量组 70 岁短暂性脑缺血女性患者 CT 颈内动脉的曲面重建影像图 A. 使用 FBP 重建, 主动脉弓及颈动脉近段管壁毛糙, 显示不清, 图像评分 2 分, 图像无法诊断; B. 使用 IMR 重建, 主动脉弓及颈动脉近段管壁锐利, 显示清晰, 图像评分 4 分, 图像满足诊断要求

Figure 1 A 70-year-old female patient with transient ischemic attack of low dose group, images of the left internal carotid artery by curved planar reformation A. Image was obtained with filter back projected reconstruction, aorta arch and proximal carotid artery wall were coarse and displayed not so clear, image score was 2 points, and this image cannot be used for diagnosis; B. Image was obtained with iterative model reconstruction, aorta arch and proximal carotid artery wall were smooth and demonstrated very clear, image score was 4 points, and the image quality can meet the demand for diagnosis

显示不清, 图像无法诊断(图 1A)。B2 组所有患者图像评分 >3 分, 血管显示清晰, 均能满足诊断要求(图 1B)。A 组和 B2 组、A 组和 B1 组、B1 和 B2 组间图像评分差异均有统计学意义($t = -6.58$ 、 4.55 、 -2.03 , $P < 0.05$)。

3. 两组患者对比剂注射速率、用量和辐射剂量比较: B 组对比剂注射速率、对比剂用量、 $CTDI_{vol}$ 和 DLP 较 A 组分别减少了 22.0%、22.1%、80.9% 和 81.3%, 差异有统计学意义($t = 20.8$ 、 20.8 、 39.1 、 32.2 , $P < 0.05$), 见表 2。

讨 论

头颈部 CTA 是诊断头颈部血管疾病的重要检查方法, 临床应用广泛, 但扫描范围大, 扫描野内有甲状腺、眼晶状体等对射线敏感的器官, 如何在保证图像质量的前提下, 尽可能降低辐射剂量和对比剂用量显得尤为重要。有学者降低管电压和对比剂浓度, 结合混合迭代进行图像重建, 在图像质量不变的情况下降低患者辐射剂量和对比剂用量, 取

表 2 60 例患者 CT 检查对比剂注射速率、用量和辐射剂量比较($\bar{x} \pm s$)

Table 2 Comparison of the contrast medium injection rate, contrast medium dose and radiation dose of 60 patients($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	对比剂注射速率(ml/s)	对比剂用量(ml)	$CTDI_{vol}$ (mGy)	DLP(mGy·cm)
A 组	30	5.0 ± 0.2	50.3 ± 2.2	8.9 ± 1.0	415.5 ± 56.7
B 组	30	3.9 ± 0.1	39.2 ± 1.9	1.7 ± 0.2	77.9 ± 9.0
<i>t</i> 值		20.8	20.8	39.1	32.2
<i>P</i> 值		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

注: A 组. 常规剂量组; B 组. 低剂量组; $CTDI_{vol}$. 容积 CT 剂量指数; DLP. 剂量长度乘积

得了比较理想的效果^[6]。本研究尝试使用低管电压、低对比剂注射速率和用量, 并使用 IMR 进行图像重建, 来降低患者的辐射剂量和对比剂用量。

由于 X 射线辐射剂量与管电压的大小呈指数关系, 在诊断用管电压范围内, CT 辐射剂量与管电压的平方成正相关, 因此, 降低管电压可以显著降低患者辐射剂量^[7]。Oda 等^[8] 在 64 层螺旋 CT 机上对 BMI < 25.0 kg/m² 患者采用 80 和 120 kV 管电压行 CT 冠状动脉成像对比研究, 认为 80 kV 扫描可

使辐射剂量减少 54%。本研究中 B 组患者平均 DLP 比 A 组减少了 81.3%, 极大降低的辐射损伤的风险, 保护了眼晶状体、甲状腺等辐射敏感器官。

IMR 作为 CT 图像重建算法, 将采集到的数据作为综合投影和实际测量投影相比较, 将二者差值进行反投影, 建立系统噪声模型并进行校正更新和迭代运算, 最终获得图像。这种重建图像方法可以降低图像噪声, 从而能够在较低辐射剂量条件下, 重建出高质量的图像。Ryu 等^[9]关于 IMR 的模体研究证实, IMR 与 FBP 相比, 辐射剂量可减少 60%~80%, 同时图像噪声减少 70%~83%, 并提升低对比度分辨率 43%~80%。本研究中, 低剂量组 (B 组) 使用 80 kV 扫描, 分别使用 FBP 算法和 IMR 算法进行图像重建。80 kV 管电压的光子平均能量较低, 特别是在体厚较大的肩颈部层面, X 射线穿透力不足, 导致在 FBP 重建图像上, 图像噪声过大, 颗粒感强, 主动脉及双侧颈总动脉起始部血管管壁毛糙, 显示不清。而使用 IMR 重建后, 图像噪声下降, 血管显示清晰, 图像质量明显改善, 能够满足诊断要求。80 kV 管电压条件下, IMR 重建和 FBP 重建图像相比, 血管 CT 值没有差异, 动脉血管内的噪声减少了 50.7%, SNR 和 CNR 分别提高了 122.4% 和 98.5%, 可见 IMR 重建对物质的 CT 值没有影响, 但降低了图像的噪声水平。

本研究低剂量组 (B1 和 B2) 组对比剂注射速率和用量与 A 组相比, 分别减少了 22.0% 和 22.1%, 但 B2 组图像的动脉血管平均 CT 值相对于 A 组动脉血管 CT 值 (384.8) 增加了 11.1%。B2 组图像噪声、SNR、CNR 与 A 组相比差异均无统计学意义。说明虽然 B 组扫描对比剂注射速率和总量均降低, 但图像质量客观指标并未受影响。因为与 120 kV 管电压相比, 80 kV 管电压产生 X 射线的平均光子能量更容易被对比剂中碘原子的 K 缘吸收, 能够提高强化后血管的 CT 值, 提高了血管和周围组织间的对比度^[10]。Huda 等^[11]研究认为, 同 120 kV 相比, 100 kV 管电压可使增强后血管的 CT 值增加约 27%。另外对比剂注射速率和总量的降低, 可减轻患者肾脏的碘负荷, 并降低对比剂外渗和对比剂肾病的发生率, 有利于保护患者的肾功能, 提高检查的安全性^[12-14]。

当然, 本研究也存一定的局限性, 对于体重大于 85 kg 或 BMI \geq 28.0 kg/m² 的患者, 80 kV 管电压的射线穿透力不足, 因此, 未能纳入研究; 颅内血管

较为纤细, 血管直径小, 客观指标测量误差较大; IMR 重建有 3 个等级, 等级越高, 降噪能力越大。本研究只使用第一等级进行图像重建, 对于更高等级 IMR 重建的使用有待进一步研究; 本研究重点研究“三低”技术对图像质量和辐射剂量的影响, 并未对低对比剂用法中对比剂的不良反应发生情况进行后续随访研究。

总之, 使用 80 kV 管电压结合低对比剂注射速率和用量进行头颈部 CTA 扫描, 并使用 IMR 算法进行图像重建, 可以在保证图像质量的基础上, 显著降低患者辐射剂量, 也可以降低对比剂注射速率和用量。

利益冲突 本研究接受江苏省卫生厅青年科研课题 (Q201410) 资助, 进行“低剂量头颈部 CTA”相关研究, 本人与本人家属、其他研究者, 未因进行该研究而接受任何不正当的职务或财务津贴, 并对研究的独立性和科学性予以保证

作者贡献声明 杨尚文设计研究方案, 收集数据, 起草论文; 邵明冉分析及数据统计; 杨献峰、胡安宁、王钟、蒋辉协助提供符合病例, 执行扫描方案, 测量数据; 朱斌、张冰、辛小燕指导、监督试验进行, 对图像质量评价和修改论文

参 考 文 献

- [1] Koelemay MJ, Nederkoom PJ, R eitsma JB, et al. Systematic review of computed tomographic angiography for assessment of carotid artery disease [J]. *Stroke*, 2004, 35 (10): 2306-2312. DOI:10.1161/01.STR.0000141426.63959.cc.
- [2] Sanelli PC, Pandya A, Segal AZ, et al. Cost-effectiveness of CT angiography and perfusion imaging for delayed cerebral ischemia and vasospasm in an aneurysmal subarachnoid hemorrhage [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2014, 35 (9): 1714-1720. DOI: 10.3174/ajnr.A3947.
- [3] 张保翠, 张玉东, 赵凯, 等. 静脉注射碘对比剂对不同人群肾功能的影响 [J]. *中华放射学杂志*, 2013, 47 (4): 335-339. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2013.04.010.
Zhang BC, Zhang YD, Zhao K, et al. A prospective study on the risk of contrast induced nephropathy in the patients who underwent contrast-enhanced CT examination [J]. *Chin J Radiol*, 2013, 47 (4): 335-339. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2013.04.010.
- [4] 张龙江, 卢光明. CT 血管成像静脉注射碘对比剂的原则和策略 [J]. *中华放射学杂志*, 2011, 45 (6): 597-600. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2011.06.024.
Zhang LJ, Lu GM. The principles and strategies of intravenous injection of iodine contrast medium in CT angiography [J]. *Chin J Radiol*, 2011, 45 (6): 597-600. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2011.06.024.
- [5] Naem M, McEntegart GE, Murphy TP, et al. Fenoldopam for

- the prevention of contrast-induced nephropathy (CIN)-do we need more trials? a meta-analysis [J]. Clin Imaging, 2015, 39 (5): 759-764. DOI: 10.1016/j.clinimag.2015.02.003.
- [6] Zhang WL, 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): 1-7. DOI: 10.1371/journal.pone.0081486.
- [7] 曹国全, 蔡志敏, 陈勇春, 等. 低管电压联合迭代重建算法对胸部 CT 血管造影图像质量及辐射剂量的影响 [J]. 中华放射医学与防护杂志, 2015, 35 (5): 393-396. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2015.05.020.
- Cao GQ, Cai ZM, Chen YC, et al. Influence of low tube voltage in combination with simultaneous iterative reconstruction algorithm on image quality and radiation dose in thoracic CT angiography: a chest phantom study [J]. Chin J Radiol Med Prot, 2015, 35 (5): 393-396. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2015.05.020.
- [8] Oda S, Utsunomiya D, Funama Y, et al. A low tube voltage technique reduces the radiation dose at retrospective ECG-gated cardiac computed tomography for anatomical and functional analyses [J]. Acad Radiol, 2011, 18 (8): 991-999. DOI: 10.1016/j.acra.2011.03.007.
- [9] Ryu YJ, Choi YH, Cheon JE, et al. Knowledge-based iterative model reconstruction; comparative image quality and radiation dose with a pediatric computed tomography phantom [J]. Pediatr Radiol, 2016, 46 (3): 303-315. DOI: 10.1007/s00247-015-3486-6.
- [10] Kanematsu M, Goshima S, Miyoshi T, et al. Whole-body CT angiography with low tube voltage and low-concentration contrast material to reduce radiation dose and iodine load [J]. Am J Roentgenol, 2014, 202(1): 106-116. DOI: 10.2214/AJR.13.10720.
- [11] Huda W, Sealzetti EM, Levin G, et al. Technique factors and image quality as functions of patient weight at abdominal CT [J]. Radiol, 2000, (217): 430-435. DOI: 10.1148/radiology.217.2.r00nv35430.
- [12] 潘宇宁, 李爱静, 陈晓敏, 等. 低浓度等渗对比剂联合低管电压在肥胖患者冠状动脉成像中的应用 [J]. 中华放射与防护杂志, 2016, 36 (1): 67-73. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2016.01.013.
- Pan YN, Li AJ, Chen XM, et al. Coronary computed tomographic angiography at low concentration of contrast media and low tube voltage in obese patients [J]. Chin J Radiol Med Prot, 2016, 36 (1): 67-73. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2016.01.013.
- [13] Mc Cullough PA, Adam A, Becker CR, et al. Epidemiology and prognostic implications of contrast-induced nephropathy [J]. Am J Cardiol, 2006, 98 (6A): 5-13. DOI: 10.1016/j.amjcard.2006.01.019.
- [14] Toprak O, Cirit M. Risk factors and therapy strategies for contrast-induced nephropathy [J]. Ren Fail, 2006, 28 (5): 365-381. DOI: 10.1080/08860220600683524.

(收稿日期: 2016-08-04)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

作者投稿时语言文字上应注意的几个问题

(1) 临床研究类论文的资料和方法段缺少研究年代和资料来源的描述, 分组交代不清等; 结果部分仅有相对数 (%), 而缺少绝对值。实验研究类论文的材料和方法段缺少对动物来源、饲养条件及健康状况等方面的描述。

(2) 时间范围的表达不符合规范, 如 × 年至 × 年, 中间仍用“~”, 应该用“-”。

(3) “报道”误用为“报导”。

(4) “黏”与“粘”使用不当, 如“粘稠”应为“黏稠”, “粘痰”应为“黏痰”。

(5) 医学名词使用不规范, 如“梗死”误用为“梗塞”, “淤血”误用为“瘀血”等。

(6) 文内多处出现“/”或“vs”, 其含意不清。

(7) 使用非公知公认缩略语的杂志, 文题中不恰当使用非公知公认的缩略语。

(8) 药物名称错用商品名, 未使用我国的通用药品名称。

(9) 药品或器械仅写出其生产和销售公司名称, 而未注明国家。

(10) 正文内, 西文人名和缩略语不能移行排。

(本刊编辑部)