

· 规范与共识 ·

恶性肿瘤患者 CT 增强扫描对比剂安全管理专家共识(2022)

中国抗癌协会肿瘤影像专业委员会

通信作者:叶兆祥,天津医科大学肿瘤医院放射科,天津 300060, Email: yezhaoxiang@163.com; 夏黎明,华中科技大学同济医学院附属同济医院放射科,武汉 430030, Email: cjr.xialiming@vip.163.com

【摘要】 CT 增强扫描对恶性肿瘤的诊疗决策有着非常重要的意义,随着 CT 增强扫描的广泛应用,与之而来的安全性也越来越引起我们的重视,中国抗癌协会肿瘤影像专业委员会组织专家参阅大量文献并结合我国的临床实践,经反复讨论,就恶性肿瘤相关性肾损伤、危险因素、CT 扫描方案及预防方案等达成共识。

【关键词】 体层摄影术, X 线计算机; 碘对比剂; 肿瘤; 安全管理

Expert consensus on the safety management of CT-enhanced scanning in patients with malignancy (2022)

Oncology Imaging Professional Committee of China Anti-Cancer Association

Corresponding author: Ye Zhaoxiang, Department of Radiology, Tianjin Medical University Cancer Institute and Hospital, Tianjin 300060, China, Email: yezhaoxiang@163.com; Xia Liming, Department of Radiology, Tongji Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030, China, Email: cjr.xialiming@vip.163.com

恶性肿瘤是严重威胁人类健康和生存质量的疾病,据最新的统计数据显示,因恶性肿瘤而造成的死亡占居民全部死因的 23.91%^[1]。2020 年,中国新发肿瘤病例约 457 万。其中,最常见的有肺癌、结直肠癌、胃癌、乳腺癌和肝癌,前 10 位新发恶性肿瘤约占全部新发恶性肿瘤的 78.2%^[2]。

CT 增强扫描常应用于恶性肿瘤的诊断、分期、治疗反应评估及随访复查等。因此,CT 增强扫描对恶性肿瘤的诊疗决策起着不可或缺的意义,而恶性肿瘤患者因肿瘤本身、肿瘤相关并发症和药物治疗所导致的不良反应,在 CT 增强扫描中需要重点关注。中国抗癌协会肿瘤影像专业委员会在 2017 年制定了第 1 版肿瘤患者 CT 增强扫描安全管理专家共识^[3],为恶性肿瘤患者 CT 增强扫描安全

管理提供了规范化的指导意见。然而,随着现代医学的发展、更多临床经验的积累及新的循证医学证据的产生,中国抗癌协会肿瘤影像专业委员会成员一致认为对第 1 版共识的内容进行更新非常必要。

因此,基于临床经验、最新的循证医学证据及多轮共识专家组的意见收集和函询,形成了恶性肿瘤患者 CT 增强扫描对比剂安全管理专家共识(2022)。本共识就恶性肿瘤 CT 增强扫描的碘对比剂暴露风险、CT 增强扫描方案 and 对比剂注射方案的优化及相关不良反应的处理等进行补充。

本共识遵循推荐评估、发展和评价分级(grades of recommendation assessment, development, and evaluation, GRADE)系统,分别给出推荐意见和相应理论依据^[4](表 1)。推荐强度分级,考虑了利

DOI: 10.3760/cma.j.cn112149-20220420-00367

收稿日期 2022-04-20 本文编辑 张琳琳

引用本文:中国抗癌协会肿瘤影像专业委员会. 恶性肿瘤患者 CT 增强扫描对比剂安全管理专家共识(2022)[J]. 中华放射学杂志, 2022, 56(9): 941-949. DOI: 10.3760/cma.j.cn112149-20220420-00367.



中华医学杂志社
Chinese Medical Association Publishing House

版权所有 违者必究



表 1 GRADE 分级系统证据等级及强度推荐

GRADE 分级系统	说明
证据级别	
高	指南制定小组确信真实效应值接近效应估计值
中	指南制定小组对效应估计值有中等程度的信心:真实值可能接近估计值,但仍存在两者大不相同的可能性
低	指南制定小组对效应估计值的确信程度有限:真实值可能与估计值大不相同
极低	指南制定小组对效应估计值几乎没有信心:真实值很可能与估计值大不相同
推荐强度	
强推荐	明显利大于弊
弱推荐	可能利大于弊
不确定	利弊平衡或不确定
弱不推荐	可能弊大于利
强不推荐	明显弊大于利

注:GRADE 分级为推荐评估、发展和评价分级

益平衡、证据质量、价值观和选择意愿以及资源配置 4 个关键因素。

一、恶性肿瘤患者 CT 增强扫描中碘对比剂的风险

1. 碘对比剂导致的肾损伤。(1)定义:目前,国内外指南均采用对比剂后的急性肾损伤 [(post-contrast acute kidney injury, PC-AKI) 或者 (contrast-associated acute kidney injury, CA-AKI)] 取代了原先的对比剂肾病 (contrast induced nephropathy, CIN),用于描述血管内注射碘对比剂后 48 h 内发生的肾功能突然恶化^[5-6],而无论对比剂是否是肾功能恶化的原因。本共识推荐使用 PC-AKI 这一术语。

(2)发生率:PC-AKI 占有急性肾损伤 (acute kidney injury, AKI) 病例的 11%, 其在所有 CT 检查中的发生率为 2%^[7]。因为恶性肿瘤患者需要多次接受 CT 增强检查,所以在该类人群中 PC-AKI 的发生率在 8%~20%^[8]。

(3)PC-AKI 机制:目前仍未被完全阐明,可能涉及多个机制的相互作用^[7,9-10]。①碘对比剂对于肾小管上皮细胞的直接肾毒性作用,导致功能丧失以及细胞凋亡,随着细胞损伤的进展,上皮细胞从基底膜脱落,导致管腔阻塞,肾小管内压升高,最终导致肾小球滤过率下降。②碘对比剂的间接影响

包括局部或整体灌注减少引起的缺血性损伤,碘对比剂可能导致由血管活性物质(如内皮素、一氧化氮和前列腺素)局部介导的肾内血管收缩,一方面,肾小球的供血量下降导致肾损伤;另一方面,肾小球因血供减少后造成向肾单位代谢活跃部分的氧输送减少而加重肾损伤。

(4)诊断标准:临床上评价肾功能常用的指标是血肌酐,但在某些情况下,尚不能监测血肌酐水平时,尿量也可作为评估肾功能的指标。在改善全球肾脏病预后组织 (Kidney Disease: Improving Global Outcomes, KDIGO) 指南中^[11], AKI 定义为出现以下情况的任意一种:48 h 内血肌酐值上升 ≥ 0.3 mg/dL ($\geq 26.5 \mu\text{mol/L}$), 或 7 d 内升至 ≥ 1.5 倍基线值, 或连续 6 h 尿量 $< 0.5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$; 按照严重程度又可以分为 3 级。大部分临床文献推荐使用 KDIGO 标准来定义 AKI^[12-15], 为保持与临床诊断标准一致, 推荐 PC-AKI 诊断标准: 静脉内使用碘对比剂 48 h 内血肌酐上升 ≥ 0.3 mg/dL ($\geq 26.5 \mu\text{mol/L}$), 或 7 d 内升至 ≥ 1.5 倍基线值, 或连续 6 h 尿量 $< 0.5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, 按照严重程度分为 3 级(表 2)(高级证据质量, 强推荐)。

2. 碘对比剂导致的过敏样不良反应。(1)定义:几乎所有的药物在发挥其功效的同时都会引发一定程度的不良反应。即便遵照说明书的用法用量

表 2 KDIGO 的 AKI 定义及分期

分级	血肌酐	尿量
1 级	基线水平的 1.5~1.9 倍; 或上升 ≥ 0.3 mg/dL ($\geq 26.5 \mu\text{mol/L}$)	连续 6~12 h 尿量 $< 0.5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$
2 级	基线水平的 2.0~2.9 倍	连续 12 h 以上尿量 $< 0.5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$
3 级	基线水平的 3 倍以上; 或 ≥ 4.0 mg/dL ($\geq 353.6 \mu\text{mol/L}$); 或开始肾脏替代治疗; 或小于 18 岁, eGFR $< 35 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 1.73 \text{ m}^{-2}$	连续 24 h 以上尿量 $< 0.3 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$; 或连续 12 h 以上无尿

注:KDIGO 为改善全球肾脏病预后组织; AKI 为急性肾损伤; eGFR 为估算肾小球滤过率



进行使用,也有可能出现有害的或与用药目的无关的反应,严重者甚至可危及生命^[16]。碘对比剂不良反应按照发生时间分为 3 种^[6, 17]:①急性不良反应:发生在对比剂注射后 1 h 内。②迟发性不良反应:发生在对比剂注射后 1 h 至 1 周内。③极迟发性不良反应:发生在对比剂注射后 1 周后。

(2)机制:大多数过敏样不良反应的发病机制尚不清楚。可能有多种机制所导致免疫效应物的激活,也可能涉及多种血管活性物质或介质(如组胺、补体和激肽系统)调节的失衡或紊乱,而碘对比剂则会直接导致免疫细胞如嗜碱性粒细胞和肥大细胞释放组胺^[6]。

(3)症状:急性不良反应可表现为程度严重的不良反应,如低血压、喉头水肿等。迟发性不良反应主要表现为与药疹类似的皮肤反应,如斑丘疹、红斑、肿胀和瘙痒等,大多数皮肤反应为轻度至中度,而且为自限性。极迟发性不良反应可表现为甲状腺功能亢进^[17]。

3.碘对比剂对心血管的影响。静脉使用碘对比剂对有基础心血管病变的患者中更为常见和显著。例如,左心衰竭患者无法耐受碘对比剂所造成的渗透负荷和负性变,进而增加发生急性肺水肿的风险^[5]。

二、恶性肿瘤患者 CT 增强扫描前对比剂与 AKI 的风险评估及管理

1.CT 增强扫描前对比剂风险的评估。(1)碘对比剂适应证和禁忌证的评估:药品说明书是载明药品重要信息的法定文件^[18],临床工作中应严格掌握药品说明书中的适应证,避免不必要的检查。各类碘对比剂产品说明书也均有详细记载禁忌证,具体禁忌证以使用的碘对比剂产品说明书为准。例如,未经控制症状的甲状腺功能亢进患者为使用碘对比剂的禁忌证^[3, 19]。

(2)使用碘对比剂的高危人群^[6]:①既往使用碘对比剂发生过敏再次使用相同碘对比剂的患者(5 倍风险);②有哮喘病史的患者;③其他过敏史者(2~3 倍)。

(3)肾功能评估:对于恶性肿瘤患者,尤其是合

并高危因素的患者,应检测肾功能。高危因素包括非肿瘤相关危险因素和肿瘤相关危险因素。非肿瘤相关危险因素^[20-22]:年龄>65 岁;慢性肾脏病(chronic kidney disease, CKD);糖尿病;可能的肾损害药物(非甾体抗炎药、肾素血管紧张素转化酶抑制剂等);其他合并症(肝硬化、心力衰竭等)。肿瘤相关危险因素:中性粒细胞减少及相关脓毒血症;肾癌肾脏切除术后;血液系统肿瘤;尿路梗阻;造血干细胞移植术后;血栓性微血管病;肿瘤溶解综合征高钙血症;副蛋白相关肾小球疾病;化疗药物毒性。有以上高危因素的恶性肿瘤患者推荐 CT 增强检查前应常规检测肾功能(中级证据质量,强推荐)。本共识建议采用慢性肾脏病流行病学合作组(chronic kidney disease epidemiology collaboration, CKD-EPI)方程来计算成人的估算肾小球滤过率(estimated glomerular filtration rate, eGFR)值,而对于儿童则推荐修订的 Schwartz 方程^[23-24],见表 3(高级证据质量,强推荐)。

2.CT 增强扫描前恶性肿瘤患者 AKI 的风险评估。AKI 是恶性肿瘤患者最常见的并发症之一,其病因通常是多因素相互作用引起的,如肾功能不全、高龄、心力衰竭、贫血、肾毒性药物等^[22]。

加拿大开展了一项基于恶性肿瘤与 AKI 的研究,纳入 2007 至 2014 年新诊断为恶性肿瘤且接受系统性治疗(化疗或靶向药)的 163 071 例患者^[25],研究观察到与 AKI 相关的危险因素包括年龄、性别、肿瘤分期、CKD、糖尿病和充血性心力衰竭。李阳等^[14]对 26 914 例恶性肿瘤住院患者分析发生 AKI 的危险因素,结果显示贫血和 eGFR≤59 ml·min⁻¹·1.73 m⁻²的患者发生 AKI 的概率最高(55.7%)。Jin 等^[13]对 7 604 例发生 AKI 的恶性肿瘤患者进行研究,结果显示恶性肿瘤类型、高龄、强化化疗和肾毒性药物是恶性肿瘤患者发生 AKI 的独立危险因素。

综上所述,恶性肿瘤患者发生 AKI 是多因素导致的。因此,我们建议在评估恶性肿瘤患者是否为 PC-AKI 的高危人群时,不应仅基于 eGFR^[26],而应综合评估恶性肿瘤患者的个体因素,并与增强 CT 的临

表 3 成人和儿童的 eGFR 计算方程

患者特征	推荐方程	计算公式
成人女性	CKD-EPI 方程	sCr≤62 μmol/L: eGFR=144×(sCr/62) ^{-0.329} ×0.993 ^{年龄} ; sCr>62 μmol/L: eGFR=144×(sCr/62) ^{-1.209} ×0.993 ^{年龄}
成人男性	CKD-EPI 方程	sCr≤80 μmol/L: eGFR=144×(sCr/80) ^{-0.411} ×0.993 ^{年龄} ; sCr>80 μmol/L: eGFR=144×(sCr/80) ^{-1.209} ×0.993 ^{年龄}
儿童	修订的 Schwartz 方程	eGFR=36.5×身高/sCr

注:eGFR 为估算肾小球滤过率;CKD-EPI 为慢性肾脏病流行病学合作组;sCr 为血肌酐,单位为 μmol/L;身高单位为 cm



床获益与风险进行权衡。最终,根据其基础情况进行分层管理^[27](表4)(**中级证据质量,强烈推荐**)。

三、临床常用碘对比剂的选择和使用

1. 临床常用碘对比剂:目前临床常用的碘对比剂以等渗和次高渗碘对比剂为主,常用的碘对比剂见表5^[6, 28]。

2. 碘对比剂的安全性:临床中选择碘对比剂时需综合考量多方面因素,尤其是安全性,如过敏样不良反应、PC-AKI等。An等^[29]分析了2014年1月至2016年12月韩国数据库中不同碘对比剂不良反应的发生情况,结果显示,总不良反应和严重不良反应的发生率分别为0.37%和0.02%,急性不良反应的发生率显著高于迟发性不良反应(分别为88.56%、11.4%, $P<0.01$)。Cha等^[30]观察到196 601例患者使用碘对比剂后总急性不良反应发生率为0.73%,严重不良反应发生率为0.01%;其中,次高渗和等渗碘对比剂的不良反应发生率较低。在高风险人群中,与次高渗碘对比剂相比,等渗对比剂可降低PC-AKI的发生率。一项随机对照双盲研究比较碘克沙醇与碘普罗胺在恶性肿瘤患者($eGFR>60\text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot 1.73\text{ m}^{-2}$)中的安全性,结果显示碘克沙醇的安全性更佳^[31]。另外有研究证实恶性肿瘤患者($eGFR<60\text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot 1.73\text{ m}^{-2}$)及糖尿病患者($eGFR<60\text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot 1.73\text{ m}^{-2}$)中使用碘克沙醇安全性良好^[32-33]。

综合考虑多项国内外研究、国际指南及药物经济学因素,本共识推荐恶性肿瘤患者使用非离子型等渗或次高渗碘对比剂,对于伴有PC-AKI高风险因素的恶性肿瘤高危患者推荐首选等渗对比剂,并尽量减少碘对比剂的使用剂量(**中级证据质量,强烈推荐**)。

3. 对比剂的预处理:碘对比剂的存放条件必须符合产品说明书的要求,并在使用前建议加热至 $37\text{ }^{\circ}\text{C}$,以降低黏度,便于推注,提高患者的耐受度,减少对比剂过敏样不良反应的发生率^[34-35]。

四、恶性肿瘤患者PC-AKI的预防

1. 静脉水化方案:多因素导致恶性肿瘤患者发生AKI风险高^[21-22, 36],可达18.6%^[13],对于这类患者更应预防PC-AKI的发生,国内外指南均推荐静脉水化作为预防PC-AKI的有效措施之一^[6, 17, 24],但哪种情况能从静脉水化中获益仍存在争议。最近2项研究(AMACING^[37]和Kompas^[38]研究)结果显示 $eGFR$ 值为 $30\sim 59\text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot 1.73\text{ m}^{-2}$ 的人群进行水化并没有带来获益。欧洲泌尿生殖放射学会(European Society of Urogenital Radiology, ESUR)^[17]、美国放射学会(American College of Radiology, ACR)^[6]及国内指南^[24]均不建议对 $eGFR\geq 30\text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot 1.73\text{ m}^{-2}$ 的人群或透析患者进行水化预防,而对于 $eGFR$ 为 $30\sim 44\text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot 1.73\text{ m}^{-2}$ 的高风险患者,ACR^[6]和国内指南^[24]建议可以根据患者情况进行个体化预防。对于终末期肾脏功能衰竭(CKD 5期)或严重心力衰竭(NYHA 3~4级)患者,有研究表明,大量静脉补液可能会加剧急性心力衰竭并诱发肺水肿^[37],对于这类人群应进行个体化补液^[23]。

结合文献及临床实际情况,本共识认为静脉水化是预防PC-AKI有效的措施之一,尤其是对于 $eGFR<30\text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot 1.73\text{ m}^{-2}$ 的患者,推荐的水化方案:静脉输注生理盐水,在给药前和给药后以 $1\text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ 的速度分别输注3~4 h和4~6 h。静脉注射碳酸氢钠也有较好的预防作用,但因使用碳酸氢钠需综合考虑患者情况^[24],为避免出现电解质紊乱,不作为首选推荐。对于终末期肾脏功能衰竭(CKD 5期)或严重心力衰竭(NYHA 3~4级)患者,应咨询临床医师进行个体化水化预防(**中级证据质量,强烈推荐**)。

2. 口服水化方案:口服水化治疗简单、易于接受^[39],但其是否能有效预防PC-AKI还存在争议^[6, 24]。ESUR指南不推荐口服水化作为唯一的预防性补液方法^[17]。一项前瞻性非劣效研究(NICIR

表4 PC-AKI风险因素

特征类型	$eGFR$ ($\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot 1.73\text{ m}^{-2}$)	年龄 (岁)	心力衰竭	碘对比剂 用量(ml)	糖尿病	血红蛋白 (g/L)	肿瘤治疗和 碘对比剂给 药间隔时间 (d)	肾毒性 药物
高危特征	<30	≥ 70	NYHA 分级 \geq Ⅲ或 $EF<30\%$	≥ 250	血糖未控制	<95	<8	3种
中危特征	30~44	60~69	I<NYHA 分级<Ⅲ或 $30\%\leq EF<35\%$	140~249	血糖控制但伴随 全身性疾病	95~110	<45	2种
低危特征	45~60	<60	NYHA 分级 I 或 $35\%\leq EF<45\%$	<140	血糖控制且未伴 随全身性疾病	111~145	<45	1种

注:PC-AKI为对比剂后急性肾损伤; $eGFR$ 为估算肾小球滤过率;NYHA为纽约心脏病学会;EF为射血分数



表 5 常用碘对比剂分类和理化性质

通用名	分类	结构	碘含量 (mg/ml)	渗透压 (mOsm/kg)	相对分子量
碘海醇	次高渗对比剂	非离子型单体	300、350	640、780	821
碘帕醇	次高渗对比剂	非离子型单体	300、370	616、796	777
碘普罗胺	次高渗对比剂	非离子型单体	300、370	607、774	791
碘佛醇	次高渗对比剂	非离子型单体	320、350	702、792	807
碘美普尔	次高渗对比剂	非离子型单体	350、400	620、730	777
碘克沙醇	等渗对比剂	非离子型二聚体	270、320	290、290	1 550

研究)结果显示^[40],在接受 CT 增强检查的 CKD 3b 期(eGFR 为 30~44 ml·min⁻¹·1.73 m⁻²)患者中,口服水化相对静脉水化在预防 PC-AKI 方面具有非劣效性。另外,对其肿瘤亚组的回顾性分析也获得类似结果^[41]。也有多项荟萃研究证实,在预防 PC-AKI 上,口服水化与静脉水化效果一致^[42-43]。

结合文献及临床实际情况,本共识认为对于 eGFR>30 ml·min⁻¹·1.73 m⁻² 的患者,口服水化可作为除静脉水化以外的预防方案,推荐的口服水化方案为 CT 增强检查前 2 h 口服 500 ml 水及增强后 24 h 持续口服 2 000 ml 水(中级证据质量,强推荐)。

3. 其他药物的使用:目前还没有药物预防措施(使用他汀类药物、肾血管扩张药、内源性血管活性介质的受体拮抗剂或细胞保护药物)被证实能提供一致的 PC-AKI 保护作用^[6, 17]。

五、恶性肿瘤患者的 CT 扫描方案和对对比剂注射方案

1. CT 扫描方案:(1)确定扫描范围,投照体位的选择根据患者的病情及扫描靶器官,确定扫描的范围,在保证图像质量的前提下尽量采取合适的投照体位^[3]。

(2)扫描方案:CT 方案应根据患者的恶性肿瘤特征和需要进行个体化,以最大限度地减少辐射暴露和碘对比剂用量的同时满足诊断图像的质量^[44]。最近的技术发展(新的图像重建算法,例如第 2 代和第 3 代的迭代重建,以及更强大的管发生器)允许在 CT 采集协议期间降低管电压(kV)。低 kV 扫描协议(如 80 kV)增加了组织对比度,随之,碘在低能量下更好地吸收 X 线光子,使 X 线能更接近碘的 k-edge,而低 kV 与传统的 120 kV 相比,辐射暴露更低^[27]。

2. 对比剂注射方案:血管 CT 成像效果,主要取

决于碘流率。碘流率=对比剂浓度×对比剂注射流率。对于体质量相同的患者,如果以相同碘流率给予碘对比剂,CT 增强效果相似^[45-47];实质脏器增强效果,则取决于总碘量(总碘量=对比剂浓度×对比剂体积)^[48-49]。不同浓度碘对比剂均可满足临床需求,高浓度碘对比剂可以降低注射流率^[50];低浓度碘对比剂黏滞度低,有利于对比剂的输送,结合低管电压,可以降低辐射剂量^[51-53],并可降低不良反应的发生率^[50, 54-55]。

本共识推荐根据恶性肿瘤患者综合情况(如既往行多次化疗的肿瘤患者,需要慎重选择血管穿刺部位、对比剂浓度和对比剂注射流率^[56])选择合适碘对比剂,推荐等渗或次高渗的非离子型碘对比剂,含碘浓度为 270~400 mg/ml,应避免短时间内大量、快速和连续推注对比剂(中级证据质量,强推荐)。

六、CT 检查后的护理与不良反应的预防和处理

1. 急性过敏样不良反应预防:原则上不推荐进行碘对比剂过敏试验,除非产品说明书注明特别要求。因为碘对比剂过敏试验没有预测过敏样不良反应发生的价值;其次,其本身也可以导致严重的不良反应发生^[6, 19]。另外,ESUR 指南不推荐预防用药,因其预防用药有效性的临床证据有限^[17]。ACR 指南建议预防用药前应评估风险和获益,在充分告知情况下,可以考虑检查前 12 h 预防用药(皮质类固醇、抗组胺类药物)^[6]。

2. 留观:注射对比剂后,患者应在医疗环境内留观 30 min^[19]。

3. 急性过敏样不良反应的应对准备^[17]:应在检查室备妥的一线急救药品和设备,包括氧气、1:1 000 的肾上腺素、抗组胺药 H1 注射剂、阿托品、β2 受体激动剂气雾器、静脉注射液、生理盐水或林格氏液、抗惊厥药物(安定)、血压计、单向经口“呼吸”机。

4. 急性过敏样不良反应的处理方案:急性过敏样不良反应的具体治疗方案如下^[19]。

(1)荨麻疹:散发的、一过性荨麻疹建议采用支持性治疗;散发的、持续时间长的荨麻疹应遵医嘱给予肌肉内或静脉注射 H1 受体拮抗剂;严重荨麻疹应遵医嘱给予 1:1 000 肾上腺素,成人 0.1~0.3 ml (0.1~0.3 mg)肌肉内注射,6~12 岁儿童注射 1/2 成人剂量,6 岁以下儿童注射 1/4 成人剂量。必要时重复给药。

(2) 支气管痉挛: 面罩吸氧 6~10 L/min, 定量吸入 β_2 受体激动剂气雾剂(深吸 2~3 次)。血压正常时肌肉内注射 1:1 000 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, 总量不超过 0.3 mg。血压降低时肌肉内注射 1:1 000 的肾上腺素: 成人剂量 0.5 ml (0.5 mg), 6~12 岁儿童 0.3 ml (0.3 mg), 6 岁以下儿童 0.15 ml (0.15 mg)。

(3) 喉头水肿: 给予面罩吸氧 6~10 L/min; 肌肉内注射 1:1 000 肾上腺素, 成人剂量为 0.5 ml (0.5 mg), 必要时重复给药, 6~12 岁儿童 0.3 ml (0.3 mg), 6 岁以下儿童 0.15 ml (0.15 mg)。

(4) 低血压: ①单纯性低血压: 抬高双下肢, 面罩吸氧 6~10 L/min; 快速静脉输注 0.9% NaCl 溶液或林格乳酸盐补液, 无效时肌肉内注射 1:1 000 肾上腺素, 成人剂量为 0.5 ml (0.5 mg), 必要时重复给药, 6~12 岁儿童 0.3 ml (0.3 mg), 6 岁以下儿童 0.15 ml (0.15 mg)。②迷走神经反应(低血压和心动过缓): 抬高双下肢, 面罩吸氧 6~10 L/min; 快速静脉输注 0.9% NaCl 溶液或林格乳酸盐补液; 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), 儿童剂量 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。

5. 对比剂外渗的处理: 文献报道静脉高压输注对比剂外渗事件发生率为 0.1%~1.2%^[6]。外渗可能导致周围组织损伤, 产生局部的炎症反应, 尤其是皮肤。碘对比剂外渗引起的急性组织损伤可能与其高渗透压有关, 发生外渗的高危人群包括婴幼儿、老年人、不能进行有效沟通配合者、被穿刺血管情况不佳者^[57]。轻度外渗: 无需特殊处理或患肢抬高、局部冰敷或冷湿敷, 并监测受检者情况^[57]。中重度外渗: (1) 患肢抬高、局部冰敷或冷湿敷; (2) 50% 硫酸镁、黏多糖软膏、0.05% 地塞米松局部冷湿敷; (3) 中成药制剂如意金黄散外敷; (4) 密切监测外渗部位的变化并给予对症处理^[57]。

6. 肾功能监测及随访: 具有 PC-AKI 风险因素的高危患者(高危患者是指至少具有 1 个高危特征+1 个中危特征, 至少具有 3 个中危特征或至少具有 5 个低危特征患者)(表 4), 对比剂给药后 48 h 应检测 eGFR, 如果给药后 48 h 诊断为 PC-AKI, 则对患者进行至少 30 d 的临床监测, 并定期测定 eGFR^[3]。

7. 特殊人群对比剂使用策略: (1) 透析患者和

无尿终末期肾脏病患者由于其肾脏已经失去功能, 不会进一步恶化。一项荟萃分析结果显示血管内注射碘对比剂可能不会导致透析患者残余肾功能的显著降低^[57-58]。国内外指南也均不建议对于这类患者在使用碘对比剂后进行额外透析^[6, 17, 24]。

综合文献, 对于血液透析和腹膜透析患者, 不建议碘对比剂注射后立即进行血液透析来清除碘对比剂(中级证据质量, 弱推荐)。

(2) 服用二甲双胍患者: 二甲双胍是一种基础口服降糖药物, 广泛用于 2 型糖尿病 (type 2 diabetes mellitus, T2DM) 的治疗^[59]。二甲双胍发挥药效后会通过肾小球滤过排出体外^[59], 当发生 PC-AKI, 会引起二甲双胍堆积并诱发乳酸酸中毒。ESUR^[17]和 ACR^[6]指南均推荐 eGFR>30 ml·min⁻¹·1.73 m⁻² 且无 AKI 的患者, 在静脉注射碘对比剂之前, 无需停用二甲双胍。多项研究也显示无肾功能受损患者服用二甲双胍不会增加乳酸中毒的风险^[60-61], 因此对于 eGFR>30 ml·min⁻¹·1.73 m⁻² 的患者, 在静脉注射对比剂之前或之后均无需停用二甲双胍。而国内二甲双胍临床应用专家共识提出 eGFR>60 ml·min⁻¹·1.73 m⁻² 的患者, 在造影检查前或检查时必须停止服用二甲双胍, 在检查完成至少 48 h 后且仅在再次检查肾功能无恶化的情况下才可以恢复服用。对于中度肾功能不全 (eGFR 为 45~59 ml·min⁻¹·1.73 m⁻²) 患者, 在注射碘对比剂前 48 h 必须停止服用二甲双胍, 在检查完成至少 48 h 后且仅在再次检查肾功能无恶化的情况下才可以恢复服用^[62]。

结合文献及产品说明书综合考虑, 本共识推荐 eGFR<30 ml·min⁻¹·1.73 m⁻² 的患者在注射碘对比剂检查前 48 h 必须停止服用二甲双胍, 在检查完成至少 48 h 后且仅在再次检查肾功能无恶化的情况下才可以恢复使用。对于 eGFR≥30 ml·min⁻¹·1.73 m⁻² 的患者, 综合考虑恶性肿瘤患者病情的复杂性、疾病诊断、肿瘤治疗和血糖控制的需求, 与临床医师进行沟通确定二甲双胍的安全使用剂量范围及停药时间(中级证据质量, 强推荐)。

8. 对比剂间隔注射时间: ACR 指南认为在肾功能正常的患者中, 大多数碘对比剂的代谢半衰期约为 2 h, 肾功能正常的人群需 20 h 可通过代谢清除^[6], 因此除非在紧急情况下, 否则应避免短于 24 h 的给药间隔。ESUR 指南根据 eGFR 的值建议不同的给药间隔, 肾功能正常或中度降低的患者 (eGFR>30 ml·min⁻¹·1.73 m⁻²), 2 次碘对比剂注射的间隔应达到 4 h; 肾功能重度降低的患者 (eGFR<

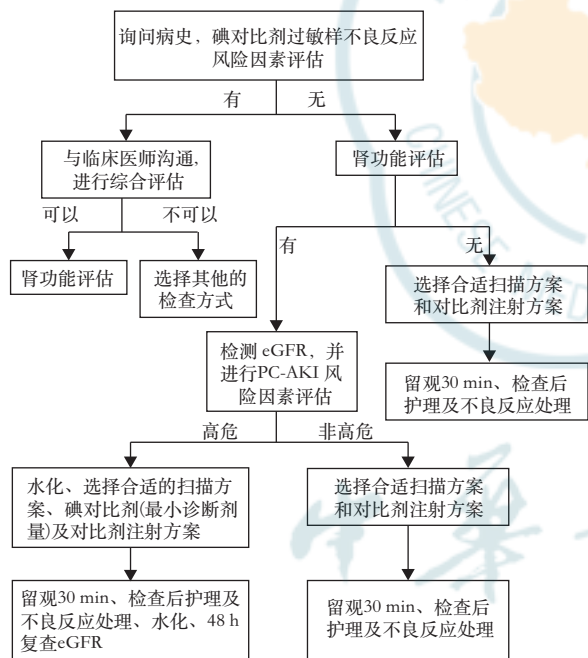


30 ml·min⁻¹·1.73 m⁻²) 2 次碘对比剂注射的间隔应达到 48 h; 接受透析的患者如果有残余肾功能, 2 次碘对比剂注射的间隔至少应达到 48 h^[17]。一项回顾性分析结果显示 4 h 内重复检测和 4~48 h 重复 CT 增强检查与 PC-AKI 的风险无显著差异, 提示疑似卒中且 eGFR≥30 ml·min⁻¹·1.73 m⁻² 的患者短时间内重复注射碘对比剂不会增加 PC-AKI 的风险^[63]。

结合文献综合考虑, 肾功能正常的肿瘤患者中, 除非在紧急情况下, 建议大于 24 h 的给药间隔。肾功能降低的肿瘤患者应结合患者的实际情况, 与临床医师进行充分沟通后决定其给药间隔(中级证据质量, 强推荐)。

七、处置流程

本共识就肿瘤患者 CT 增强扫描过程前、中、后关于风险因素的评估以及对比剂的选择绘制了简要流程, 供临床实际使用做参考, 具体见图 1。



注: eGFR 为估算肾小球滤过率; PC-AKI 为对比剂后的急性肾损伤

图 1 肿瘤患者 CT 增强简要处理流程

八、小结

CT 增强检查是肿瘤诊断、分期、治疗评估以及随访中必不可少的检查手段。恶性肿瘤患者由于可能存在其身体素质状况不佳及潜在其他靶器官或组织的受损情况, 其在接受 CT 增强检查时有必要进行全流程的安全管理和个性化处置。因此, 本共识就碘对比剂暴露风险评估、CT 增强扫描方案和对比剂注射方案优化、检查后的护理及不良反应

的处理等进行了较为详细的阐述。当然, 本专家共识可能也会存在一些争议的地方, 在临床应用过程中可能也会出现新的问题, 但随着临床认识的逐步加深和经验积累, 该专家共识亦将逐步得到更新与完善。

执笔者: 艾涛(华中科技大学同济医学院附属同济医院放射科)

共识专家组成员(按姓氏拼音排序): 艾涛(华中科技大学同济医学院附属同济医院放射科)、董江宁(中国科学技术大学附属第一医院影像科)、段青(福建医科大学附属协和医院放射科)、冯峰(南通市肿瘤医院影像科)、范国光(中国医科大学附属第一医院放射科)、顾雅佳(复旦大学附属肿瘤医院影像诊断科)、黄勇(山东省肿瘤医院影像科)、刘玉林(湖北省肿瘤医院放射科)、刘颖(天津市肿瘤医院放射科)、罗娅红(辽宁省肿瘤医院医学影像科)、彭卫军(复旦大学附属肿瘤医院影像诊断科)、苏丹柯(广西壮族自治区肿瘤医院医学影像中心)、时高峰(河北医科大学第四医院 CT 磁共振科)、尚乃舰(哈尔滨医科大学附属肿瘤医院影像中心)、孙应实(北京大学肿瘤医院医学影像科)、谢传森(中山大学附属肿瘤医院影像科)、夏黎明(华中科技大学同济医学院附属同济医院放射科)、徐仁根(江西省肿瘤医院放射科)、杨健(西安交通大学第一附属医院医学影像科)、杨晓棠(山西省肿瘤医院核磁 CT 室)、叶兆祥(天津医科大学肿瘤医院放射科)、张久权(重庆大学附属肿瘤医院影像科)、周鹏(四川省肿瘤医院影像诊断部)、赵心明(国家癌症中心中国医学科学院肿瘤医院影像诊断科)、张琳琳(中华放射学杂志编辑部)

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

参 考 文 献

- [1] 郑荣寿, 孙可欣, 张思维, 等. 2015 年中国恶性肿瘤流行情况分析 [J]. 中华肿瘤杂志, 2019, 41(1): 19-28. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3766.2019.01.008.
- [2] International Agency for Research on Cancer (IARC). Latest global cancer data: cancer burden rises to 19.3 million new cases and 10.0 million cancer deaths in 2020 [EB/OL]. [2022-07-19]. <https://www.iarc.who.int/news-events/latest-global-cancer-data-cancer-burden-rises-to-19-3-million-new-cases-and-10-0-million-cancer-deaths-in-2020/>.
- [3] 夏黎明. 肿瘤患者 CT 增强扫描安全管理专家共识 [J]. 放射学实践, 2017, 32(6): 550-555. DOI: 10.13609/j.cnki.1000-0313.2017.06.001.
- [4] 邓通, 汪洋, 黄笛, 等. 临床实践指南制订方法——GRADE 方法理论论篇 [J]. 中国循证心血管医学杂志, 2018, 10(12): 1441-1445, 1449. DOI: 10.3969/j.issn.1674-4055.2018.12.01.
- [5] 中华人民共和国国家卫生健康委员会脑卒中防治工程委员会, 中国医师协会介入医师分会神经介入专业委员会, 中国医师协会神经外科医师分会神经介入专业委员会. 神经介入诊疗中对对比剂的规范化应用专家共识 [J]. 中华医学杂志, 2020, 100(41): 3207-3217. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20200320-00857.
- [6] American College of Radiology (ACR). Manual on contrast media [EB/OL]. [2022-07-19]. <https://www.acr.org/Clinical-Resources/Contrast-Manual>.
- [7] Faucon AL, Bobrie G, Clément O. Nephrotoxicity of iodinated contrast media: from pathophysiology to

- prevention strategies[J]. *Eur J Radiol*, 2019, 116:231-241. DOI: 10.1016/j.ejrad.2019.03.008.
- [8] Ng CS, Kalva SP, Gunnarsson C, et al. Risk of renal events following intravenous iodinated contrast material administration among inpatients admitted with cancer a retrospective hospital claims analysis[J]. *Cancer Imaging*, 2018, 18(1):30. DOI: 10.1186/s40644-018-0159-3.
- [9] Mehran R, Dangas GD, Weisbord SD. Contrast-associated acute kidney injury[J]. *N Engl J Med*, 2019, 380(22): 2146-2155. DOI: 10.1056/NEJMra1805256.
- [10] Wang Y, Liu K, Xie X, et al. Contrast-associated acute kidney injury: an update of risk factors, risk factor scores, and preventive measures[J]. *Clin Imaging*, 2021, 69: 354-362. DOI: 10.1016/j.clinimag.2020.10.009.
- [11] Khwaja A. KDIGO clinical practice guidelines for acute kidney injury[J]. *Nephron Clin Pract*, 2012, 120(4): c179-184. DOI: 10.1159/000339789.
- [12] UK Renal Association. Clinical practice guideline for acute kidney injury (AKI) [EB/OL]. [2022-07-19]. https://eprints.ncl.ac.uk/file_store/production/266830/5AB55B0A-D2D6-43E8-833F-90AEE3CBA0F3.pdf.
- [13] Jin J, Wang Y, Shen Q, et al. Acute kidney injury in cancer patients: a nationwide survey in China[J]. *Sci Rep*, 2019, 9(1):3540. DOI: 10.1038/s41598-019-39735-9.
- [14] 李阳, 陈晓泓, 王一梅, 等. 基于 LASSO 变量选择联合贝叶斯网络构建恶性肿瘤相关急性肾损伤(AKI)风险预测模型[J]. *复旦学报(医学版)*, 2020, 47(4): 521-530. DOI: 10.3969/j.issn.1672-8467.2020.04.009.
- [15] National Institution for Health and Care Excellence. Acute kidney injury: prevention, detection and management [EB/OL]. [2022-07-19]. <https://www.nice.org.uk/guidance/ng148/resources/acute-kidney-injury-prevention-detection-and-management-pdf-66141786535621>.
- [16] 陈韵岱, 陈纪言, 傅国胜, 等. 碘对比剂血管造影应用相关不良反应中国专家共识[J]. *中国介入心脏病学杂志*, 2014, 22(6):341-348. DOI: 10.3969/j.issn.1004-8812.2014.06.001.
- [17] European Society of Urogenital Radiology. ESUR guidelines on contrast agents[EB/OL]. [2022-07-19]. <https://www.esur.org/esur-guidelines-on-contrast-agents/>.
- [18] 邓斌, 韦炳华, 洪晓丹, 等. 超说明书用药与司法评判冲突的现状与对策[J]. *中国药房*, 2017, 28(28):3892-3895. DOI: 10.6039/j.issn.1001-0408.2017.28.02.
- [19] 李雪, 郑淑梅, 屈梅香. 影像科碘对比剂输注安全专家共识[J]. *介入放射学杂志*, 2018, 27(8):707-712.
- [20] 李湛, 毛永辉. 肿瘤相关性急性肾损伤的研究进展[J]. *临床内科杂志*, 2020, 37(3): 145-147. DOI: 10.3969/j.issn.1001-9057.2020.03.001.
- [21] Meraz-Munoz A, Langote A, D Jhaveri K, et al. Acute kidney injury in the patient with cancer[J]. *Diagnostics (Basel)*, 2021, 11(4):611. DOI: 10.3390/diagnostics11040611.
- [22] Rosner MH, Perazella MA. Acute kidney injury in patients with cancer[J]. *N Engl J Med*, 2017, 376(18):1770-1781. DOI: 10.1056/NEJMra1613984.
- [23] van der Molen AJ, Reimer P, Dekkers IA, et al. Post-contrast acute kidney injury. Part 2: risk stratification, role of hydration and other prophylactic measures, patients taking metformin and chronic dialysis patients: recommendations for updated ESUR Contrast Medium Safety Committee guidelines[J]. *Eur Radiol*, 2018, 28(7):2856-2869. DOI: 10.1007/s00330-017-5247-4.
- [24] 中华医学会儿科学分会质量控制与安全管理专业委员会. 肾病患者静脉注射碘对比剂应用专家共识[J]. *中华放射学杂志*, 2021, 55(6): 580-590. DOI: 10.3760/cma.j.cn112149-20201111-01226.
- [25] Kitchlu A, McArthur E, Amir E, et al. Acute kidney injury in patients receiving systemic treatment for cancer: a population-based cohort study[J]. *J Natl Cancer Inst*, 2019, 111(7):727-736. DOI: 10.1093/jnci/djy167.
- [26] Rudnick MR, Leonberg-Yoo AK, Litt HI, et al. The controversy of contrast-induced nephropathy with intravenous contrast: what is the risk? [J] *Am J Kidney Dis*, 2020, 75(1):105-113. DOI: 10.1053/j.ajkd.2019.05.022.
- [27] Cosmai L, Porta C, Privitera C, et al. Acute kidney injury from contrast-enhanced CT procedures in patients with cancer: white paper to highlight its clinical relevance and discuss applicable preventive strategies[J]. *ESMO Open*, 2020, 5(2): e000618. DOI: 10.1136/esmoopen-2019-000618.
- [28] Aspelin P, Aubry P, Fransson SG, et al. Nephrotoxic effects in high-risk patients undergoing angiography[J]. *N Engl J Med*, 2003, 348(6): 491-499. DOI: 10.1056/NEJMoa021833.
- [29] An J, Jung H, Kwon OY, et al. Differences in adverse reactions among iodinated contrast media: analysis of the KAERS database[J]. *J Allergy Clin Immunol Pract*, 2019, 7(7):2205-2211. DOI: 10.1016/j.jaip.2019.02.035.
- [30] Cha MJ, Kang DY, Lee W, et al. Hypersensitivity reactions to iodinated contrast media: a multicenter study of 196 081 patients[J]. *Radiology*, 2019, 293(1): 117-124. DOI: 10.1148/radiol.2019190485.
- [31] Terrenato I, Sperati F, Musicco F, et al. Iodixanol vs iopromide in cancer patients: evidence from a randomized clinical trial. *J Cell Physiol*, 2018, 233(3): 2572-2580. DOI: 10.1002/jcp.26132.
- [32] Werner S, Bez C, Hinterleitner C, et al. Incidence of contrast-induced acute kidney injury (CI-AKI) in high-risk oncology patients undergoing contrast-enhanced CT with a reduced dose of the iso-osmolar iodinated contrast medium iodixanol[J]. *PLoS One*, 2020, 15(5): e0233433. DOI: 10.1371/journal.pone.0233433.
- [33] Zhao F, Lei R, Yang SK, et al. Comparative effect of iso-osmolar versus low-osmolar contrast media on the incidence of contrast-induced acute kidney injury in diabetic patients: a systematic review and meta-analysis [J]. *Cancer Imaging*, 2019, 19(1): 38. DOI: 10.1186/s40644-019-0224-6.
- [34] Davenport MS, Wang CL, Bashir MR, et al. Rate of contrast material extravasations and allergic-like reactions: effect of extrinsic warming of low-osmolality iodinated CT contrast material to 37 degrees C[J]. *Radiology*, 2012, 262(2):475-484. DOI: 10.1148/radiol.11111282.
- [35] Zhang B, Liu J, Dong Y, et al. Extrinsic warming of low-osmolality iodinated contrast media to 37 °C reduced the rate of allergic-like reaction[J]. *Allergy Asthma Proc*, 2018, 39(6):e55-e63. DOI: 10.2500/aap.2018.39.4160.
- [36] Rosner MH, Perazella MA. Acute kidney injury in the patient with cancer[J]. *Kidney Res Clin Pract*, 2019, 38(3): 295-308. DOI: 10.23876/j.krcp.19.042.
- [37] Nijssen EC, Rennenberg RJ, Nelemans PJ, et al. Prophylactic hydration to protect renal function from intravascular iodinated contrast material in patients at high risk of contrast-induced nephropathy (AMACING): a

- prospective, randomised, phase 3, controlled, open-label, non-inferiority trial[J]. *Lancet*, 2017, 389(10076): 1312-1322. DOI: 10.1016/S0140-6736(17)30057-0.
- [38] Timal RJ, Kooiman J, Sijpkens Y, et al. Effect of no prehydration vs sodium bicarbonate prehydration prior to contrast-enhanced computed tomography in the prevention of postcontrast acute kidney injury in adults with chronic kidney disease: the Kompas randomized clinical trial[J]. *JAMA Intern Med*, 2020, 180(4): 533-541. DOI: 10.1001/jamainternmed.2019.7428.
- [39] 石瑞, 徐建萍. 造影剂诱导的急性肾损伤水化治疗策略研究进展[J]. *护理研究*, 2021, 35(8): 1465-1468. DOI: 10.12102/j.issn.1009-6493.2021.08.027.
- [40] Sebastià C, Páez-Carpio A, Guillen E, et al. Oral hydration compared to intravenous hydration in the prevention of post-contrast acute kidney injury in patients with chronic kidney disease stage IIIb: a phase III non-inferiority study (NICIR study) [J]. *Eur J Radiol*, 2021, 136: 109509. DOI: 10.1016/j.ejrad.2020.109509.
- [41] Sebastià C, Páez-Carpio A, Guillen E, et al. Oral hydration as a safe prophylactic measure to prevent post-contrast acute kidney injury in oncologic patients with chronic kidney disease (IIIb) referred for contrast-enhanced computed tomography: subanalysis of the oncological group of the NICIR study[J]. *Support Care Cancer*, 2022, 30(2): 1879-1887. DOI: 10.1007/s00520-021-06561-7.
- [42] Cheungpasitporn W, Thongprayoon C, Brabec BA, et al. Oral hydration for prevention of contrast-induced acute kidney injury in elective radiological procedures: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *N Am J Med Sci*, 2014, 6(12): 618-624. DOI: 10.4103/1947-2714.147977.
- [43] Agarwal SK, Mohareb S, Patel A, et al. Systematic oral hydration with water is similar to parenteral hydration for prevention of contrast-induced nephropathy: an updated meta-analysis of randomised clinical data[J]. *Open Heart*, 2015, 2(1): e000317. DOI: 10.1136/openhrt-2015-000317.
- [44] Del Mastro L, Laghi A, Ronco C. Methods to address computed tomography-related risk factors in oncology patients: an expert opinion based on current evidence[J]. *Blood Purif*, 2018, 46(1): 56-69. DOI: 10.1159/000486821.
- [45] 胡茂清, 梁长虹. 规范碘对比剂在 CT 增强扫描中的应用[J]. *中华放射学杂志*, 2014, 48(10): 793-794. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2014.10.001.
- [46] 中华医学会放射学分会心胸学组.《中华放射学杂志》心脏冠状动脉多排 CT 临床应用指南写作专家组. 心脏冠状动脉 CT 血管成像技术规范应用中国指南[J]. *中华放射学杂志*, 2017, 51(10): 732-743. DOI: 10.3760/j.issn.1005-1201.2017.10.004.
- [47] 中华医学会放射学分会, 下肢动脉 CTA 扫描技术专家共识协作组. 下肢动脉 CT 血管成像扫描技术专家共识[J]. *中华放射学杂志*, 2019, 53(2): 88-92. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2019.02.002.
- [48] Bae KT. Intravenous contrast medium administration and scan timing at CT: considerations and approaches[J]. *Radiology*, 2010, 256(1): 32-61. DOI: 10.1148/radiol.10090908.
- [49] 胡茂清, 叶维韬, 梁长虹, 等. 管电压和碘对比剂浓度对腹部动态增强 CT 图像质量的影响[J]. *中华放射学杂志*, 2015, 49(4): 273-278. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2015.04.009.
- [50] 王宝华, 韩兵. 碘对比剂 CT 增强扫描临床应用的设计. 科学规范与风险防范[J]. *实用医药杂志*, 2015, 32(8): 710-713.
- [51] Wei L, Li S, Gao Q, et al. Use of low tube voltage and low contrast agent concentration yields good image quality for aortic CT angiography[J]. *Clin Radiol*, 2016, 71(12): e5-e10. DOI: 10.1016/j.crad.2016.07.018.
- [52] Meng D, Cui X, Bai C, et al. Application of low-concentration contrast agents and low-tube-voltage computed tomography to chest enhancement examinations: a multicenter prospective study[J]. *Sci Prog*, 2020, 103(1): 36850419892193. DOI: 10.1177/0036850419892193.
- [53] Cha MJ, Kim SM, Ahn TR, et al. Comparing feasibility of low-tube-voltage protocol with low-iodine-concentration contrast and high-tube-voltage protocol with high-iodine-concentration contrast in coronary computed tomography angiography[J]. *PLoS One*, 2020, 15(7): e0236108. DOI: 10.1371/journal.pone.0236108.
- [54] Du X, Lu B, Hu D, et al. An open label, prospective, multicenter, non-interventional study of iodixanol 270 mg I/mL for use in individuals undergoing computed tomography angiography in real-world clinical practice[J]. *Acta Radiol*, 2019, 60(2): 177-185. DOI: 10.1177/0284185118774917.
- [55] 胡梅, 何长久, 毛泓垒, 等. 低碘对比剂摄入量在降低胸部增强 CT 扫描患者不良反应发生率中的应用[J]. *肿瘤预防与治疗*, 2019, 32(10): 889-893. DOI: 10.3969/j.issn.1674-0904.2019.10.005.
- [56] 胡满仓, 胡龙宾, 姜军, 等. 低流速低浓度对比剂在肿瘤患者胸部增强 CT 扫描中的临床应用[J]. *临床放射学杂志*, 2019, 38(10): 1966-1970.
- [57] 中华护理学会内科专业委员会. 含碘对比剂静脉外护理管理实践指南[J]. *中华护理杂志*, 2021, 56(7): 1008. DOI: 10.3761/j.issn.0254-1769.2021.07.008.
- [58] Oloko A, Talreja H, Davis A, et al. Does Iodinated contrast affect residual renal function in dialysis patients? A systematic review and meta-analysis[J]. *Nephron*, 2020, 144(4): 176-184. DOI: 10.1159/000505576.
- [59] 申亦可, 尼样卓玛, 胡琳, 等. 二甲双胍药动学影响因素的研究进展[J]. *中国药房*, 2022, 33(12): 1513-1519. DOI: 10.6039/j.issn.1001-0408.2022.12.17.
- [60] Orloff J, Min JY, Mushlin A, et al. Safety and effectiveness of metformin in patients with reduced renal function: A systematic review[J]. *Diabetes Obes Metab*, 2021, 23(9): 2035-2047. DOI: 10.1111/dom.14440.
- [61] Kao TW, Lee KH, Chan WP, et al. Continuous use of metformin in patients receiving contrast medium: what is the evidence? A systematic review and meta-analysis[J]. *Eur Radiol*, 2022, 32(5): 3045-3055. DOI: 10.1007/s00330-021-08395-7.
- [62] 母义明, 纪立农, 宁光, 等. 二甲双胍临床应用专家共识(2018年版)[J]. *药品评价*, 2019, 16(5): 3-15. DOI: 10.3969/j.issn.1006-6187.2019.03.001.
- [63] Kwon C, Kang KM, Choi YH, et al. Renal safety of repeated intravascular administrations of Iodinated or Gadolinium-based contrast media within a short interval [J]. *Korean J Radiol*, 2021, 22(9): 1547-1554. DOI: 10.3348/kjr.2020.1153.

