

· 规范与指南 ·

碘对比剂使用指南(第 2 版)

中华医学会放射学分会对比剂安全使用工作组

一、碘对比剂分类

目前临床应用的含碘对比剂的基本结构是 3-乙酰-2,4,6-三苯甲酸,为含 3 个碘的苯环。对比剂依照不同性质可以分为单体和二聚体对比剂,离子型和非离子型对比剂,高渗、次高渗和等渗对比剂。本次修订中用“次高渗对比剂”替代“低渗对比剂”概念。次高渗对比剂是相对于高渗对比剂而言的,等渗对比剂是相对于血浆渗透压而言的,而次高渗对比剂的渗透压仍高于血浆渗透压约 2 倍(表 1)<sup>[1,2]</sup>。

二、使用碘对比剂前的准备工作

1. 碘过敏试验:无需碘过敏试验,除非产品说明书注明特别要求<sup>[1,3]</sup>。

2. 签署知情同意书:使用碘对比剂前,应与患者或其监护人签署“碘对比剂使用患者知情同意书”,推荐内容参照对比剂使用指南(第 1 版)<sup>[1]</sup>。签署知情同意书前,医师或护士需要做如下工作<sup>[1]</sup>:(1)告知患者或其监护人关于对比剂使用的适应证、禁忌证,以及可能发生的不良反应和注意事项。(2)询问患者或监护人,了解患者既往有无碘对比剂使用史,是否有中、重度不良反应史;有无使用肾毒性药物或其他影响肾小球滤过率的药物及疾病;有无脱水、充血性心力衰竭。(3)需要高度关注的相关疾病:①甲状腺功能亢进;甲状腺功能亢进尚未治愈为使用碘对比剂的禁忌证<sup>[4]</sup>;②糖尿病肾病:使用碘对比剂需要咨询内分泌专科医师和肾脏病专科医师。

3. 对比剂准备:见对比剂使用指南(第 1 版)<sup>[1]</sup>。

4. 患者水化<sup>[1,5-10]</sup>:建议在使用碘对比剂前 6~12 h 至使用后 24 h 内,对患者给予水化。水化的方法:动脉内用药者推荐对比剂注射前 6~12 h 静脉内补充生理盐水,或 5%

葡萄糖加 154 mmol/L 碳酸氢钠溶液,滴注液流率  $\geq 100$  ml/h;注射对比剂后连续静脉补液  $\geq 100$  ml/h,持续 24 h;提倡联合应用静脉补液与口服补液以提高预防对比剂肾病效果。静脉内用药者推荐口服补液方式,注射对比剂前 4~6 h 开始,持续到使用对比剂后 24 h,口服清水或生理盐水,使用量 100 ml/h;条件允许者,建议采用与动脉内用药相同的水化方法。

三、使用碘对比剂原则

1. 使用剂量和适应证:见对比剂使用指南(第 1 版)<sup>[1]</sup>。

2. 使用方式:见对比剂使用指南(第 1 版)<sup>[1]</sup>。

3. 血管内使用碘对比剂注意事项<sup>[8-14]</sup>:见对比剂使用指南(第 1 版)<sup>[1]</sup>。严重肾功能不全者,尽量选用不需要含碘对比剂的影像检查方法或可以提供足够诊断信息的非影像检查方法;避免短时间内重复使用诊断剂量碘对比剂,如果确有必要重复使用,建议 2 次使用碘对比剂间隔时间  $\geq 14$  d<sup>[5]</sup>。

4. 下列情况应择期检查<sup>[1,15-16]</sup>:(1)已知血清肌酐(serum creatinine, Scr)水平异常者;(2)需经动脉注射碘对比剂者。对于择期检查的患者<sup>[1]</sup>,如有严重肾功能不全者,在可能的情况下尽量考虑选择其他不需要使用含碘对比剂的影像检查方法。

5. 急诊检查<sup>[1,15-16]</sup>:不立即进行检查就会对患者造成危害的紧急情况下,可在不进行血清肌酐检查的情况下行急诊增强影像检查。

6. 碘对比剂选择<sup>[1,9,13-15]</sup>:尽量选择非离子型对比剂;尽量选择使用等渗或次高渗对比剂,尽量避免使用高渗对比剂。

表 1 常用对比剂的分类和理化性质

结构与分类	通用名	常用商品名	生产厂家	分子量	碘含量 (mg I/ml)	渗透压 (mOsm/kg H <sub>2</sub> O)
第一代高渗离子型单体	泛影葡胺	安其格纳芬	先灵(广州)药业有限公司	809	306	1530
第二代次高渗非离子型单体	碘海醇	欧乃派克	美国通用电气药业有限公司	821	300、350	680、830
	碘帕醇	碘必乐	意大利博莱科信谊药业有限公司	777	300、370	616、796
	碘普胺	优维显	德国拜耳医药保健有限公司	791	300、370	590、770
	碘佛醇	安射力	泰科公司	807	320、350	710、790
	碘美普尔	典迈伦	意大利博莱科信谊药业有限公司	777	300、400	521、726
次高渗离子型二聚体	碘克酸	海赛显	法国 Guerbet 公司	1270	320	600
第三代等渗非离子型二聚体	碘克沙醇	威视派克	美国通用电气药业有限公司	1550	320	290

DOI:10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2013.10.001

通信作者:梁长虹,510080 广州,广东省人民医院 广东省医学科学院放射科,Email:cjr.lchh@vip.163.com

7. 使用碘对比剂与透析的关系<sup>[17-19]</sup>: 见对比剂使用指南(第 1 版)<sup>[1]</sup>。

8. 糖尿病患者使用碘对比剂注意事项: 尽可能择期检查, 同时行碘对比剂应用的相关检查, 使用碘对比剂前、后查血清肌酐值<sup>[8-9, 15, 20-22]</sup>。

#### 四、使用碘对比剂禁忌证

1. 绝对禁忌证<sup>[1, 4, 16]</sup>: 甲状腺功能亢进未治愈患者不能使用含碘对比剂。

2. 应慎用碘对比剂的情况<sup>[1, 16]</sup>: (1) 心肺疾病<sup>[1]</sup>; (2) 妊娠和哺乳期妇女; (3) 副蛋白血症, 包括骨髓瘤等; (4) 高胱氨酸尿。

3. 建议: 避免大剂量或短期内重复使用碘对比剂; 使用对比剂时应充分水化。

#### 五、使用碘对比剂的不良反应

##### (一) 对比剂肾病(contrast-induced nephropathy, CIN)

1. CIN 概念: CIN 是指排除其他引起血清肌酐升高原因, 血管内途径应用碘对比剂后 2~3 d 内血清肌酐升高至少 44  $\mu\text{mol/L}$  或超过基础值 25%<sup>[5-6, 16, 23]</sup>。

2. 发生机制<sup>[24-28]</sup>: 碘对比剂肾毒性包括化学毒性(离子性、含碘物质), 渗透毒性及黏滞度相关毒性。但关于对肾毒性的相关机制, 目前尚无足够证据达成共识。

3. 基础肾功能评估: 肾功能不全者, 在使用碘对比剂前, 建议采用肾脏病饮食调整研究公式(MDRD 公式)计算肾小球滤过率(eGFR)<sup>[29]</sup>。紧急时, 可在没有评估肾功能情况下使用碘对比剂。

4. 对比剂肾病的危险分层: (1) 危险因素<sup>[1, 5-6, 11-13, 22, 30-34]</sup>: 高龄( $\geq 75$  岁); 伴有肾功能不全; 糖尿病; 单克隆免疫球蛋白病; 大剂量使用碘对比剂; 不完全水化。(2) 危险因子积分预测<sup>[33, 35]</sup>: 危险因素与 CIN 风险和透析风险的关系见表 2、3。

表 2 对比剂肾病危险因素风险评分(分)

危险因素	评分
高血压	5
主动脉内球囊	5
充血性心力衰竭	5
年龄 $\geq 75$ 岁	4
贫血	3
糖尿病	3
对比剂用量(每 100 ml)	1
血肌酐浓度 $>1.5 \text{ mg/dl}$ ( $1 \text{ mg/dl} = 88.4 \mu\text{mol/L}$ )	4
肾小球滤过率[ $\text{ml}/(\text{min} \cdot 1.73 \text{ m}^2)$ ]	
41~60	2
20~40	4
$<20$	6

5. 渗透压及黏滞度在 CIN 发生中的作用: (1) 渗透压<sup>[14, 36-38]</sup>: 渗透压高于血液渗透压的对比剂会导致肾血管收缩、渗透性利尿、肾性贫血。(2) 黏滞度<sup>[31, 39-41]</sup>: 黏滞度较高的对比剂与血液混合, 可引起微循环的血流一过性减慢; 肾小管阻力增加引起肾实质压力增加, 导致髓质血流降低。

表 3 对比剂肾病风险评分与对比剂肾病和透析风险的关系

风险评分(分)	对比剂肾病风险(%)	透析风险(%)
$\leq 5$	7.5	0.04
6~10	14.0	0.12
11~16	26.1	1.09
$\geq 16$	57.3	12.60

6. 最大对比剂用量公式<sup>[30, 42]</sup>: 推荐最大对比剂用量 =  $5 \text{ ml} \times \text{体质量}(\text{kg})/\text{基础血清肌酐}(\text{mg/dl})$ 。

7. 给药方式对肾脏功能的影响<sup>[5, 43]</sup>: 碘对比剂经动脉途径应用比经静脉途径应用发生 CIN 的危险更高; 经肾动脉和腹主动脉注射对比剂, 损伤肾脏可能性更大。

8. 对比剂使用时间间隔对肾功能的影响<sup>[33, 44]</sup>: 重复使用碘对比剂造影, 每次给予诊断剂量, 是 CIN 发生的危险因素; 72 h 内重复应用诊断剂量对比剂是发生 CIN 的独立危险因素。建议两次对比剂应用间隔时间最好 $\geq 14 \text{ d}$ <sup>[5]</sup>。

9. 对比剂肾病的预防<sup>[5-6, 45-50]</sup>: (1) 询问病史: 是否有肾脏疾病、肾脏手术史、糖尿病、高血压、痛风以及近期应用肾毒性药物或其他影响肾小球滤过率药物的病史。根据病史, 选择用药剂量及给药方法; (2) 水化: 使用碘对比剂前, 按前述方法对患者进行水化; (3) 关于药物: 目前尚无任何一种药物经过权威机构验证可以降低 CIN 的发生; (4) 血液滤过: 血液滤过预防 CIN 的作用有待进一步证明, 临床试验中, 血液滤过本身影响研究的终点。

10. CIN 的预后<sup>[7, 44, 51]</sup>: 通常为一过性, 血清肌酐在给药后 3 d 达峰值, 约 10 d 恢复到基线水平; 如果给药后 24 h 内血清肌酐水平增加不超过  $5 \text{ mg/dl}$ , 发生可察觉的 CIN 倾向不大; 转归与原有肾功能减退程度及患者的状况有关, 肾功能严重障碍者使用碘对比剂可能造成不可逆性肾功能损害。

(二) 碘对比剂血管外渗<sup>[13, 16, 52]</sup>: 见对比剂使用指南(第 1 版)<sup>[1]</sup>。

##### (三) 碘对比剂全身不良反应

1. 引起全身不良反应的危险因素<sup>[13, 16, 52]</sup>: 见对比剂使用指南(第 1 版)<sup>[1]</sup>。

2. 碘对比剂注射室必须常备的抢救用品<sup>[13, 16]</sup>: 见对比剂使用指南(第 1 版)<sup>[1]</sup>。

3. 预防碘对比剂不良反应: (1) 一般性预防<sup>[1]</sup>: 对比剂使用前加温到  $37^\circ\text{C}$ <sup>[40, 41]</sup>; (2) 建立抢救应急通道<sup>[1]</sup>。

4. 不良反应的处理措施<sup>[1, 13, 16, 52]</sup>: (1) 急性不良反应: 为对比剂注射后 1 h 内出现的不良反应。① 恶心、呕吐: 症状呈一过性采用支持疗法; 症状为重度、持续时间长的应考虑采用适当的止吐药物。② 荨麻疹: 散发的、一过性荨麻疹建议采用包括观察在内的支持性治疗; 散发的、持续时间长的荨麻疹应考虑采用适当的肌内或静脉注射 H1 受体拮抗剂, 但用药后可能会发生嗜睡和(或)低血压; 严重的荨麻疹考虑使用肾上腺素(1:1000), 成人  $0.1 \sim 0.3 \text{ ml}$ ( $0.1 \sim 0.3 \text{ mg}$ ) 肌内注射; 6~12 岁患儿注射 1/2 成人剂量; 6 岁以下患儿注射 1/4 成人剂量。必要时重复给药。③ 支气管痉挛: 氧气管

罩吸氧(6~10 L/min),定量吸入  $\beta_2$  受体激动剂气雾剂(深吸 2~3 次)。给予肾上腺素,血压正常时肌肉注射 1:1000 的肾上腺素 0.1~0.3 ml(0.1~0.3 mg),有冠状动脉疾病或老年患者使用较小的剂量;患儿用量 0.01 mg/kg,最多不超过 0.3 mg。血压降低时肌肉注射 1:1000 的肾上腺素 0.5 ml(0.5 mg),6~12 岁患儿采用 0.3 ml(0.3 mg)肌肉注射;6 岁以下患儿肌肉注射 0.15 ml(0.15 mg)。

④喉头水肿:氧气面罩吸氧(6~10 L/min);肌肉注射 1:1000 肾上腺素,成人剂量为 0.5 ml(0.5 mg),必要时重复给药;6~12 岁患儿肌肉注射 0.3 ml(0.3 mg);6 岁以下患儿肌肉注射 0.15 ml(0.15 mg)。

⑤低血压:单纯性低血压:抬高患者双下肢,氧气面罩吸氧(6~10 L/min)。用普通生理盐水或林格乳酸盐快速静脉补液,无效时肌肉注射 1:1000 肾上腺素,成人剂量为 0.5 ml(0.5 mg),必要时重复给药;6~12 岁患儿肌肉注射 0.3 ml(0.3 mg);6 岁以下患儿肌肉注射 0.15 ml(0.15 mg)。

迷走神经反应(低血压和心动过缓):抬高患者双下肢,经氧气面罩吸氧(6~10 L/min)。静脉注射阿托品 0.6~1.0 mg,必要时于 3~5 min 后重复用药,成人总剂量可达 3 mg(0.04 mg/kg);患儿剂量 0.02 mg/kg(每次最大剂量 0.6 mg),必要时重复给药,总量不超过 2 mg。用普通生理盐水或林格乳酸盐快速静脉内补液。

⑥全身过敏样反应:向心肺复苏小组求助;必要时行气道吸引;出现低血压时按上述处理低血压的方法处理给予抗组胺药物。

(2)迟发性不良反应:①定义:对比剂注射后 1 h 至 1 周内出现的不良反应为迟发性不良反应。对比剂给药后可出现各种迟发性症状(如恶心、呕吐、头痛、骨骼肌肉疼痛、发热),但许多症状与对比剂应用无关,临床须注意鉴别;与其他药疹类似的皮肤反应是真正的迟发性不良反应,通常为轻度至中度,并且为自限性。②迟发性不良反应处理措施:对症治疗,方法与其他药物引起的皮肤反应治疗相似。

(3)晚迟发性不良反应:为通常在对对比剂注射 1 周后出现的不良反应,或可引起甲状腺功能亢进,偶见于未经治疗的 Graves 病或结节性甲状腺肿患者、年老和(或)缺碘者。

#### 六、碘对比剂血管外使用

1. 使用途径:见对比剂使用指南(第 1 版)<sup>[1]</sup>。
2. 禁忌证:既往对碘对比剂有严重过敏反应者;甲状腺功能亢进患者。
3. 不良反应及处理措施:见对比剂使用指南(第 1 版)<sup>[1]</sup>。

工作组成员:广东省人民医院 广东省医学科学院放射科(梁长虹);复旦大学华山医院放射科(冯晓源);中国医科大学附属盛京医院放射科(郭启勇、刘兆玉);中国医科大学附属第一医院放射科(徐克、任克、戴旭);北京医院放射科(周诚);中华放射学杂志编辑部(高宏);四川大学华西医院放射科(陈卫霞);南方医科大学南方医院放射科(许乙凯);海南省人民医院放射科(陈峰);广州市番禺中心医院放射科(陈汉威);东南大学中大医院放射科(邓钢);河北医科大学

第二医院放射科(李彩英);大连医科大学第一医院放射科(刘爱连);解放军总医院肿瘤介入科(刘凤永);湖北省肿瘤医院放射科(刘玉林);中山大学第三医院放射科(孟晓春);北京大学肿瘤医院暨北京市肿瘤防治研究所放射科(孙应实);新疆医科大学第二医院放射科(王红);上海同济大学同济医院放射科(王培军);贵州省人民医院放射科(王荣品);山东省医学影像学研究所放射科(徐卓东);北京协和医院放射科(薛华丹);福建医科大学附属协和医院放射科(薛蕴菁);西安交通大学第一医院放射科(杨健);中南大学第三医院放射科(叶斌);浙江大学第二医院放射科(余日胜);山西医科大学第二医院介入治疗科(于世平);北京朝阳医院放射科(翟仁友);山西医科大学附属第一医院放射科(张瑞平);第三军医大学大坪医院放射科(张伟国);郑州大学第一医院放射科(张勇);昆明医学院第一医院放射科(赵卫);中南大学湘雅二院放射科(周顺科);解放军 105 医院放射科(朱友志)

#### 参 考 文 献

- [1] 中华医学会放射学分会,中国医师协会放射医师分会. 对比剂使用指南(第 1 版). 中华放射学杂志, 2008,42:320-325.
- [2] Costa N. Understanding contrast media. J Infus Nurs, 2004,27:302-312.
- [3] Katayama H, Yamaguchi K, Kozuka T, et al. Adverse reactions to ionic and nonionic contrast media. A report from the Japanese Committee on the Safety of Contrast Media. Radiology, 1990,175:621-628.
- [4] van der Molen AJ, Thomsen HS, Morcos SK. Contrast Media Safety Committee, European Society of Urogenital Radiology (ESUR). Effect of iodinated contrast media on thyroid function in adults. Eur Radiol, 2004,14:902-907.
- [5] Stacul F, van der Molen AJ, Reimer P, et al. Contrast Media Safety Committee of European Society of Urogenital Radiology (ESUR). Contrast induced nephropathy: updated ESUR Contrast Media Safety Committee guidelines. Eur Radiol, 2011, 21:2527-2541.
- [6] Sudarsky D, Nikolsky E. Contrast-induced nephropathy in interventional cardiology. Int J Nephrol Renovasc Dis, 2011,4:85-99.
- [7] McCullough P. Outcomes of contrast-induced nephropathy: experience in patients undergoing cardiovascular intervention. Catheter Cardiovasc Interv, 2006,67:335-343.
- [8] Al-Ghonaim M, Pannu N. Prevention and treatment of contrast-induced nephropathy. Tech Vasc Interv Radiol, 2006, 9:42-49.
- [9] Pannu N, Wiebe N, Tonelli M, et al. Prophylaxis strategies for contrast-induced nephropathy. JAMA, 2006, 295:2765-2779.
- [10] Merten GJ, Burgess WP, Gray LV, et al. Prevention of contrast-induced nephropathy with sodium bicarbonate: a randomized controlled trial. JAMA, 2004,291:2328-2334.
- [11] Toprak O. Conflicting and new risk factors for contrast induced nephropathy. J Urol, 2007, 178:2277-2283.
- [12] Toprak O, Cirit M. Risk factors and therapy strategies for contrast-induced nephropathy. Ren Fail, 2006,28:365-381.
- [13] Namasivayam S, Kalra MK, Torres WE, et al. Adverse reactions to intravenous iodinated contrast media: a primer for radiologists. Emerg Radiol, 2006,12:210-215.
- [14] Solomon R. The role of osmolality in the incidence of contrast-induced nephropathy: a systematic review of angiographic contrast media in high risk patients. Kidney Int, 2005,68:2256-2263.
- [15] Thomsen HS, Morcos SK. Contrast-medium-induced nephropathy:

- is there a new consensus? A review of published guidelines. *Eur Radiol*, 2006,16:1835-1840.
- [16] Thomsen HS. European Society of Urogenital Radiology (ESUR) guidelines on the safe use of iodinated contrast media. *Eur J Radiol*, 2006,60:307-313.
  - [17] Morcos SK, Thomsen HS, Webb JA, et al. Dialysis and contrast media. *Eur Radiol*, 2002,12:3026-3030.
  - [18] Dawson P. Contrast agents in patients on dialysis. *Semin Dial*, 2002,15:232-236.
  - [19] Vogt B, Ferrari P, Schönholzer C, et al. Prophylactic hemodialysis after radiocontrast media in patients with renal insufficiency is potentially harmful. *Am J Med*, 2001,111:692-698.
  - [20] Parfrey PS, Griffiths SM, Barrett BJ, et al. Contrast material-induced renal failure in patients with diabetes mellitus, renal insufficiency, or both. A prospective controlled study. *N Engl J Med*, 1989,320:143-149.
  - [21] Nikolsky E, Mehran R, Turcot D, et al. Impact of chronic kidney disease on prognosis of patients with diabetes mellitus treated with percutaneous coronary intervention. *Am J Cardiol*, 2004,94:300-305.
  - [22] 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. *中华放射学杂志*, 2013,47:335-339.
  - [23] Rihal CS, Textor SC, Grill DE, et al. Incidence and prognostic importance of acute renal failure after percutaneous coronary intervention. *Circulation*, 2002,105:2259-2264.
  - [24] Hizoh I, Haller C. Radiocontrast-induced renal tubular cell apoptosis: hypertonic versus oxidative stress. *Invest Radiol*, 2002,37:428-434.
  - [25] Liss P, Nygren A, Olsson U, et al. Effects of contrast media and mannitol on renal medullary blood flow and red cell aggregation in the rat kidney. *Kidney Int*, 1996,49:1268-1275.
  - [26] Liss P, Nygren A, Hansell P. Hypoperfusion in the renal outer medulla after injection of contrast media in rats. *Acta Radiol*, 1999,40:521-527.
  - [27] Seeliger E, Flemming B, Wronski T, et al. Viscosity of contrast media perturbs renal hemodynamics. *J Am Soc Nephrol*, 2007,18:2912-2920.
  - [28] Persson PB, Tepel M. Contrast medium-induced nephropathy: the pathophysiology. *Kidney Int Suppl*, 2006,100:S8-10.
  - [29] Ma YC, Zuo L, Chen JH, et al. Modified glomerular filtration rate estimating equation for Chinese patients with chronic kidney disease. *J Am Soc Nephrol*, 2006,17:2937-2944.
  - [30] McCullough PA, Wolyn R, Rocher LL, et al. Acute renal failure after coronary intervention: incidence, risk factors, and relationship to mortality. *Am J Med*, 1997,103:368-375.
  - [31] Rihal CS, Textor SC, Grill DE, et al. Incidence and prognostic importance of acute renal failure after percutaneous coronary intervention. *Circulation*, 2002,105:2259-2264.
  - [32] Uddin MA, Rabbani MA, Jafary FH, et al. Contrast nephropathy in high-risk patients undergoing coronary angiography and intervention. *J Coll Physicians Surg Pak*, 2005,15:791-794.
  - [33] Mehran R, Aymong ED, Nikolsky E, et al. A simple risk score for prediction of contrast-induced nephropathy after percutaneous coronary intervention: development and initial validation. *J Am Coll Cardiol*, 2004,44:1393-1399.
  - [34] Lautin EM, Freeman NJ, Schoenfeld AH, et al. Radiocontrast-associated renal dysfunction: incidence and risk factors. *AJR Am J Roentgenol*, 1991,157:49-58.
  - [35] Bartholomew BA, Harjai KJ, Dukkupati S, et al. Impact of nephropathy after percutaneous coronary intervention and a method for risk stratification. *Am J Cardiol*, 2004,93:1515-1519.
  - [36] Taliencio CP, Vlietstra RE, Ilstrup DM, et al. A randomized comparison of the nephrotoxicity of iopamidol and diatrizoate in high risk patients undergoing cardiac angiography. *J Am Coll Cardiol*, 1991,17:384-390.
  - [37] Davidson C, Stacul F, McCullough PA, et al. Contrast medium use. *Am J Cardiol*, 2006,98:K42-58.
  - [38] Sharma SK, Kini A. Effect of nonionic radiocontrast agents on the occurrence of contrast-induced nephropathy in patients with mild-moderate chronic renal insufficiency: pooled analysis of the randomized trials. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2005,65:386-393.
  - [39] Jost G, Lengsfeld P, Lenhard DC, et al. Viscosity of iodinated contrast agents during renal excretion. *Eur J Radiol*, 2011,80:373-377.
  - [40] Hazirolan T, Turkbey B, Akpinar E, et al. The impact of warmed intravenous contrast material on the bolus geometry of coronary CT angiography applications. *Korean J Radiol*, 2009,10:150-155.
  - [41] 李佳欣,任喜君,李学奇. 碘对比剂黏度对微循环的影响. *中华放射学杂志*, 2012,46:669-670.
  - [42] Cigarroa RG, Lange RA, Williams RH, et al. Dosing of contrast material to prevent contrast nephropathy in patients with renal disease. *Am J Med*, 1989,86:649-652.
  - [43] Rao QA, Newhouse JH. Risk of nephropathy after intravenous administration of contrast material: a critical literature analysis. *Radiology*, 2006,239:392-397.
  - [44] Morcos SK. Prevention of contrast media nephrotoxicity: the story so far. *Clin Radiol*, 2004,59:381-389.
  - [45] Juergens CP, Winter JP, Nguyen-Do P, et al. Nephrotoxic effects of iodixanol and iopromide in patients with abnormal renal function receiving N-acetylcysteine and hydration before coronary angiography and intervention: a randomized trial. *Intern Med J*, 2009,39:25-31.
  - [46] Wróbel W, Sinkiewicz W, Gordon M, et al. Oral versus intravenous hydration and renal function in diabetic patients undergoing percutaneous coronary interventions. *Kardiol Pol*, 2010,68:1015-1020.
  - [47] Krasuski RA, Beard BM, Geoghagan JD, et al. Optimal timing of hydration to erase contrast-associated nephropathy: the OTHER CAN study. *J Invasive Cardiol*, 2003,15:699-702.
  - [48] Bader BD, Berger ED, Heede MB, et al. What is the best hydration regimen to prevent contrast media-induced nephrotoxicity? . *Clin Nephrol*, 2004,62:1-7.
  - [49] Marenzi G, Marana I, Lauri G, et al. The prevention of radiocontrast-agent-induced nephropathy by hemofiltration. *N Engl J Med*, 2003,349:1333-1340.
  - [50] Marenzi G, Lauri G, Campodonico J, et al. Comparison of two hemo filtration protocols for prevention of contrast-induced nephropathy in high-risk patients. *Am J Med*, 2006,119:155-162.
  - [51] Guitterez NV, Diaz A, Timmis GC, et al. Determinants of serum creatinine trajectory in acute contrast nephropathy. *J Interv Cardiol*, 2002,15:349-354.
  - [52] Singh J, Daftary A. Iodinated contrast media and their adverse reactions. *J Nucl Med Technol*, 2008,36:69-74.

(收稿日期:2013-05-11)

(本文编辑:张晓冬)