

• 双能量 CT 影像学专题 •

双能量 CT 虚拟单能谱成像技术在脑动脉瘤夹闭术后评估中的应用

赵艳娥, 宁辉, 郑玲, 张龙江, 陈国中, 周长圣, 卢光明

【摘要】 目的:以常规颅脑 CTA 为对照,研究双能量 CT 单能谱成像用于颅内动脉瘤颈夹闭术后评估的最佳能量范围。**方法:**对 36 例患者 40 组双能量数据进行回顾性分析。采用双能量单能谱软件在 60~100 keV 之间每隔 10 keV 值进行单能量图像重组,平均加权 120 kV 为常规 CTA 图像,共 6 组图像。分别测量每组图像伪影影响最重的脑组织和血管 CT 值,评估线束硬化伪影和血管对比度,并对单能量和 CTA 图像质量进行主观评价。**结果:**60~100 keV 之间单能量图像的动脉瘤夹金属伪影分别为 (116.9 ± 73.0) 、 (72.4 ± 37.3) 、 (49.8 ± 27.0) 、 (34.8 ± 20.7) 和 (26.7 ± 18.2) HU。常规 CTA 图像的硬化伪影 (62.5 ± 31.6) HU 与 70~80 keV 单能量图像差异无统计学意义($P > 0.05$),80~100 keV 的单能量图像硬化伪影低于常规 CTA。60~100 keV 单能量图像的血管对比度分别为 (301.9 ± 74.9) 、 (217.6 ± 54.2) 、 (163.8 ± 41.8) 、 (126.9 ± 34.2) 和 (103.1 ± 46.1) HU,常规 CTA 的血管对比度 (183.5 ± 48.8) HU 与 70~80 keV 单能量图像差异无统计学意义($P > 0.05$)。60~100 keV 和常规 CTA 图像质量为优和良的比例分别为 20.0%、47.5%、85%、35%、15%、65%。**结论:**双能量 CT 成像用于颅内动脉瘤颈夹闭术后患者评估的最佳能量范围是 70~80 keV,80 keV 有望成为最佳单能量成像点。

【关键词】 双源双能量 CT; 颅内动脉瘤; 体层摄影术, X 线计算机; 伪影

【中图分类号】 R739.4; R814.42 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2014)09-0988-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2014.09.002

The application of monoenergetic imaging in postoperative evaluation of the patients with intracranial aneurysm clipping using dual energy CT angiography ZHAO Yan-E, NING Hui, ZHENG Ling, et al. Department of Medical Radiology, Nanjing General Hospital of Nanjing Military Command, PLA, Nanjing 210002, P. R. China

【Abstract】 Objective: Using conventional CTA as control, to explore the optimal energy range for mono-energetic imaging of the dual-energy CT to evaluate the postoperative patient with intracranial aneurysm clipping. **Methods:** 40 sets of dual energy CT data from 36 patients were analyzed retrospectively. The dual-energy CT data were processed by using the mono-energetic software. Then single energy images were generated every 10keV ranging from 60 to 100 keV. The average weighted 120kV was set as conventional CTA image for comparison. In order to assess the beam hardening artifacts and vascular contrast, the CT value of cerebral tissue and blood vessels were measured, ROI were set on regions where were most severe affected by hardening artifacts. Reconstructed single energy images were assessed by two experienced radiologists blindly. **Results:** The CT value of metal hardening artifact of aneurysm clip were (116.9 ± 73.0) , (72.4 ± 37.3) , (49.8 ± 27.0) , (34.8 ± 20.7) and (26.7 ± 18.2) HU for each group ranging from 60 to 100keV respectively. There was statistically significant difference between above CT value in each group and that in the conventional CTA image (62.5 ± 31.6) . The vascular contrast were (301.9 ± 74.9) , (217.6 ± 54.2) , (163.8 ± 41.8) , (126.9 ± 34.2) and (103.1 ± 46.1) HU for each group ranging from 60 to 100keV respectively. There was no statistically significant difference of vascular contrast between the conventional CTA image (183.5 ± 48.8) HU and 80 keV monoenergetic image. The ratios of excellent or good image quality of the single energy image were 20.0%, 47.5%, 85%, 35.0%, 15% for each group respectively and 65% for conventional CTA group. **Conclusion:** The optimal energy range of the dual-energetic imaging for postoperative evaluation of intracranial aneurysm neck clipping is from 70 to 80keV. The 80keV is suggested as the best setting point for single energy image because it has lower hardening artifacts while maintaining similar vascular contrast.

【Key words】 Dual energy CT; Intracranial aneurysm; Tomography, X-ray computed; Artifact

随着 MSCT 空间分辨力和时间分辨力不断提高,

MSCT 脑血管成像已经成为临床评估动脉瘤夹闭术后疗效的主要检查方法^[1],但由于金属植入物具有明显的线束硬化伪影,不仅影响 CTA 对术区解剖结构的显示,还影响对术后并发症的判断。双能量 CT 虚拟单能谱成像技术能降低线束硬化伪影^[2],但对于颅

作者单位: 210002 南京,南方医科大学附属临床医学院/南京军区南京总医院医学影像科(赵艳娥、郑玲、张龙江、陈国中、周长圣、卢光明); 710077 中航工业西安医院影像科(宁辉)

作者简介: 赵艳娥(1981-),女,山东德州人,博士研究生,主治医师,主要心血管影像诊断工作。

通讯作者: 卢光明, E-mail: cjr_luguangming@vip.163.com

内动脉瘤夹闭植入术后的 CTA 评估,在降低线束硬化伪影的同时,还需要足够的血管对比度。尽管双能量 CT 虚拟单能谱成像技术的低 keV 单能量图像能够提高图像的密度分辨力,提高血管内对比剂的密度,优化血管的显示,但是图像噪声也随之增大,金属伪影加重;高 keV 单能量图像有助于金属伪影的去除,但是图像对比度降低,血管显示不清。所以需要寻找脑动脉瘤夹闭术后评估的最佳能量成像范围。潘雪琳等^[3]通过对 48 例颅内动脉瘤颈夹闭双能量 CT 能谱成像进行分析,发现 70 keV 单能量图像进行重建可获得较好的图像质量,但该研究没有与常规 CTA 进行比较,因此 70 keV 图像的线束硬化伪影是否低于常规 CTA 尚不明确,需要进一步研究。本研究将各单能量图像与常规 CTA 图像进行对照,旨在寻找双能量 CT 虚拟单能谱成像技术对脑动脉瘤夹闭术后评估的最佳能量范围。

材料与方法

1. 病例资料

搜集 2013 年 1 月—2014 年 4 月共 36 例因颅内动脉瘤行夹闭术后行头颅双能量 CTA 检查的患者,其中 4 例患者行 2 次双能量 CTA,故共 40 组双能量数据纳入本组研究。36 例患者中男 17 例,女 19 例,年龄 35~76 岁,平均 59.94 岁。动脉瘤夹闭术后 CTA 复查时间间隔为 18 小时至 11 个月。排除标准:碘对比剂过敏、孕妇、严重心肾功能不全患者。动脉瘤夹材料为磁钛合金。

2. 检查方法

所有患者检查前均签署知情同意书。所有患者均在 Siemens Somatom Definition Flash DSCT 机上进行 CT 扫描。双能量 CTA 扫描程序:首先进行常规扫描定位像,后进行常规头颅平扫,然后进行增强双能量扫描,经右侧肘前静脉以 3~4 mL/s 流率应用双筒高压注射器注射对比剂碘普罗胺(300 mg I/mL) 70~80 mL,再以相同的流率注射 40 mL 生理盐水。使用人工智能触发扫描,触发点定于颈总动脉分叉部,触发阈值 100 HU,延时 5 s 开始自动扫描。扫描范围从下颌骨至颅顶,扫描方向由足侧向头侧顺动脉血流方向扫描,扫描时间 5~7 s。扫描参数:2 个球管电压分别为 140 和 80 kV,有效电流分别为 51 和 213 mAs,准直器宽度 64×2×0.6 mm,矩阵 512×512,自动重建层厚 0.75 mm,层间距 0.5 mm,扫描螺距 0.7,球管旋转速度 0.5 s/r。

3. 影像重组及数据测量分析

扫描完成后,将自动重组的 Sn140 kV、80 kV 以及平均加权 120 kV 数据传送到 Siemens 工作站 Syn-

goMMWP VE36A,使用双能量单能谱软件(Monoenergetic)进行后处理分析。对 60~100 keV 的单能量数据每隔 10 keV 进行图像重组,共 5 组单能量图像。将平均加权 120 kV 图像作为常规 CTA 图像。

图像硬化伪影:典型层面和测量方法参考潘雪琳等^[3]的研究方法。a 点位于动脉瘤夹伪影最重的脑组织即动脉瘤夹长轴的尾部;b 点为 a 点的对称点,位于无动脉瘤夹伪影的脑组织内(图 1);计算 a、b 两点 CT 值的差值即 $|CT_a - CT_b|$,作为硬化伪影评估的定量指标。

血管对比度:c 点尽量选择在动脉瘤夹伪影影响最重的血管中央上,兴趣区(regio of interest,ROI)覆盖血管截面的 70%~80%,d 点选择在影响最重血管附近的脑组织内(图 1)。计算 c、d 两点 CT 值的差值即 $|CT_c - CT_d|$,作为评估血管对比度的定量指标。

图像质量主观评价由两位医师共同完成。影像质量主观评价按如下评分系统进行:1 分,优秀,瘤夹周围无伪影,周围脑组织分辨清楚,血管显示清晰,可以用于诊断;2 分,良好,瘤夹周围伪影小,周围脑组织分辨尚清楚,血管显示尚清晰,可以用于诊断;3 分,差,瘤夹周围伪影较大,周围脑组织分辨模糊,血管显示模糊,不能用于诊断。

4. 统计学分析

采用 SPSS 16.0 软件进行统计学分析,如数据符合正态分布,统计方法选取方差分析,方差齐性两两比较采用 LSD 方法,方差不齐时两两比较采用 Tamhane's T2;如数据符合偏态分布,则采用秩和检验进行比较。图像质量评分比较采用 χ^2 检验,将常规 CTA 质量评分<3 分的比率分别与不同 keV 组图像质量评分<3 分的比率进行比较。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 硬化伪影结果分析

硬化伪影的 $|CT_a - CT_b|$ 值分布状态符合正态分布,方差分析结果显示 F 值=24.89, $P=0.001$,组间差异有统计学意义。 $|CT_a - CT_b|$ 值随着单能量 keV 值升高而减低(表 1),60 keV 硬化伪影最严重,与其它 keV 组和常规 CTA 差异均有统计学意义($P=0.001$);除了 70 keV 和 80 keV、70 keV 和常规 CTA、80 keV 和 90 keV、80 keV 和常规 CTA 差异无统计学意义(P 值均 >0.05)之外,其它组两两比较差异均有统计学意义(P 值均 <0.05)。

2. 血管对比度分析结果

血管对比度的 $|CT_c - CT_d|$ 值分布状态符合正态分布,故采用多个独立样本方差分析统计方法,统计结

表 1 图像线束硬化伪影结果分析 (HU)

分组	CTa	CTb	CTa-CTb	P 值 *
60keV	-60.8±58.4	53.6±17.5	116.9±73.0	0.001
70keV	-22.8±39.9	46.4±12.8	72.4±37.3	0.978
80keV	-9.3±24.3	41.5±10.4	49.8±27.0	0.693
90keV	3.6±19.2	38.3±9.2	34.7±20.7	0.001
100keV	8.1±19.8	34.6±7.1	26.7±18.2	0.001
常规 CTA	-18.4±29.5	44.1±12.0	62.5±31.6	/

注: * 常规 CTA 的 |CTa-CTb| 值与不同 keV 组 |CTa-CTb| 值的两两比较结果。

果为 F 值=71.2, $P<0.05$, 组间差异有统计学意义。|CTc-CTd| 值随着单能量 keV 值升高而减低(表 2), 60 keV 血管对比度最高, 与其它 keV 组和常规 CTA 差异均有统计学意义($P=0.001$)。除了 70 keV 和常规 CTA、80 keV 和常规 CTA、90 keV 和 100 keV 差异无统计学意义(P 值均 >0.05)之外, 其它组两两比较差异均有统计学意义(P 值均 <0.05)。

3. 图像质量主观评价结果

60~100 keV 之间的单能量图像和常规 CTA 图像质量主观评价结果见表 3。经 χ^2 检验, 6 组图像质量的主观评分差异有统计学意义($P<0.05$)。60~

表 2 血管对比度分析结果 (HU)

分组	CTc	CTd	CTc-CTd	P 值 *
60keV	353.7±66.7	51.8±17.7	301.9±74.9	0.001
70keV	262.0±47.9	44.4±14.5	217.6±54.2	0.066
80keV	203.5±36.8	39.7±13.2	163.8±41.8	0.604
90keV	164.0±29.7	37.1±12.2	126.9±34.2	0.001
100keV	138.1±46.0	34.9±6.8	103.1±46.1	0.001
常规 CTA	227.6±43.5	44.2±14.3	183.5±48.8	/

注: * 常规 CTA 的 |CTc-CTd| 值与不同 keV 组 |CTc-CTd| 的值两两比较结果。

100 keV 图像质量评分为优秀和良好者(评分 <3 分)所占比例分别为 20.0%、47.5%、85%、35.0%、15%。常规 CTA 图像质量评分为优秀和良好者所占比例为 65%。常规 CTA 图像的质量评分 <3 分的比率分别与不同 keV 组图像质量评分 <3 分的比率进行 χ^2 检验, 结果显示常规 CTA 组与 70keV 组差异无统计学意义($P>0.05$), 与其它 keV 组差异均有统计学意义($P<0.05$, 表 3)。本组 1 例左侧大脑中动脉瘤夹闭术后 60~100 keV 虚拟单能量成像, 肉眼观察 80 keV 虚拟单能量图像线束硬化伪影较少且血管对比度较高(图 2)。

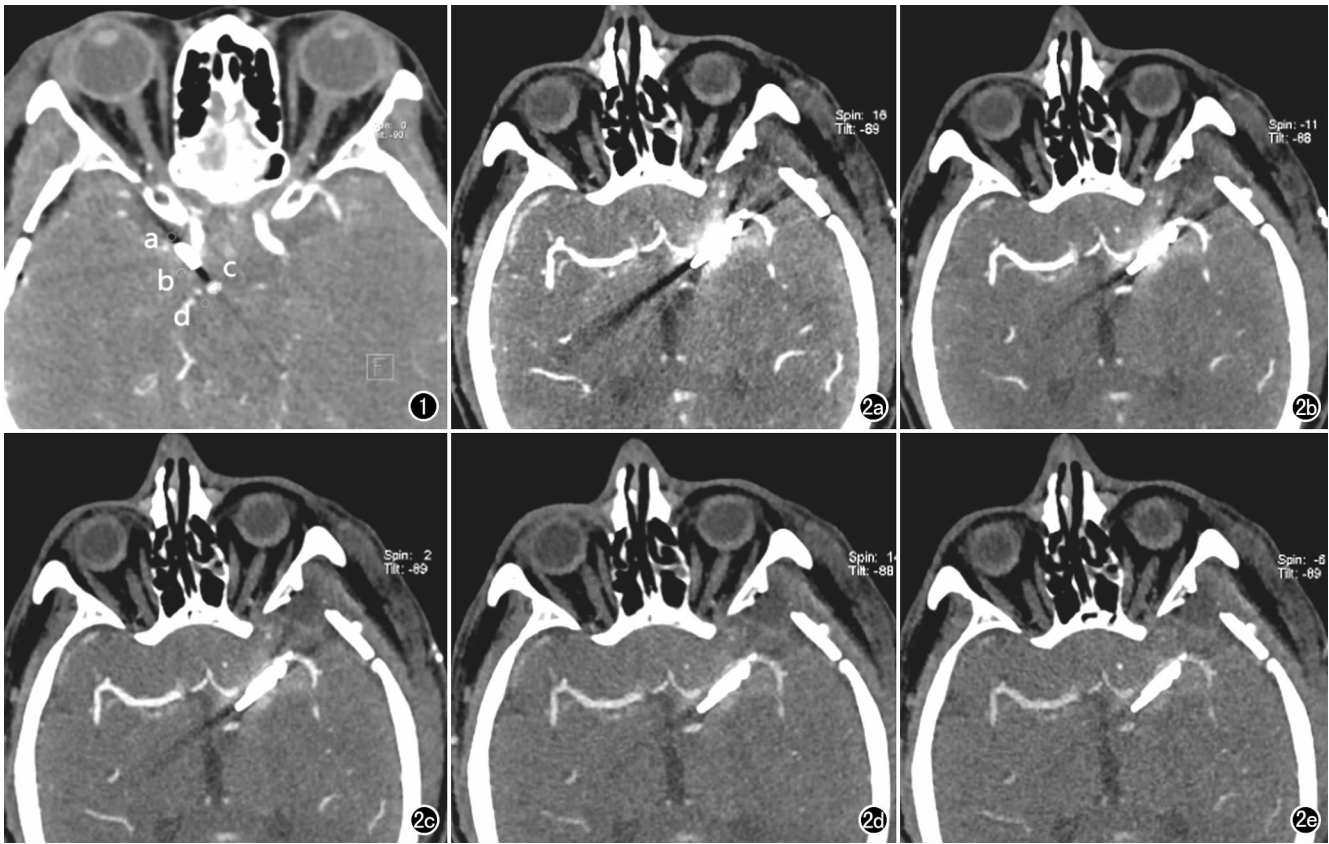


图 1 兴趣区测量示意图。a 点位于动脉瘤夹伪影最重的脑组织内; b 点位于无动脉瘤夹伪影的脑组织, 即 a 的对称点; c 点位于受动脉瘤夹伪影影响最重的血管; d 点位于受动脉瘤夹伪影影响最重血管旁脑组织内。图 2 同一层面不同 keV 单能量头颅横轴面图像, 图像窗宽、窗位相同。a) 60 keV 单能量图像示动脉瘤夹硬化伪影较重, 影响左侧大脑中动脉评估; b) 70 keV 单能量图像示动脉瘤夹硬化伪影较重; c) 80 keV 单能量图像示动脉瘤夹硬化伪影明显降低, 血管显示清晰; d) 90 keV 单能量图像示动脉瘤夹硬化伪影消失, 但脑血管对比度明显下降; e) 100 keV 单能量图像示动脉瘤夹硬化伪影消失, 但脑血管对比度明显下降。

表 3 虚拟单能量成像图像质量主观评价结果 组(%)

分组	1 分	2 分	<3 分	3 分	χ^2 *	P 值*
60keV	0(0.0%)	8(20.0%)	8(20.0%)	32(80.0%)	16.6	0.001
70keV	1(2.5%)	18(45.0%)	19(47.5%)	21(52.5%)	2.9	0.115
80keV	3(7.5%)	31(77.5%)	34(85%)	6(15%)	4.3	0.039
90keV	2(5.0%)	12(30.0%)	14(35%)	26(65.0%)	7.2	0.007
100keV	1(2.5%)	5(12.5)	6(15%)	34(85.0%)	20.8	0.001
常规 CTA	3(7.5%)	23(57.5%)	26(65%)	14(35%)	/	/

注: * 常规 CTA 图像的质量评分 <3 分的比率分别与不同 keV 组图像质量评分 <3 分的比率进行 χ^2 检验的结果。

讨 论

硬化伪影是 CT 伪影之一,指相邻的两种组织因密度、厚度和结构差异较大而引起的一种伪影^[4]。因为常规 CTA 扫描采用单一的管电压,球管产生的是混杂各种能量的 X 光子的宽谱,衰减值较高的物质(如骨质和金属等)会吸收较多低能量的 X 光子,而能量较高的光子会穿透该物质,这种不同比例的吸收特性会造成线束硬化伪影和金属伪影,影响图像质量。脑动脉瘤夹在 CT 图像上产生的硬化伪影对术后评估主要有两方面的影响,第一个方面是对脑实质的影响,这方面的影响主要为对术后脑实质的并发症评估,比如脑梗死、脑出血,第二个方面是对脑血管的影响。

目前减少 CT 成像硬化伪影的方法很多,增加管电压、降低扫描螺距可以降低金属伪影,Mamourian 等^[5]建议的扫描螺距为 0.6 mm。采用非螺旋扫描模式采集 CTA 图像也可降低金属伪影,Mamourian 等^[6]采用体外模型试验证实了这一点,但此方法增加了患者的辐射剂量。相关文献报道迭代重建技术结合薄层扫描有助于降低金属伪影的影响^[7]。另外,可采用硬化伪影小的金属植入物治疗,常用的动脉瘤夹材料成分是钴铬合金和钛类合金,后者硬化伪影小于前者^[8]。以上方法虽然能够降低硬化伪影的影响,但并不能从根本上消除。消除 CT 伪影的理想方法就是球管只输出单一能量的 X 线光子。通过双能量 CT 扫描,根据金属植入物对低能量 X 线的衰减系数最大,在高能量 X 线条件下其衰减系数减少了 50% 以上的特性^[9],采用 Monoenergetic 后处理软件,将传统 X 射线混合能量图像重建成 40~190 keV 连续的 151 组虚拟单能量图像,即双能量 CT 虚拟单能谱成像技术,此技术的出现为降低金属植入物的硬化伪影提供了一种新方法^[10]。与常规 CT 降低线束伪影的方法相比,双能量 CT 虚拟单能谱成像技术的主要优势是在不增加患者辐射剂量的情况下^[11],一次扫描可同时获得 40~190 keV 连续的 151 组单能量图像,选择合适的能量成像点可达到降低或消除硬化伪影的要求。第二代双源 CT 通过能谱纯化技术,可有效减少高能 X 线光谱中无效的低能成分,有效降低图像噪声。

本研究结果显示对于颅内动脉瘤夹植入术后的患

者,60 keV 单能量图像的血管对比度虽然最高,但动脉瘤夹周围伪影较重,明显高于常规 CTA,并且 80.0% 的图像质量评价为差,主要是因为动脉瘤夹金属伪影在低 keV 时较重,影响了脑血管或周围脑组织的术后评估,不适用于临床评估。90~100 keV 单能量图像的动脉瘤夹伪影虽然较轻,但血管对比度较低,血管显示不清晰,与常规 CTA 相比差异有统计学意义($P<0.05$),并且分别有 65% 和 85% 的图像质量评价为差,故此范围的单能量图像亦不适合临床评估。70~80 keV 图像不仅血管对比度高于其它单能量图像,而且硬化伪影低于其它单能量图像;经过图像质量主观评价,70~80 keV 能量图像质量评价为优和良的比例高于其它单能量图像。综上分析,70~80 keV 能量图像是动脉瘤夹闭患者术后评估的最佳能量成像范围。通过与常规 CTA 比较,虽然 70~80 keV 能量图像的线束硬化伪影与常规 CTA 差异无统计学意义,但是 80 keV 的 |CTa-CTb| 差值的均值略低于常规 CTA,并且 80 keV 的血管 CT 均值为 (203.5 ± 36.8) HU,大于 150 HU^[3]。80 keV 的主观图像质量评价为优和良的比例高于常规 CTA 和 70 keV,而 70 keV 的硬化伪影略高于常规 CTA,故 80 keV 能够提供较常规 CTA 硬化伪影低并且有足够血管对比度的图像,有望成为动脉瘤夹闭患者术后评估的最佳能量成像点。这与文献报道的动脉瘤夹植入术后患者最佳能谱成像点为 70 keV^[3]略有差异,主要原因可能是受伪影影响血管的定量评估指标不同。潘雪琳等^[3]研究的 d 点选取在血管内,计算的是受伪影影响血管与未受伪影影响血管的 CT 值的差值,而本研究血管对比度计算的是受伪影影响血管的 CT 值与其邻近脑组织 CT 值的差值。本研究图像质量主观评价发现 52.5% (21/40) 的 70 keV 单能量图像由于伪影较重,影响周围脑组织或血管的评估,但由于 70 keV 单能量图像血管对比度较高,硬化伪影较轻的患者可选择 70 keV 单能量图像用于动脉瘤夹闭术后评估,以取得较高的血管对比度。

综上所述,对于脑动脉瘤夹闭术后随访的患者,双能量 CT 单能谱成像较好的单能量范围是 70~80 keV,80 keV 能够提供硬化伪影低于常规 CTA 并且血管对比度能够满足临床评估要求的单能量图像,有望作为动脉瘤夹闭术后双能量 CT 单能谱成像的最佳能量点,为降低脑动脉瘤夹 CT 硬化伪影提供了一种新技术,具有很好的临床应用前景。

参考文献:

[1] Bharatha A, Yeung R, Durant D, et al. Comparison of computed tomography angiography with digital subtraction angiography in the assessment of clipped intracranial aneurysms[J]. J Comput

- Assist Tomogr, 2010, 34(3): 440-445.
- [2] 卢光明. 积极开拓双源 CT 的临床应用范围[J]. 中华放射学杂志, 2008, 42(2): 117-118.
- [3] 潘雪琳, 李真林, 程巍, 等. 双源 CT 单能谱成像技术减低颅内动脉瘤夹伪影的研究[J]. 放射学实践, 2013, 12(3): 1212-1215.
- [4] Pontana F, Pagniez J, Flohr T, et al. Chest computed tomography using iterative reconstruction vs filtered back projection (part1): evaluation of image noise reduction in 32 patients[J]. Eur Radiol, 2011, 21(3): 627-635.
- [5] Mamourian AC, Pluta DJ, Eskey CJ, et al. Minimizing clip artifacts in multi CT angiography of clipped patients[J]. AJNR, 2006, 27(1): 60-66.
- [6] Mamourian AC, Erkmén K, Pluta DJ, et al. Nonhelical acquisition CT angiogram after aneurysmal clipping; in vitro testing shows diminished artifact[J]. AJNR, 2008, 29(4): 660-662.
- [7] Mamourian AC, Pluta DJ, Eskey CJ, et al. Optimizing computed tomography to reduce artifacts from titanium aneurysm clips; an in vitro study[J]. J Neurosurg, 2007, 107(6): 1238-1243.
- [8] 赵永霞, 左紫薇. 能谱 CT 在消除硬化伪影中的应用[J]. 医学研究与教育, 2013, 30(6): 26-29.
- [9] 周长圣, 郑玲, 张龙江, 等. 双源 CT 单能谱成像技术在骨折金属固定术后的应用[J]. 中华放射学杂志, 2011, 45(2): 124-127.
- [10] Lin XZ, Miao F, Li JY, et al. High-definition CT Gemstone spectral imaging of the brain: initial results of selecting optimal monochromatic image for beam-hardening artifacts and image noise reduction[J]. J Comput Assist Tomogr, 2011, 35(2): 294-297.
- [11] Fahrendorf DM, Goericke SL, Oezkan N, et al. The value of dual-energy CTA for control of surgically clipped aneurysms[J]. Eur Radiol, 2011, 21(10): 2193-2201.

(收稿日期: 2014-08-01 修回日期: 2014-08-28)

《放射学实践》(英文稿)稿约

《放射学实践》是由国家教育部主管, 华中科技大学同济医学院主办, 与德国合办的全国性影像学学术期刊, 由国内著名影像专家郭俊洲教授担任主编, 创刊至今已 28 周年。本刊坚持服务广大医学影像医务人员的办刊方向, 关注国内外影像医学的新进展、新动态, 全面介绍 X 线、CT、磁共振、介入放射及放射治疗、超声诊断、核医学、影像技术学等医学影像方面的新知识、新成果, 受到广大影像医师的普遍喜爱。

本刊为国家科技部中国科技论文核心期刊、中国科学引文数据库统计源期刊, 在首届《中国学术期刊(光盘版)检索与评价数据规范》执行评优活动中, 被评为《CAJ—CD 规范》执行优秀期刊。

2012 年始本刊拟在英文专栏刊发全英文文稿。

1. 文稿应具科学性、创新性、逻辑性, 并有理论和实践意义。论点鲜明, 资料可靠, 数据准确, 结论明确, 文字简练, 层次清楚, 打印工整。

2. 本刊实行盲法审稿, 来稿附上英文稿一份, 中文对照稿两份(用小 4 号字、1.5 倍行距打印), 文稿中不出现任何有关作者本人的信息。另纸打印一份中英文对照的文题、作者姓名、作者单位(应准确、规范、完整)及邮政编码。如系 2 个单位及以上者, 则在作者姓名右上角排阿拉伯数字角码, 按序将单位名称写于作者下方。并注明第一作者的性别, 职称及第一作者或联系人的电话号码, E-mail 地址。

3. 来稿须经作者所在单位审核并附单位推荐信。推荐信应证明内容不涉及保密、署名无争议、未一稿两投等项。

4. 论著采用叙述式摘要。关键词一般 3~5 个, 请采用最新版的 MeSH 词表(医学主题词注释字顺表)中的主题词。MeSH 词表中无该词时, 方可用习用的自由词。使用缩略语时, 应在文中首次出现处写明中、英文全称。

5. 表格采用三线表, 表序按正文中出现的顺序连续编码。数据不多、栏目过繁、文字过多者均不宜列表。表内同一指标数字的有效位数应一致。

6. 线条图应另纸描绘, 全图外廓以矩形为宜, 高宽比例约为 5:7, 避免过于扁宽或狭长。照片图须清晰, 像素高, 层次分明, 图题及图解说明清楚。

7. 参考文献必须以作者亲自阅读过的近年文献为主, 并由作者对照原文核实(请作者在文章发表前提供 PubMed 等数据库的所含文献页面)。文献一般不少于 30 篇。内部刊物、未发表资料、私人通讯等勿作参考文献引用。参考文献的编号按照在正文中出现的先后顺序排列, 用阿拉伯数字加方括号角注。并按引用的先后顺序排列于文末。