

• 低 kV 低浓度对比剂专题 •

非迭代重建时头颈部双低 CTA 管电流选择的探索

李明志, 于艳妮, 武希庆, 冯坤, 牛庆亮

【摘要】 目的:探讨非迭代重建条件下,身体体质指数(BMI) $<24\text{ kg/m}^2$ 的患者行头颈部双低剂量(管电压 100kVp, 对比剂浓度 270 mg I/mL)CTA 检查时,既能满足临床诊断需求又能降低辐射剂量的管电流范围。**方法:**将 BMI $<24\text{ kg/m}^2$,行头颈部双低剂量 CTA 检查的 61 例患者分为 A、B、C 三组。A 组:管电流 200 mA, 43 例;B 组:管电流 250 mA, 10 例;C 组:管电流 310 mA, 8 例。测量、计算三组患者主动脉弓、左右颈总动脉分叉部及左右大脑中动脉起始部的 CT 值、噪声、信噪比(SNR)、信号噪声比(CNR)、容积 CT 剂量指数(CTDIvol)及剂量长度乘积(DLP)后进行统计学分析。采用双盲法由两位高年资的 CT 诊断医师采用 5 分法对图像质量进行主观评分。**结果:**A、B、C 三组患者年龄和 BMI 的差异无统计学意义($P>0.05$);三组患者各层面 CT 值、噪声、SNR、CNR 的差异均无统计学意义(P 均 >0.05);三组间图像主观评分的差异无统计学意义($P>0.05$)。三组间 CTDIvol、DLP 差异有统计学意义。**结论:**在非迭代重建条件下, BMI $<24\text{ kg/m}^2$ 的患者使用头颈部双低 CTA 检查时,图像质量能够满足临床诊断需求且辐射剂量降低的管电流范围是 200~250 mA。

【关键词】 脑动脉; 颈动脉; 血管成像; 体层摄影术, X 线计算机; 对比剂; 辐射剂量

【中图分类号】 R814.42; R543.4 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2015)10-0989-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2015.10.004

An exploration about the choice of tube current range in low tube voltage and low concentration contrast media head and neck CT angiography on the condition of non iterative reconstruction algorithm LI Ming-zhi, YU Yan-ni, WU Xi-qing, et al. Imaging Center of Weifang Traditional Chinese Hospital, Shandong 261041, P. R. China

【Abstract】 Objective: Under the circumstance of non iterative reconstruction algorithm techniques, to evaluate the range of tube current which can not only satisfy the diagnostic image quality but also achieve the lowest possible radiation dose in low tube voltage (100kVp) and low concentration contrast media (270mg I/mL) head and neck CT angiography (CTA) of patient's BMI $<24\text{ kg/m}^2$. **Methods:** 61 patients were divided into three groups: In group A, tube current 200mA was used, n=43; group B, 250mA, n=10; group C, 310mA, n=8. The CT value, artery noise, signal-to-noise ratio (SNR) and contrast-to-noise ratio (CNR) of the three groups were measured in the aortic arch, carotid artery bifurcation and middle cerebral artery. Moreover, the subjective image quality of all the three groups were also respectively evaluated and compared. **Results:** There were no significant statistic differences in age and BMI among the three groups ($P>0.05$). There were no significant statistic differences in CT value, artery noise, SNR and CNR among the three groups ($P>0.05$). There was no significant statistic differences in subjective image quality score among the three groups ($P>0.05$). **Conclusion:** On the condition of non iterative reconstruction, the range of tube current between 200mA to 250mA can not only satisfy the diagnostic image quality but also achieve the lowest possible radiation dose in 100kVp and 270mg I/mL head and neck CTA of patients' BMI $<24\text{ kg/m}^2$.

【Key words】 Cerebral artery; Carotid artery; Angiography; Tomography, X-ray computed; Contrast medium; Radiation dose

头颈部 CTA 作为颅脑及颈部动脉疾患的有效检查手段,应用越来越广泛,但随之带来的辐射危害及对对比剂不良反应也日益引起社会的关注。以往对于非迭代重建时双低剂量的研究主要集中于降低管电压及高浓度对比剂用量上^[1-3],很少探讨低浓度对比剂的相关研究;或仅简单对比常规管电压与低管电压之间图像质量的差异,未进一步探讨如何在保证图像质量前提

下,选择最优化的扫描参数,以减少患者的辐射剂量。本研究以身体体质指数(body mass index, BMI) $<24\text{ kg/m}^2$ 患者为研究对象,旨在探讨非迭代重建条件下,行双低剂量(管电压 100 kVp,对比剂浓度 270 mg I/mL)头颈部 CTA 检查时,既能满足临床诊断的需求又可降低辐射剂量的管电流范围。

材料与方法

1. 一般资料

选择 2015 年 1—6 月临床可疑头颈部动脉疾患、需行头颈部 CTA 检查的 61 例患者,男 37 例,女

作者单位:261041 山东,潍坊市中医院影像中心(李明志、武希庆、冯坤、牛庆亮);261041 山东,潍坊市人民医院超声科(于艳妮)
作者简介:李明志(1986—),男,山东潍坊人,住院医师,主要从事 CT 影像诊断工作。
通讯作者:牛庆亮, E-mail: qingliangniu@126.com

24 例, 年龄 44~80 岁; BMI 15.6~23.9 kg/m²。所有患者均采用双低剂量(100 kVp、碘克沙醇 270 mg I/mL)扫描模式。根据管电流大小将患者分为 3 组: A 组, 管电流 200 mAs, 43 例; B 组, 管电流 250 mAs, 10 例; C 组, 管电流 310 mAs, 8 例。三组对比剂用量均为 50 mL, 生理盐水 40 mL。检查前已排除心、肝、肾功能不全者、碘过敏者、不能配合完成检查者及妊娠妇女, 本研究获本院伦理委员会批准, 所有患者均签署知情同意书。

2. 仪器与检查方法

预置 18G 套管针, 检查前嘱患者不要进行吞咽动作。采用 Philips 256 层 iCT, 使用 Medrad Stellant 双筒高压注射器经右侧肘正中静脉以 4.5~5.0 mL/s 流率注射对比剂, 然后以相同流率注射生理盐水。采用对比剂跟踪技术, 在主动脉弓降部勾画兴趣区(region of interest, ROI), 触发阈值为 100 HU, 触发后延迟扫描时间为 4.5 s, 扫描范围自主动脉弓至头皮下。其他扫描参数: X 线球管准直器宽度 128i × 0.625 mm, 旋转时间为 0.5 s, 螺距 0.993, 视野 250 mm × 250 mm, 矩阵 512 × 512, 重建层厚 0.9 mm, 层间距 0.45 mm。扫描结束后记录设备上显示的容积 CT 剂量指数(CT dose index volume, CTDIvol)。所有原始数据均采用常规滤波反投影(filtered back projection, FBP)重建。

3. 图像处理与分析

定量分析: 测量感兴趣区(ROI)即主动脉根部、双侧颈总动脉分叉部、双侧大脑中动脉起始部以及对比区域(region of contrast, ROC)即同层面胸大肌、同侧胸锁乳突肌、同侧脑实质的 CT 值及噪声(SD 值)(图 1)。为使测量数据准确, 连续测量上下 3 个层面, 取平均值。测量主动脉弓时设置大小为 80 mm² 的圆形 ROI 及 30 mm² 的圆形 ROC; 测量颈总动脉分叉部及

大脑中动脉起始部时设置尽量贴近血管壁的圆形 ROI 及 20 mm² 的圆形 ROC; 测量 ROI 时尽量避开存在动脉粥样斑块的层面; 测量 ROC 时尽量选择密度均匀的区域。利用公式(1)、(2)分别计算信噪比(signal-to-noise ratio, SNR)和对比噪声比(contrast-to-noise ratio, CNR)。

$$SNR = \frac{CT \text{ 值}_{ROI}}{SD \text{ 值}_{ROC}} \quad (1)$$

$$CNR = \frac{CT \text{ 值}_{ROI} - CT \text{ 值}_{ROC}}{SD \text{ 值}_{ROC}} \quad (2)$$

定性分析: 将原始数据传至 Philips IntelliSpace Portal 工作站, 采用容积再现(VR)、曲面重组(CPR)及最大密度投影(MIP)技术进行图像重组(图 2), 由两位高年资医师采用 5 分法对图像整体评分。评分标准: 1 分, 对比增强不满意, 动脉显示不清, 或存在严重伪影而影响图像的解释, 无法评价; 2 分, 对比增强较低, 动脉显示模糊, 或存在较大伪影而影响图像的解释, 无法评价; 3 分, 可接受或良好的对比增强, 动脉显示略模糊, 或存在伪影, 但不影响图像的解释, 可评价; 4 分, 良好或卓越的对比增强, 动脉显示清晰, 有或无伪影, 对图像的解释无影响, 可评价; 5 分, 卓越的对比增强, 动脉显示非常清晰, 无伪影, 可评价。图像整体评分 ≥ 3 分为符合临床诊断要求, 而 ≤ 2 分为不符合临床诊断要求。

4. 辐射剂量

扫描结束后记录辐射剂量, 包括容积 CT 剂量指数(CTDIvol)、剂量长度乘积(dose length product, DLP)和扫描长度(Length), 其中 DLP(mGy · cm) = CTDIvol(mGy) × Length(cm)。

5. 统计学分析

使用 SPSS 20.0 进行统计学分析, 计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示。三组患者的年龄、BMI、CT 值、噪声、SNR、CNR 及 DLP 比较采用单因素方差分析; 图像质

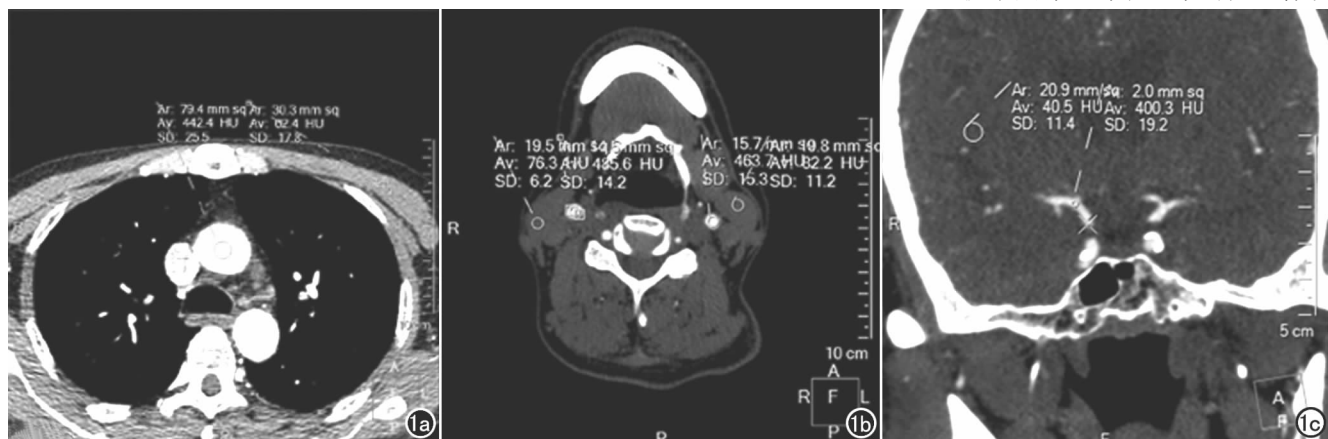


图 1 男, 58 岁, BMI=21.7 kg/m², 行头颈部双低 CTA 检查, 管电流 200 mAs。a) 测量主动脉弓层面 ROI、ROC 的 CT 值及 SD 值; b) 测量双侧颈总动脉分叉部 ROI、ROC 的 CT 值及 SD 值; c) 测量右侧大脑中动脉起始部 ROI、ROC 的 CT 值及 SD 值。

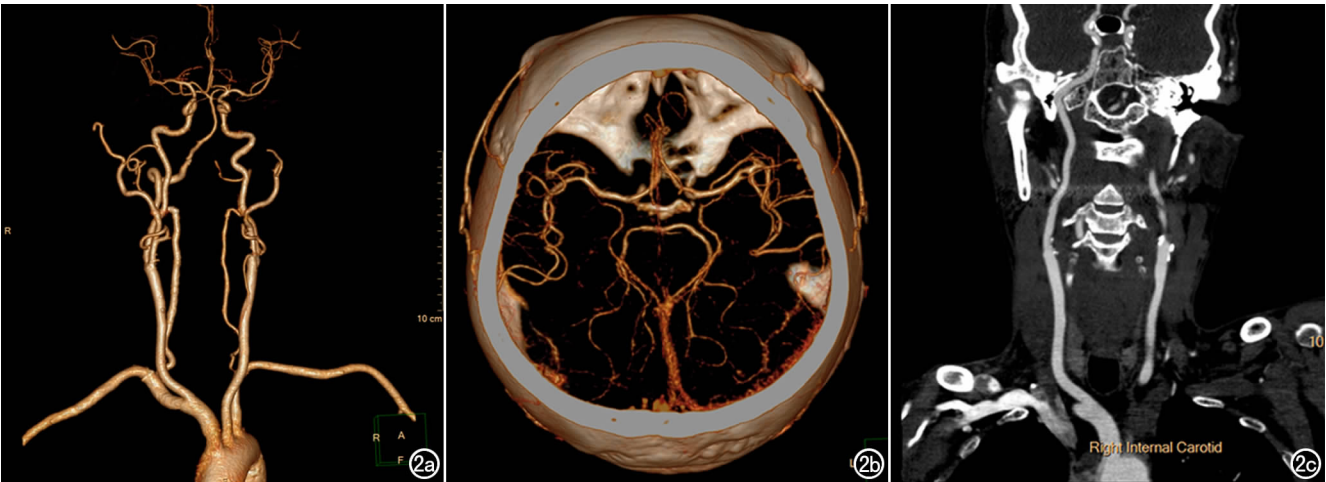


图 2 男,56 岁,BMI=21.9 kg/m²,行头颈部双低 CTA 扫描,管电流 200 mAs,图像主观评分 5 分。a、b) VR 图示头颈部各血管壁光滑、清晰; c) CPR 图示右侧颈总动脉动脉及颈内动脉显示清晰、锐利,对比度强,无伪影; d) MIP 图示双侧大脑中动脉显示清晰,能够很好的显示四级以上分支。

量主观评分比较采用 Kruskal-Wallis H 检验, $P < 0.05$ 为差异存在统计学意义。

结 果

A、B、C 3 组患者的主要临床资料及统计学分析结果见表1,三组患者的年龄及BMI差异均无统计学意义(P 均 >0.05)。

表 1 3 组患者的临床资料及比较

项目	A 组	B 组	C 组	F 值	P 值
人数	43	10	8	—	—
年龄(岁)	62.44±11.17	68.30±8.51	59.88±12.63	1.540	0.223
BMI(kg/m ²)	21.86±1.84	22.47±1.12	22.61±1.42	1.108	0.337
管电流(mAs)	200	250	310	—	—

A、B、C 组各测量层面的 CT 值、噪声、SNR 及 CNR 测量值及比较见表 2。三组患者各测量层面 CT 值、噪声、SNR、CNR 的差异均无统计学意义(P 均 >0.05)。虽然三组患者各测量层面噪声的差异均无统计学意义(P 均 >0.05),但是随着管电流从 200 mAs 提高到 310 mAs,各测量层面噪声的平均值依次降低。

A、B、C 3 组患者的图像质量主观评分见表 3,三组间图像质量主观评分的差异无统计学意义($P = 0.791 > 0.05$),三组图像均为可评价图像。

A、B、C 3 组患者的辐射剂量相关指标的测量值及比较见表 4,三组患者间 CTDIvol、DLP 的差异具有统计学意义($P < 0.01$),A、B 组 CTDIvol、DLP 较 C

表 3 3 组患者的图像质量主观评分

组别	5 分	4 分	3 分	2 分	1 分
A 组	33	10	0	0	0
B 组	8	2	0	0	0
C 组	7	1	0	0	0

组分别约降低 1/5 和 1/3。

表 4 3 组患者辐射剂量相关指标比较

指标	A 组	B 组	C 组
CTDIvol(mGy)	8.08±0.01	10.09±0.01	12.53±0.02
DLP(mGy·cm)	369.43±15.54	465.59±26.48	590.23±45.33

讨 论

头颈部的器官如眼晶状体、甲状腺等对 X 线非常敏感,尤其是眼晶状体,过量照射可导致白内障等^[4]。对比剂肾病(contrast induced nephropathy, CIN)是 CT 对比增强检查的重要不良反应之一。有研究^[5,6]显示,CIN 大约占有院内肾功能衰竭的 12%,且可能与碘的用量有关。因此,降低头颈部 CTA 的辐射剂量及碘摄入量非常重要。

影响 CT 辐射剂量的因素有多种,主要包括管电压、管电流、扫描层数、螺距等^[7]。降低辐射剂量最主要的方法是降低管电压。降低管电压能够明显提升强化血管内的 CT 值,有研究^[2,8]表明管电压从 120 kVp 降至 100 kVp 时,强化血管内的 CT 值大约升高 17%~27%,而辐射剂量却降低约 45%^[3]。使用低浓

表 2 A、B、C 三组患者各测量层面 CT 值、噪声、SNR 及 CNR 比较

位置	A 组	B 组	C 组	P 值			
				A vs B	A vs C	B vs C	Total
主动脉弓							
CT 值(HU)	390.73±56.97	396.08±55.77	340.53±37.56	0.958	0.053	0.091	0.054
噪声(HU)	34.81±9.18	30.41±6.81	28.76±4.87	0.304	0.158	0.911	0.096
SNR	17.57±5.25	20.58±7.56	16.44±3.58	0.271	0.856	0.260	0.222
CNR	14.66±4.57	17.49±6.92	13.35±3.30	0.233	0.768	0.183	0.165
右颈总动脉分叉部							
CT 值(HU)	413.99±62.85	420.33±51.56	372.79±32.26	0.948	0.167	0.207	0.161
噪声(HU)	17.13±4.40	14.29±4.83	13.93±2.93	0.157	0.141	0.983	0.054
SNR	39.09±12.10	44.08±10.98	39.20±13.10	0.470	1.000	0.672	0.495
CNR	33.21±10.60	37.78±10.38	32.09±10.10	0.451	0.958	0.504	0.430
左颈总动脉分叉部							
CT 值(HU)	413.53±58.81	422.38±50.94	369.39±35.76	0.891	0.105	0.117	0.092
噪声(HU)	15.90±3.87	15.00±3.86	13.75±2.16	0.771	0.296	0.758	0.301
SNR	40.36±10.54	45.23±13.89	40.09±12.21	0.444	0.998	0.607	0.460
CNR	34.58±9.60	39.05±13.06	32.46±10.30	0.808	0.986	0.784	0.356
右侧大脑中动脉							
CT 值(HU)	346.90±59.70	351.16±53.84	306.78±41.28	0.974	0.168	0.235	0.171
噪声(HU)	24.04±8.81	21.82±5.41	20.60±2.99	0.702	0.496	0.943	0.439
SNR	20.46±5.07	23.70±5.41	24.20±4.55	0.172	0.143	0.976	0.058
CNR	18.10±4.83	20.94±5.28	20.92±3.66	0.215	0.280	1.000	0.115
左侧大脑中动脉							
CT 值(HU)	346.01±60.31	347.30±46.32	303.29±46.09	0.998	0.133	0.240	0.146
噪声(HU)	27.01±8.26	23.48±5.57	23.13±4.05	0.379	0.376	0.995	0.223
SNR	20.37±5.58	23.06±5.33	23.85±3.62	0.329	0.216	0.948	0.131
CNR	18.08±5.24	20.19±5.14	20.40±3.04	0.457	0.455	0.996	0.298

度对比剂在降低碘摄入量的同时,也会减低血管腔内的 CT 值。因此,使用低管电压及低浓度对比剂扫描时,仍可达到与常规方法相似的血管对比^[9]。然而降低辐射剂量的同时会导致图像噪声增大,可能会影响图像质量,那么在没有迭代降噪软件的情况下行头颈部双低剂量(100 kVp、270 mg I/mL)CTA 检查,适当的调整管电流的大小是必要的^[10]。

本研究中 3 组患者各测量层面 CT 值的差异无统计学意义($P>0.05$),由此可见,调整管电流对 CT 值无明显影响。管电流主要决定发出的 X 线光子的数量,不会影响 X 线的穿透力,因此,降低管电流不会影响物质的 X 线衰减系数。

3 组患者各测量层面噪声的差异无统计学意义($P>0.05$),但随着管电流的降低,其噪声依次增加,与以往的研究一致^[11]。由此可见,调整管电流能够在一定范围内调整图像质量。

3 组患者各测量层面 SNR、CNR 及图像主观评分的差异均无统计学意义(P 均 >0.05)。由此可见,在 BMI <24 kg/m² 的患者中,200 mAs 能够满足头颈部双低剂量扫描的诊断需求。本研究中,A 组图像评分为 4 分的 10 例患者中,8 例 BMI >23 kg/m²,提示,对于 BMI 越大的患者(<24 kg/m²)可适当增加管电流的大小,以使图像更好地满足诊断需求。

3 组患者的 CTDIvol、DLP 的差异具有统计学意义($P<0.01$),A、B 组 CTDIvol、DLP 较 C 组分别约

降低 1/5 和 1/3,说明随着管电流的增强,辐射剂量相应增加。从既能降低辐射剂量又能满足临床诊断需求的角度,我们建议在非迭代重建条件下,BMI <24 kg/m² 的患者行 100 kVp、碘克沙醇(270 mg I/mL)头颈部 CTA 检查合理的管电流范围是 200~250 mAs。本研究 A 组患者中体重过轻(BMI <18.5 kg/m²)者(5/43)的图像质量评分均为 5 分,因此,建议 BMI <18.5 kg/m² 者可采用更低的管电流。

迭代重建(iterative reconstruction,IR)现已被证实是一种较滤波反投影(filtered back projection,FBP)更能有效降低图像噪声的方法^[12,13],近两年已经成为新装机高端 CT 设备的标配。但是与 FBP 相比,IR 对计算机硬件要求较高,对已有 CT 设备进行更新换代需要高额的费用,导致很多基层医院没有对 CT 设备进行升级。因此,本研究对于基层医院进行头颈部双低剂量 CTA 扫描有一定的意义。

本研究的不足之处是针对 BMI <24 kg/m² 的人群进行研究,因此,适用范围受到一定的限制;另外,本研究 B、C 两组样本量偏小,患者间的个体差异可能造成数据存在一定偏差,而影响分析结果,仍需扩大样本量来证实本研究的结论。

参考文献:

[1] Ramgren B,Björkman-Burtscher IM,Holtas S,et al. CT angiography of intracranial arterial vessels:impact of tube voltage and contrast media concentration on image quality[J]. Acta Radiol,2012,

- 53(8):929-934.
- [2] 胡莹莹,孙宏亮,王玉丽,等.采用低管电压技术和低剂量对比剂行 256 层螺旋 CT 头颈部动脉成像的可行性[J].中国医学影像技术,2012,28(7):1396-1400.
- [3] Luo S,Zhang LJ,Meinel FG,et al. Low tube voltage and low contrast material volume cerebral CT angiography[J]. Eur Radiol, 2014,24(7):1677-1685.
- [4] Brenner DJ,Hall EJ. Computed tomography:an increasing source of radiation exposure[J]. N Engl J Med, 2007, 357(22):2277-2284.
- [5] Thomsen HS,Morcos SK,Barrett BJ. Contrast-induced nephropathy;the wheel has turned 360 degrees[J]. Acta Radiol, 2008, 49(6):646-657.
- [6] 李为民,薛竟宜.对比剂肾病的研究进展[J].中国循环杂志, 2010,25(5):325-326.
- [7] McNitt-Gray MF. AAPM/RSNA physics tutorial for residents: topics in CT. Radiation dose in CT[J]. Radiographics, 2002, 22(6):1541-1553.
- [8] 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.
- [8] Eller A,Wuest W,Kramer M,et al. Carotid CTA: radiation exposure and image quality with the use of attenuation-based, automated kilovolt selection[J]. AJNR, 2014, 35(2):237-241.
- [9] 李玮,刘建新,王霄英,等.低电压低对比剂剂量头颈 CTA 的可行性研究[J].放射学实践, 2013, 28(5):482-485.
- [10] Eller A,Wuest W,Kramer M,et al. Carotid CTA: radiation exposure and image quality with the use of attenuation-based, automated kilovolt selection[J]. AJNR, 2014, 35(2):237-241.
- [11] 黄迪开,谭莉平,陆建常.头颈部 CT 血管成像的辐射剂量分析[J].实用放射学杂志, 2014, 30(7):1235-1238.
- [12] 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):e81486.
- [13] Rapalino O,Kamalian S,Payabvash S,et al. Cranial CT with adaptive statistical iterative reconstruction: improved image quality with concomitant radiation dose reduction[J]. AJNR, 2012, 33(4):609-615.

(收稿日期:2015-08-05 修回日期:2015-08-31)

本刊网站及远程稿件处理系统投入使用

本刊网站与远程稿件处理系统已开发测试完毕,已于 2008 年 3 月 1 号正式开通投入使用。

作者进行网上投稿及查稿具体步骤如下:请登录同济大学医学期刊网站(<http://www.fsxsj.net>)点击“放射学实践”进入本刊网站首页→点击“作者投稿”→按提示注册(请务必按系统提示正确填写个人信息,同时记住用户名和密码,以便查询稿件处理进度)→用新注册的用户名和密码登录→点击“作者投稿”进入稿件管理页面→点击“我要投稿”→浏览文件→上传文件(浏览文件后请点击后面的“上传”按钮,只有系统提示“稿件上传成功”方可进行下一步录入操作,文章须以 WORD 格式上传,图表粘贴在文章中)→录入稿件标题、关键词等→最后点击“确定”即可完成投稿。投稿后请速寄审稿费(100 元/篇)以使稿件迅速进入审稿处理。

作者自投稿之日起可不定期登录本刊网站查看稿件处理进度,不必打电话或发邮件查询,具体步骤如下:用注册过的用户名和密码登录→点击“作者查稿”进入稿件管理页面→点击左侧导航栏“我的稿件库”→“稿件状态”显示稿件处理进度→点击“查看”→选择“当前信息”或“全部信息”查看稿件处理过程中的具体信息。稿件退修和催审稿费(版面费)的信息作者亦可在注册时填写的邮箱中看到,作者在邮箱看到相关信息后须进入本系统进行相应处理。

作者如从邮箱和邮局投稿(或网上投稿成功后又从邮箱或邮局再次投稿),本刊须花费大量精力将稿件录入系统中,部分稿件重复多次处理,这给我们的稿件统计及处理工作带来巨大困难。本刊作者需登录本刊网站投稿,如果通过邮箱或邮局投稿,本刊会通知您通过网上投稿。

由于准备时间仓促及经验不足,网站及远程稿件处理系统必然会存在一些缺点和不足之处,希望各位影像同仁不吝赐教,多提宝贵意见,予以指正。

如果您在投稿中遇到什么问题,或者对本系统及网站有好的意见和建议,请及时联系我们。

联系人:石鹤 明桥 联系电话:027-83662875