

## •临床研究 Clinical research•

## 不同浓度对比剂对脑血管 3D-DSA 成像效果的影响

高志梅, 曾勇明, 孙静坤, 杨靖捷, 周 旻, 周 蜜, 宋婷妮

**【摘要】 目的** 探讨不同浓度对比剂对脑血管 3D-DSA 成像效果的影响及应用价值。**方法** 前瞻性收集疑似颅内动脉瘤患者并依据对比剂应用浓度及注射速率随机分为 5 组: A 组 350 mg I/ml, 3 ml/s; B 组 350 mg I/ml, 4 ml/s; C 组 400 mg I/ml, 3 ml/s; D 组 400 mg I/ml, 4 ml/s; E 组 270 mg I/ml, 4 ml/s。计算轴位图像上颈内动脉岩段(C2)、眼段(C6)、大脑中动脉水平段(M1)、大脑前动脉水平段(A1)信噪比(SNR)、对比噪声比(CNR), 对容积再现(VR)及最大密度投影(MIP)重建图像进行评分, 记录患者所用对比剂总量及术前、术后 24 h、术后 48 h 血清肌酐(Scr)值。**结果** 比较不同浓度相同注射速率对比剂应用结果, A、C 两组间 C2、C6、M1、A1 段 SNR、CNR 值差异均有统计学意义( $P<0.05$ ); B、D 两组, B、E 两组及 D、E 两组间 C2 段 SNR、CNR 值差异均有统计学意义( $P<0.05$ ), C6、M1、A1 段 SNR、CNR 值差异均无统计学意义( $P>0.05$ ); A、B 两组, C、D 两组间 C2、C6、M1、A1 段 SNR、CNR 差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。5 组间 VR、MIP 图像主观评分差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。采用 3 种不同浓度对比剂患者间对比剂注射总量及术前、术后 24 h、48 h Scr 升高值差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。**结论** 脑血管 3D-DSA 检查中, 较高浓度对比剂可用于无肾功能异常患者, 但肾功能异常患者应慎用。3 种浓度对比剂对患者 48 h 内 Scr 值的影响无差异。

**【关键词】** 数字减影血管造影术; 对比剂; 脑血管; 图像质量

中图分类号: R743 文献标志码: B 文章编号: 1008-794X(2016)-12-1084-05

**The influence of different concentration contrast media on cerebral 3D-DSA imaging quality** GAO Zhi-mei, ZENG Yong-ming, SUN Jing-kun, YANG Jing-jie, ZHOU Yang, ZHOU Mi, SONG Ting-ni. Department of Radiology, First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China

Corresponding author: ZENG Yong-ming, E-mail: zeng-ym@163.com

**【Abstract】 Objective** To investigate the influence of different concentration contrast media on cerebral three-dimensional digital subtraction angiography (3D-DSA) imaging quality, and to discuss its clinical application value. **Methods** A total of 95 patients with suspected intracranial aneurysm were prospectively collected. According to the used concentration and injection rate of the contrast medium the patients were randomly divided into five groups: group A (350 mgI/ml, 3 ml/s), group B (350 mgI/ml, 4 ml/s), group C (400 mgI/ml, 3 ml/s), group D (400 mgI/ml, 4 ml/s) and group E (270 mgI/ml, 4 ml/s). Both the signal-to-noise ratio (SNR) and contrast-to-noise ratio (CNR) of the C2 and C6 segment of internal carotid artery, the M1 segment of middle cerebral artery and the A1 segment of anterior cerebral artery were calculated on the axial images. The reconstructed images with volume rendering (VR) and maximum intensity projection (MIP) technique were separately evaluated by two physicians. The total used dose of contrast medium was recorded, the serum creatinine levels were determined before the treatment as well as 24 h and 48 h after the treatment. **Results** When different concentrations and the same injection rate were used, statistically significant differences in SNR and in CNR of C2, C6, M1 and A1 existed between group A and group C (all  $P<0.05$ ); statistically significant differences in SNR and in CNR of C2 existed between group B and group D, between group B and group E as well as between group D and group E (all  $P<0.05$ ), while no

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2016.12.015

基金项目: 国家临床重点专科建设项目(国卫办 2013-544)、重庆市卫生局科研重点项目(2013-1-003)

作者单位: 400016 重庆医科大学附属第一医院放射科

通信作者: 曾勇明 E-mail: zeng-ym@163.com

statistically significant differences in SNR and in CNR of C6, M1 and A1 were found between group B and group D, between group B and group E as well as between group D and group E (all  $P>0.05$ ); The differences in SNR and in CNR of C2, C6, M1 and A1 between group A and group B as well as between group C and group D were not statistically significant (all  $P>0.05$ ). The differences in subjective scoring of VR and MIP images were not statistically significant between each other among the 5 groups (all  $P>0.05$ ). The differences in the total used dose of contrast medium and the increase of serum creatinine levels at 24 hours, 48 hours after the treatment among the patients receiving 3 different concentrations of contrast agent were not statistically significant (all  $P>0.05$ ). **Conclusion** For cerebral 3D-DSA angiography, higher concentration contrast agent can be used in patients with normal renal function, but it should be used with caution in patients with abnormal renal function. There are no obvious differences in the effect of 3 different concentrations of contrast agent on the serum creatinine levels within 48 hours after the treatment. (J Intervent Radiol, 2016, 25: 1084-1088)

**【Key words】** digital subtraction angiography; contrast medium; cerebral blood vessel; imaging quality

三维数字减影血管造影(3D-DSA)技术已成为临床上检测颅内动脉瘤的重要手段,并成功取代常规 DSA 成为检测颅内动脉瘤新的“金标准”<sup>[1-3]</sup>。为获得符合诊断要求的 3D-DSA 图像,对比剂合理选择及注射方案优化极其重要。现有研究中所采用对比剂浓度不尽相同。本文通过对 3 种不同浓度对比剂和不同注射速率的对照研究,探讨它们对脑血管 3D-DSA 成像效果的影响及应用价值。

## 1 材料与方法

### 1.1 一般资料

连续收集 2015 年 3 月至 2015 年 11 月于重庆医科大学附属第一医院接受 CT 检查疑似颅内动脉瘤患者 95 例,其中男 33 例,女 62 例,年龄 17~74 岁;心率 50~110 次/min;体质指数(BMI)16.65~24.45 kg/m<sup>2</sup>。排除标准:有心脏病、糖尿病史;严重甲状腺功能亢进;碘对比剂过敏、肝肾功能不全;颈部血管明显迂曲。本研究通过医院伦理委员会审查,纳入对象均签署知情同意书。依据对比剂应用浓度及注射速率,将患者分为 5 组:A 组接受 350 mg I(碘海醇)/ml,3 ml/s, 又称 350-3 组;B 组接受 350 mg I(碘海醇)/ml,4 ml/s, 又称 350-4 组;C 组接受 400 mg I(碘美普尔)/ml,3 ml/s, 又称 400-3 组;D 组接受 400 mg I(碘美普尔)/ml,4 ml/s, 又称 400-4 组;E 组接受 270 mg I(碘克沙醇)/ml,4 ml/s, 又称 270-4 组。

### 1.2 仪器与方法

本研究所用主要仪器包括德国 Siemens 公司 AXIOM Artis Zee 型平板数字减影血管造影系统及 Leonardo SyngoX 图像后处理工作站,美国 Liebel-Flarsheim 公司 Angiomat Illumena 型高压造影注射器。

采用 Seldinger 技术穿刺股动脉插管,将导管尖

端置于一侧或双侧颈总动脉平颈 6 椎体水平。DynaCT 设 5 s DSA 成像模式,目标区置于 C 形臂等中心位置,采用自动曝光模式并设定管电压为 70 kV,旋转角度 200°,采集矩阵 1 024×960,帧率 30 f/s。

均采用非离子型对比剂,注射压力 200~300 psi (1 psi=6.895 kPa)。对比剂注射方案参考高志梅等<sup>[4]</sup>报道,即:注射剂量=注射速率×(5 s+延迟时间)。

术后充分进行水化,并详细记录术中注射碘对比剂总量及术前、术后 24 h、术后 48 h 患者血清肌酐(SCr)值。

### 1.3 图像处理及图像质量评价

图像采集后将数据上传至图像后处理工作站进行图像处理,获得容积再现(VR)及最大密度投影(MIP)等三维重建图像,经进一步处理获取 C 形臂 CT 轴位体层图像。

对 3D-DSA 原始图像重建后 VR、MIP、轴位体层图像进行客观评价和主观评价。客观评价是在轴位体层图像上统一窗宽和窗位,参照孙静坤等<sup>[5]</sup>报道的客观指标测量方法,分别测量颈内动脉岩段(C2)、眼段(C6)、大脑中动脉水平段(M1)、大脑前动脉水平段(A1)及邻近均匀脑组织衰减,并计算信噪比(SNR)、对比噪声比(CNR)。SNR=血管内类 CT 值/均匀脑组织衰减标准差,CNR=(血管内衰减-邻近均匀脑组织衰减)/均匀脑组织衰减标准差。每段血管选择 3 处不同感兴趣区(ROI)(相同段 ROI 为统一大小),避开钙化、斑块、骨伪影较多及对比剂偏心充盈的区域。

主观评价由 2 名医师采用盲法对重建图像作独立评价,主要分析对比剂成像效果,未对脑血管病变检出率作评价。2 分及 2 分以下图像不符合诊断要求,需重新检查。若 2 名医师评分一致性好,将

其中高年资医师的评分作为最终结果;若一致性一般或较差,则将 2 名医师评分平均值作为评价结果。根据颅内脑血管显示情况作评价,评分标准<sup>[4]</sup>为:血管细小分支可清晰显示,血管边缘光整细腻、管壁连续完整为 5 分;大部分血管细小分支可显示,血管边缘较光整细腻、管壁连续完整为 4 分;血管细小分支显示较少,血管边缘较毛糙、小部分血管断续显示为 3 分;血管细小分支显示较少,血管边缘毛糙、部分血管断续显示为 2 分;仅能显示主干血管,血管边缘毛糙、部分血管不能显示为 1 分。

#### 1.4 统计学分析

采用 SPSS 17.0 软件进行统计学分析。计量资料用均数±标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,患者性别间比较用  $\chi^2$  检验,临床资料、主观评分及注射碘对比剂总量、SCr 值比较用多样本非参数检验,SNR 及 CNR 间比较用两独立样本非参数检验, $P < 0.05$  为差异有统计学意义。2 名医师主观评分一致性评价用 Kappa 检验,Kappa 值为 0.61~1.00 表示一致性好,0.41~0.60 为一致性一般,<0.4 为一致性差。

## 2 结果

患者基本资料见表 1。患者性别、年龄、BMI、血压及心率间差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。图像质量客观评价结果之各组 SNR 和 CNR 值见表 2。比较不同浓度相同注射速率对比剂应用结果,A、C 两组间 C2、C6、M1、A1 段 SNR、CNR 值差异均有统计学意义( $P < 0.05$ ),见图 1①;B、D 两组,B、E 两组及 D、E 两组间 C2 段 SNR、CNR 值差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),C6、M1、A1 段 SNR、CNR 值差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ),见图 1②。相同浓度不同注射速率对比剂方案比较显示,A、B 两组,C、D 两组间 C2、C6、M1、A1 段的 SNR、CNR 值差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。主观评价结果显示,2 名医师主观评分间 Kappa 值分别为 0.65、0.63,一致性好,3 组主观评分均>2 分(图 2)。5 组间主观评分差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ),但主观评分在 C 组(400~3 组)和 D 组(400~4 组)>A 组(350~3 组)和 B 组(350~4 组)>E 组(270~4 组),见表 3。

共收集 56 例患者 SCr 检测完整资料。采用 3

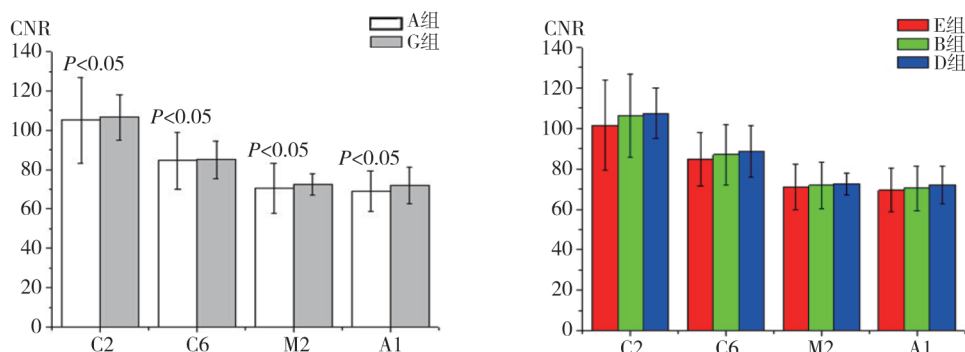
表 1 患者临床资料

组别	男(女)/例	年龄/岁	BMI/(kg/m <sup>2</sup> )	收缩压/mmHg	舒张压/mmHg	心率/(次/min)
A 组(n=17)	3(14)	46.41±9.91	22.11±2.09	124.59±14.45	77.53±10.34	86.85±51.05
B 组(n=20)	4(16)	50.50±9.99	22.29±2.16	122.75±13.79	75.45±9.74	75.95±9.51
C 组(n=17)	7(10)	55.82±12.39	22.33±2.26	131.12±11.97	78.00±10.59	70.59±12.30
D 组(n=20)	10(10)	45.90±13.54	22.34±1.83	131.55±12.15	80.55±12.87	75.60±11.01
E 组(n=21)	9(12)	44.67±13.53	21.71±1.87	126.81±14.26	78.24±12.89	78.05±9.40
$\chi^2$ 值	7.08	8.40	1.78	6.73	1.81	6.42
P 值	0.13	0.08	0.78	0.15	0.77	0.17

表 2 5 组间 SNR、CNR 值比较

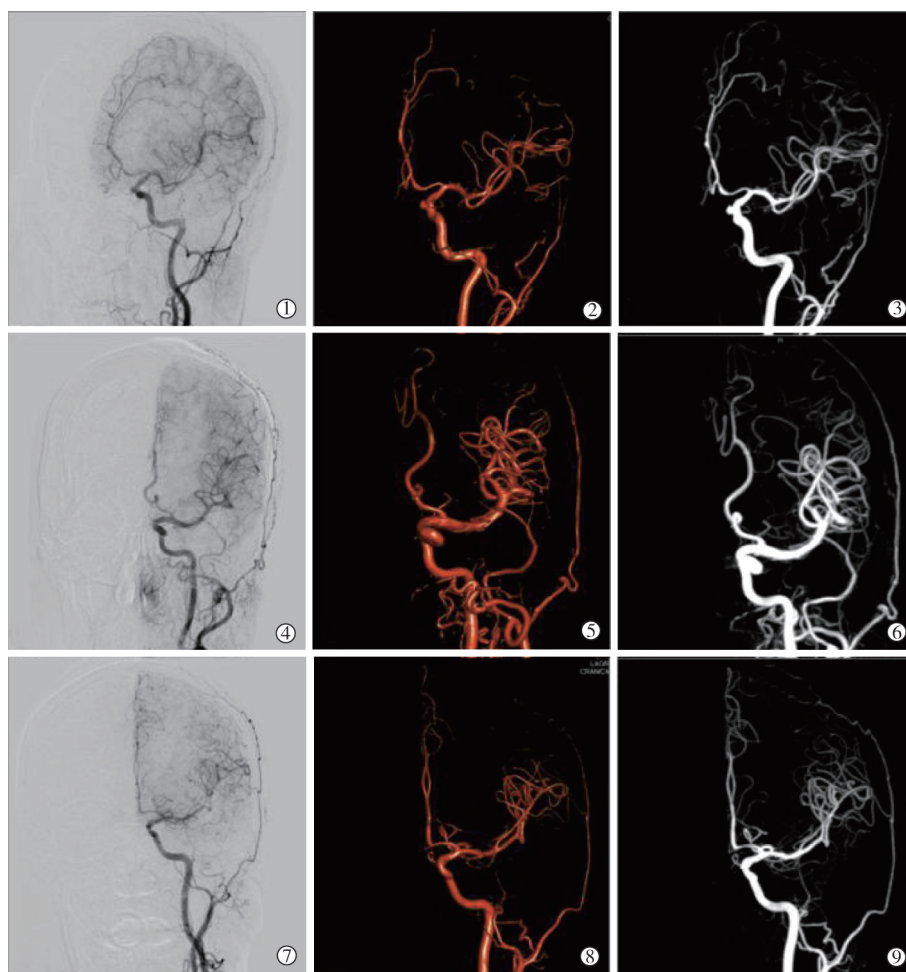
分组	SNR 值				CNR 值			
	C2 段	C6 段	M1 段	A1 段	C2 段	C6 段	M1 段	A1 段
A 组	108.38±21.66	87.68±14.50	73.67±12.83	72.27±10.31	105.14±21.80	84.69±14.43	70.58±12.67	69.12±10.27
B 组	108.43±20.80	88.83±14.95	73.73±10.97	72.43±10.97	106.28±20.73	86.86±15.01	71.72±11.61	70.34±10.89
C 组	109.47±12.49	89.94±12.46	74.39±10.38	73.74±9.91	106.65±11.59	85.00±9.54	72.36±10.49	71.67±9.77
D 组	109.88±12.45	90.11±9.52	74.87±5.74	74.46±9.37	107.29±12.49	88.56±12.58	72.47±5.57	72.07±9.32
E 组	104.23±22.53	87.31±13.30	73.38±11.45	71.84±10.86	101.57±22.51	84.86±13.16	71.03±11.32	69.43±10.75

注:注射速率相同(A、C 组和 B、D、E 组)时,各段 SNR、CNR 值显示 400 mg I/ml 组>350 mg I/ml 组>270 mg I/ml 组



①注射速率为 3 ml/s 时 A、C 两组间各段 CNR 差异均有统计学意义( $P < 0.05$ ),C 组(400~3 组)CNR 值>A 组(350~3 组);②注射速率为 4 ml/s 时各段 CNR 值在 D 组(400~4 组)>B 组(350~4 组)>E 组(270~4 组)

图 1 不同浓度相同注射速率对比剂方案比较



①②③分别代表 B 组(350—4 组)原始减影、VR、MIP 图像,示颈内动脉床突段动脉瘤;④⑤⑥分别代表 D 组(400—4 组)原始减影、VR、MIP 图像,示蛛网膜下腔出血,脑血管造影检查未见明显异常;⑦⑧⑨分别代表 E 组(270—4 组)原始减影、VR、MIP 图像,示蛛网膜下腔出血,脑血管造影检查未见明显异常

图 2 图像质量主观评价结果

表 3 图像质量主观评分比较

组别	VR 图像	MIP 图像
A 组	4.53±0.51	4.59±0.51
B 组	4.75±0.44	4.60±0.50
C 组	4.88±0.33	4.82±0.39
D 组	4.75±0.44	4.70±0.47
E 组	4.52±0.51	4.57±0.51
$\chi^2$ 值	8.19	6.84
P 值	0.09	0.15

表 4 3 种不同浓度对比剂应用患者 SCr 值变化

对比剂浓度/ (mg I/ml)	例数/n	对比剂 总量/ml	SCr/ ( $\mu$ mol/L)	SCr1/ (mg/dl)	SCr2/ (mg/dl)
270	15	146.29±22.61	73.57±13.05	0.05±0.02	0.10±0.04
350	21	140.36±20.26	76.53±9.53	0.05±0.04	0.10±0.05
400	20	141.33±15.62	74.14±12.38	0.06±0.03	0.11±0.04
$\chi^2$ 值	—	1.21	6.01	2.62	0.84
P 值	—	0.55	0.05	0.27	0.66

注: SCr:术前值; SCr1:术后 24 h 值; SCr2:术后 48 h 值

种不同浓度对比剂患者间对比剂注射总量及术前、术后 24 h、48 h Scr 升高值差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ ),见表 4。

### 3 讨论

含碘对比剂应用于血管造影可以追溯到 1920 年<sup>[6]</sup>,经过不断更新换代,目前临床上广泛采用非离子型碘对比剂。虽然种类繁多,但它们的区别主要是浓度、渗透压及药物黏性。已有很多学者探讨对

比剂浓度在 CT 应用中的影响,但目前关于其对 3D-DSA 脑血管造影成像效果影响的文献报道甚少。

对比剂浓度在成像效果中起着重要作用。许多研究证实 CT 检查中采用较高浓度对比剂可获得更高的血管强化<sup>[7-8]</sup>。本研究显示,注射速率为 3 ml/s 时 400 mg I/ml 对比剂与 350 mg I/ml 对比剂相比,其 C2、C6、M1、A1 各段 SNR、CNR 值间差异有统计学意义,前者各段 SNR、CNR 值均高于后者;注射速率为 4 ml/s 时,虽然 3 种浓度对比剂间两两比较显

示 C6、M1、A1 各段 SNR、CNR 值差异均无统计学意义,但各段 SNR、CNR 值在 400-4 组>350-4 组>270-4 组,可见高浓度对比剂可提高图像 SNR、CNR 值。此结果表明,脑血管 3D-DSA 造影中采用高浓度对比剂可提高血管强化,提高图像 SNR、CNR 值,进而获得更高质量成像。

对比剂注射速率同样影响着成像效果。本研究显示,浓度为 350 mg I/ml 时 4 ml/s 速率组脑血管各段 SNR、CNR 值均高于 3 ml/s 速率组;浓度为 400 mg I/ml 时 4 ml/s 速率组脑血管各段 SNR、CNR 值均高于 3 ml/s 速率组,可见 3D-DSA 脑血管造影中适当提高注射速率,可提高成像质量。

碘对比剂应用中不仅要考虑浓度对成像效果的影响,还要顾及浓度及黏度对患者造成的损害。有文献指出,与低渗或低黏度对比剂相比,高浓度对比剂发生脊髓缺氧损伤及对比剂肾病(CIN)风险更大<sup>[9-10]</sup>。还有研究证实,高浓度对比剂的渗透性利尿作用使其具有更大的肾毒性<sup>[11]</sup>。本组 3D-DSA 造影中经过充分水化,3 种不同浓度对比剂对应患者对比剂注射总量及术前、术后 24 h、术后 48 h SCr 值差异均无统计学意义,且 SCr 升高值均小于 44.2  $\mu\text{mol/L}$ (CIN 诊断:血管内注射碘对比剂 3 d 内,在排除其它病因前提下,SCr 值上升 44.2  $\mu\text{mol/L}$ ,或比基础 SCr 值上升 25%);高浓度与较低浓度对比剂对患者肾功能影响无明显差异。

等渗对比剂具有渗透压优势,有学者推荐在临床上采用等渗对比剂<sup>[12]</sup>,但其黏度(碘克沙醇 37℃时为 11.1 mPa/s)明显高于低渗对比剂(碘海醇 37℃时为 7.5 mPa/s,碘美普尔 37℃时为 4.5 mPa/s),而高黏度对比剂诱发 CIN 风险会明显高于低黏度对比剂<sup>[9]</sup>。文献报道等渗对比剂与低渗对比剂相比,并不能降低对比剂诱导的急性肾损伤(CI-AKI)发生率<sup>[13]</sup>。有研究显示碘克沙醇用于脑血管造影及支架植入术对患者肾功能影响较小,但仍需注意急性及迟发性不良反应<sup>[14]</sup>。本研究结果表明,与低渗对比剂相比,等渗对比剂对 24 h、48 h SCr 值的影响不具明显优势。

综上所述,采用较高浓度对比剂可获得更高质量图像(400 mg I/ml 高于 350 mg I/ml,高于 270 mg I/ml),宜用于无肾功能异常患者造影检查,但对肾功能异常患者应慎用。

本研究仅比较了患者术后 48 h 内 SCr 值,未能作更长时间随访,对不同浓度对比剂致患者 CIN 风

险评估不完整,仅能一定程度上呈现不同浓度对比剂对患者肾功能影响的大概趋势。

#### [参考文献]

- [1] Shi WY, Li YD, Li MH, et al. 3D rotational angiography with volume rendering: the utility in the detection of intracranial aneurysms[J]. *Neurol India*, 2010, 58: 908-913.
- [2] 杨 华, 刘 健, 周 石, 等. 三维 DSA 在诊断和栓塞治疗脑动脉瘤中的价值[J]. *中华放射学杂志*, 2003, 37: 360-362.
- [3] van Rooij WJ, Sprengers ME, de Gast AN, et al. 3D rotational angiography: the new gold standard in the detection of additional intracranial aneurysms[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2008, 29: 976-979.
- [4] 高志梅, 曾勇明, 杨靖捷, 等. 低注射速率, 低剂量对比剂 3D-DSA 脑血管造影的应用研究[J]. *中国介入影像与治疗学*, 2015, 12: 312-316.
- [5] 孙静坤, 曾勇明, 杨靖捷, 等. 成像时间对 C 臂锥形束 CT 脑血管成像图像质量及辐射剂量影响的体模研究[J]. *中华放射学杂志*, 2014, 48: 1-5.
- [6] Bottinor W, Polkampally P, Jovin I. Adverse reactions to iodinated contrast media[J]. *Int J Angiol*, 2013, 22: 149-154.
- [7] Thomsen HS, Morcos SK, Erley CM, et al. The ACTIVE trial: comparison of the effects on renal function of iomeprol-400 and iodixanol-320 in patients with chronic kidney disease undergoing abdominal computed tomography[J]. *Invest Radiol*, 2008, 43: 170-178.
- [8] Cademartiri F, Mollet NR, van der Lugt A, et al. Intravenous contrast material administration at helical 16-detector row CT coronary angiography: effect of iodine concentration on vascular attenuation[J]. *Radiology*, 2005, 236: 661-665.
- [9] Seeliger E, Flemming B, Wronski T, et al. Viscosity of contrast media perturbs renal hemodynamics[J]. *J Am Soc Nephrol*, 2007, 18: 2912-2920.
- [10] Liss P, Persson PB, Hansell P, et al. Renal failure in 57 925 patients undergoing coronary procedures using iso-osmolar or low-osmolar contrast media[J]. *Kidney Int*, 2006, 70: 1811-1817.
- [11] Aspelin P, Aubry P, Fransson S, et al. Nephrotoxic effects in high-risk patients undergoing angiography[J]. *N Engl J Med*, 2003, 348: 491-499.
- [12] 周 兵, 程永德. 介入诊疗中提倡使用等渗性对比剂[J]. *介入放射学杂志*, 2012, 21: 89-91.
- [13] Reed M, Meier P, Tamhane UU, et al. The relative renal safety of iodixanol compared with low-osmolar contrast media: a meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2009, 2: 645-654.
- [14] 姜敏霞, 季 中, 周理余, 等. 碘克沙醇用于脑血管造影及支架植入安全性观察[J]. *介入放射学杂志*, 2015, 24: 720-722.

(收稿日期:2016-03-11)

(本文编辑:边 信)