

Research Progress on Related Mechanisms and Prevention Measures of Iodine Contrast Agent Allergic Reaction*

综述

碘造影剂过敏样反应相关机制及防治措施的研究进展*

宋卉¹ 赵俐红^{1,*} 熊洁¹
廖凯¹ 周鸿怡²1.四川大学华西医院放射科/四川大学
华西护理学院(四川成都610041)

2.四川大学华西天府医院(四川成都610000)

【摘要】碘造影剂是一种广泛应用于医学影像学的重要工具,然而,由于个体差异和特定情况,部分患者在接受碘造影剂后可能会出现过敏样反应。虽然这种反应较为罕见,但其可能带来的严重并发症需要引起医学界的高度重视。为了降低碘造影剂过敏样反应的发生率,医学界进行了广泛的研究和实践,探索了多种防治措施。本文综述了碘造影剂过敏样反应的研究进展,包括过敏样反应的临床表现与分类、发生机制、危险因素、预防措施以及治疗策略,旨在为临床医生提供更为有效的指导,保障患者安全。

【关键词】碘造影剂;过敏样反应;过敏机制;防治措施

【中图分类号】R392.8

【文献标识码】A

【基金项目】四川省重点研发项目(23ZDYF0116)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.07.058

SONG Hui¹, ZHAO Li-hong^{1,*}, XIONG Jie¹, LIAO Kai¹, ZHOU Hong-yi².

1.Radiology Department of West China Hospital of Sichuan University/West China Nursing College of Sichuan University, Chengdu 610041, Sichuan Province, China

2.West China Tianfu Hospital, Sichuan University, Chengdu 610000, Sichuan Province, China

ABSTRACT

Iodine contrast agent is an important tool widely used in medical imaging. However, due to individual differences and specific circumstances, some patients may have allergic reactions after receiving iodine contrast agent. Although this reaction is rare, its possible serious complications need to be highly valued by the medical community. In order to reduce the incidence of iodine contrast agent allergic reaction, the medical profession has carried out extensive research and practice, and explored a variety of prevention and treatment measures. This paper reviews the research progress of iodine contrast agent allergic reactions, including the clinical manifestations and classification, occurrence mechanism, risk factors, preventive measures and treatment strategies of allergic reactions, aiming to provide more effective guidance for clinicians and ensure patient safety.

Keywords: Iodine Contrast Agent; Allergic Reaction; Allergic Mechanism; Prevention Measures

碘造影剂被广泛应用于医学影像学检查,如血管造影、CT扫描、介入治疗等,为临床诊断和治疗提供了有力的工具。然而,由于少数患者出现碘造影剂过敏样反应,这种临床检查也带来了潜在的风险。过敏样反应可表现为轻度的皮肤瘙痒、荨麻疹等症状,严重者可出现呼吸困难、血压下降等,甚至威胁患者的生命安全^[1]。因此,深入了解碘造影剂过敏样反应的发生机制,以及探索有效的防治措施,对于优化患者用药安全和提高临床应用效果具有重要意义。本综述旨在对碘造影剂过敏样反应的相关机制及预防治疗措施进行全面梳理,以期临床医生提供更好的临床决策依据。

1 碘造影剂的概述

1.1 碘造影剂的种类与用途 碘造影剂是含有碘的X线对比剂,根据其化学结构和渗透性质,可分为离子型碘造影剂和非离子型碘造影剂^[2]。离子型碘造影剂渗透性较强,常用于血管造影等需要高对比度的检查。非离子型碘造影剂具有较低的渗透性,适用于CT扫描等肾功能受损的患者。

1.2 碘造影剂过敏样反应的临床表现与分类 碘造影剂过敏样反应是指在使用碘造影剂后出现的过敏样临床症状。其表现形式多样,可涉及多个系统,主要包括皮肤反应、呼吸系统反应、心血管系统反应和消化系统反应等。根据反应程度可将其分为轻度过敏反应、中度过敏反应和重度过敏反应^[3]。轻度反应主要表现为皮肤发红、荨麻疹、局部瘙痒等;中度反应则涉及多个系统,表现为轻度呼吸困难、心动过速、胸痛等;重度反应则表现为显著的呼吸急促、心脏骤停、严重低血压甚至休克等。根据反应发生时间通常可分为即时型过敏反应和迟发型过敏反应两类^[4]。即时型反应发生较快,多在接触后数分钟内出现,表现为皮肤瘙痒、荨麻疹、呼吸急促等症状,甚至可危及患者生命。而迟发型反应则在接触后数小时至数天内出现,可能出现荨麻疹、关节痛、淋巴结肿大等症状,以轻、中度反应为主,多为自限性。根据反应发生机制可分为过敏样反应和类过敏样反应两类^[5]。过敏样反应通常由IgE介导,临床表现包括皮肤瘙痒、荨麻疹、过敏性休克等;而非过敏样反应则不涉及IgE,可能与补体系统或细胞因子的释放有关,表现为呼吸道症状、低血压等。

2 碘造影剂过敏样反应的相关机制

2.1 免疫学机制

2.1.1 IgE介导的过敏反应 过敏反应中的IgE介导机制是最为常见的,它涉及的免疫细胞包括嗜碱性粒细胞和肥大细胞^[6]。在初次接触碘造影剂后,碘造影剂被视为过敏原,引发机体免疫系统产生特异性IgE抗体,当再次暴露于碘造影剂时,IgE与其结合,触发嗜碱性粒细胞和肥大细胞释放多种化学介质,如组胺、白三烯等炎症介质,导致过敏反应发生。

2.1.2 非IgE介导的过敏反应 非IgE介导的过敏反应主要与T细胞、巨噬细胞和补体系统的活化有关^[7-9]。这类反应通常较慢,且可在首次接触碘造影剂时发生。碘造影剂激活补体系统后,释放的C2a可导致血管舒缩障碍,微血管扩张、通透性增高;产生的致敏毒素如C3a、C4a、C5a,可刺激肥大细胞和嗜碱性粒细胞释放更多的炎症介质,增加过敏反应的程度。此外,部分患者T细胞会对碘造影剂发生异常的免疫应答,引发细胞毒性T细胞介导的过敏反应。

【第一作者】宋卉,女,护师,主要研究方向:影像学。E-mail: songhui2028@163.com

【通讯作者】赵俐红,女,副主任医师,主要研究方向: E-mail: zhaolihong184@163.com

2.1.3 细胞因子介导的反应 碘造影剂过敏样反应的发生与细胞因子的产生和炎症反应密切相关^[10-11]。碘造影剂可能通过激活T细胞和巨噬细胞等免疫细胞,诱导产生多种细胞因子,如肿瘤坏死因子- α 、白细胞介素-1 β 、白细胞介素-6等,这些细胞因子不仅可以激活炎症反应,诱导其他免疫细胞参与过敏样反应的发生,还可以增加肥大细胞对IgE的敏感性,从而加剧过敏样反应的程度。

人体免疫系统极其复杂,除上述免疫学机制外,碘造影剂还可能通过激活免疫细胞,如单核细胞和树突状细胞,来诱导免疫反应;也可能影响Th1/Th2免疫平衡,导致过敏性反应的发生。进一步的研究将有助于揭示免疫系统在碘造影剂过敏样反应中的确切作用。

2.2 非免疫学机制

2.2.1 遗传因素与过敏倾向 个体对碘造影剂过敏反应的敏感性可能与遗传因素有关。有研究表明,特定的基因多态性与过敏反应的发生有关,例如HLA类II基因、Toll样受体基因等^[12],这些基因可能涉及免疫调节、炎症信号通路等方面。这表明个体对碘造影剂的反应可能与其基因组特征密切相关,通过研究这些遗传变异,或许可以为临床医师提供更精准的风险评估。

2.2.2 其他可能的机制 除了上述主要机制外,还有其他可能参与碘造影剂过敏样反应的机制,比如氧化应激、神经内分泌系统调节、免疫系统失调等^[13-14]。此外,碘造影剂还可能直接损伤细胞膜,引发细胞破裂和炎症反应^[15]。这些机制与过敏反应的发生可能存在复杂的交叉调控,需要进一步深入研究来全面理解碘造影剂过敏样反应的复杂机理。

3 碘造影剂过敏样反应的危险因素

相关研究发现,碘造影剂过敏样反应的发生率相对较低,大约在0.05%至1%之间^[16],但一旦发生重度过敏反应,如过敏性休克、心血管系统衰竭等,将威胁患者的生命安全^[17]。因此,掌握碘造影剂过敏样反应的危险因素至关重要。患者个体差异导致的过敏风险可能会受到年龄、性别、过敏史、其他药物使用等因素的影响。Cha等^[18]通过一项大型回顾性研究发现,存在碘造影剂过敏史、甲状腺功能亢进、药物过敏史、过敏性疾病史以及碘造影剂过敏家族史是发生碘造影剂过敏样反应的危险因素。美国放射学会指南^[19]指出,存在碘造影剂过敏史的患者再次发生过敏反应的概率将增加5倍。另外,肾病患者、哮喘患者、心血管疾病患者等^[20-21]被认为是碘造影剂过敏样反应的高危人群。因此,在给予患者碘造影剂之前,医务人员需仔细收集患者的临床资料,特别关注过敏史、家族碘造影剂过敏史、基础疾病等。

4 预防与治疗措施

4.1 临床前评估和风险预测 在患者接受碘造影剂之前,进行全面的临床前评估是非常重要的。通过收集患者的过敏史、现病史、既往病史等信息,医生可以预测患者是否有过敏的风险,从而采取相应的预防措施。此外,医护人员在注射碘造影剂前,应与患者充分沟通,告知可能的风险和注意事项,以缓解患者紧张焦虑的心态,对降低过敏反应的发生风险也有一定的辅助作用。

4.2 预防性处理

4.2.1 造影剂的选择 在选择碘造影剂时,医生需综合考虑其理化性质、用途以及患者自身特点,选用尽可能低致敏性的剂型。对于甲状腺功能亢进的患者禁止使用碘对比剂^[22-23],这是因为碘对比剂含碘量非常高,易加重甲亢病情。对于高风险患者,可以考虑调整碘造影剂的剂量或使用低渗透压的非离子型次高渗造影剂,常用的次高渗造影剂包括碘海醇、碘佛醇、碘普罗胺、碘帕醇等。次高渗造影剂相对于高渗造影剂,其渗透压较低,可降低对组织和细胞的刺激,减少过敏反应的发生风险。多项研究^[24-25]指出,非离子型碘造影剂应用于经皮冠状动脉介入治疗和CT增强扫描所致的过敏反应发生率较低。针对既往发生过次高渗造影剂过敏反应的患者,推荐应用等渗造影剂,如碘克沙醇。研究发现^[26-27],低碘浓度等渗对比剂不仅可以获得较好的CT图像,也有效降低了患者的辐射剂量和对比剂用量,提高了高龄高危患者检查的安全性。

4.2.2 合理使用造影剂 合理控制碘造影剂的使用剂量^[28-29]、推注速度^[30]和使用温度^[31],有助于减少过敏反应的发生。在能够满足成像或诊断的前提下,尽可能使用最小剂量碘造影剂。对于低风险患者,单次碘造影剂使用最大剂量不应超过400mL,最大剂量与肌酐清除率比值应小于3.7。除紧急情况外,24h内避免二次使用造影剂。根据患者病情,在确保造影质量的前提下,选择合适的碘造影剂推注速度,避免短时间内大量、快速和连续推注。使用碘造影剂前,将造影剂加热至37°C,可降低造影剂的粘滞度,减少注射阻力,使造影剂能被更好的耐受,从而降低碘造影剂过敏样反应的发生率。一项回顾性研究^[32]显示,碘造影剂加热至37°C注射后过敏反应的发生率低于常温下注射。但是关于碘造影剂加热时长、是否能反复加热等问题尚缺乏系统讨论。在造影剂推注之后,不要急于拔除静脉通路,要确保患者的液体通畅,尤其是给予足够的水分,有助于稀释碘造影剂,减少其对组织的刺激,同时也有利于随时对症给药。另外,碘过敏试验对非离子型碘造影剂引起的过敏样反应预测准确性极低^[33],因此不建议进行碘过敏试验,除非产品说明书特别要求。

4.2.3 预防性药物的应用 在进行碘造影剂检查前,可以根据患者的过敏史给予预防性药物,如口服抗组胺药、皮质类固醇等以预防碘造影剂过敏反应的发生。钱海燕等^[34]研究发现,碘造影剂过敏患者在造影前1h内接受静脉滴注甲泼尼龙联合肌内注射苯海拉明防过敏处理后,再次使用碘造影剂时过敏反应发生率明显降低。

4.3 治疗措施

4.3.1 紧急处理措施 对于发生碘造影剂过敏样反应的患者,医务人员应立即采取紧急处理措施。首先,应立即停止注射造影剂,并保持患者呼吸道通畅。其次,根据患者症状的严重程度,可使用抗组胺药物、糖皮质激素和 β -肾上腺素能受体激动剂等药物来缓解过敏反应。对于严重的过敏性休克情况,可能需要采取紧急的呼吸支持和循环支持措施,如气管插管和给予血管活性药物。

4.3.2 新兴治疗策略 随着医学科技的不断发展,一些新兴治疗策略在碘造影剂过敏样反应的防治中逐渐显现潜力。近年来,人工智能技术在医学领域取得了显著进展。对于碘造影剂过敏样反应,一些研究^[35-36]尝试利用机器学习算法构建预测模型,通过患者的临床数据和生物标志物来预测患者是否会出现过敏反应,以便及早采取预防措施。血管内涂层技术^[37]是一种将碘造影剂涂覆在血管内壁上的方法,以实现缓慢、持续释放,这种技术可以减少碘造影剂在血液中的浓度峰值,从而降低过敏反应的发生。通过基因检测、遗传学研究等^[38]手段,试图找出与碘造影剂过敏样反应相关的遗传变异,从而实现个体化治疗的目标。此外,免疫调节剂^[39]、生物制剂^[40]等也被认为是未来防治碘造影剂过敏样反应的可能方向。

5 小结

碘造影剂过敏样反应是医学影像学中不可忽视的一大安全隐患。在近年来的研究中,逐渐加深了对碘造影剂过敏样反应相关机制的认识,并在预防和治疗措施上取得了一定的进展。通过对患者进行临床前评估、选择合适的碘造影剂、预防和处过敏反应等,可以降低碘造影剂过敏样反应发生的风险。未来可以进一步深入探究碘造影剂过敏样反应的发生机制,发现更多可能的治疗靶点,并探索个体化预防与治疗策略。此外,对碘造影剂过敏样反应生物学标志物的筛查与验证,也是未来研究的热点方向。

参考文献

- [1] Angele S, Nathalie M, Amandine VD, et al. Allergological workup with half-dose challenge in iodinated contrast media hypersensitivity[J]. *Allergy*, 2019, 74(2): 414-417.
- [2] Park AJ, Lee JY, Kang HR. Repeat contrast medium administration for patients with mild immediate hypersensitivity reaction to iodinated contrast media response[J]. *Radiology*, 2019, 290(1): 270-271.
- [3] 徐元杰, 张晶, 王茹, 等. 碘对比剂不良反应报告分析[J]. *中国医学影像学杂志*, 2020, 28(3): 232-235.
- [4] 王艳杰, 龙冬珍, 刘殿龙, 等. 碘对比剂过敏反应预防及护理的研究进展[J]. *护士进修杂志*, 2021, 36(10): 903-905.
- [5] 刘用, 张立晶. 碘对比剂致变态反应的研究进展[J]. *中西医结合心脑血管病杂志*, 2020, 18(21): 3601-3603.

(参考文献下转第187页)

2 讨论

胰腺神经内分泌肿瘤(pancreatic neuroendocrine tumors, pNENs)多数为实性或囊实性,完全囊性pNENs临床少见^[1]。多数囊性pNENs是无功能性肿瘤^[2],而无功能性胰腺神经内分泌肿瘤缺乏典型的临床症状^[3],术前诊断通常具有一定的难度。本例位于胰腺体部,可见类圆形T₁WI稍低信号、T₂WI高信号影,边界清晰,内可见分隔影,DWI呈等信号,边界清,增强扫描示病变壁及分隔呈明显强化,囊壁及分隔未见明显壁结节征象,这与多数胰腺神经内分泌肿瘤的影像征象是有不相符之处的。典型功能性pNENs体积多较小,CT上呈等密度,增强扫描动脉期明显强化,强化程度高于胰腺实质,静脉期强化程度明显减低。无功能性pNENs通常体积较大,易囊变、出血,增强扫描动脉期呈显著不均匀或环形强化,部分病灶可在门脉期持续增强^[4]。若肿瘤为囊实性变,肿瘤实性成分在DWI上呈高信号,ADC图呈低信号,提示存在弥散受限^[5]。这与本例完全囊性神经内分泌肿瘤也是不相符的。因此,胰腺囊性神经内分泌肿瘤影像学表现多不典型。本例病理诊断为胰腺神经内分泌肿瘤,术前误诊为胰腺囊腺瘤。

囊变机制:pNENs囊性改变的机制尚未明确。Aatur D. Singhi的研究表明可能与细针穿刺(fine-needle aspiration)有关^[6]。并在文章中提到了几种理论:有研究者认为是生长缓慢的神经内分泌肿瘤形成纤维囊,最终限制肿瘤的血液供应,导致内部囊变坏死;也有研究者认为与肿瘤的大小有关或者是瘤内出血的刺激,但最终囊性变的机制仍有争议。

鉴别诊断:完全囊性pNENs需要与囊腺瘤、胰腺实性假乳头状瘤、假性囊肿进行鉴别。(1)浆液性囊腺瘤:多见于老年女性,以微囊型最常见,表现为多房小囊,呈蜂窝状,囊间可见纤维间隔,增强后囊壁及分隔可见强化,囊液无强化。少数病灶可见中央瘢痕伴钙化,并且中央瘢痕可在延迟期出现明显强化^[7]。本例影像表现与其有相似之处,术前误诊为囊腺瘤。本例不符合囊腺瘤的影像学表现:壁较厚,而胰腺囊腺瘤的壁很薄,可为以后的鉴别诊断提供参考。(2)黏液性囊腺瘤:多见于40-60岁的女性,胰体尾部多见,由单囊或少数大囊构成,体积多较大,囊内容物为黏液与出血性坏死物质,多有纤维间隔和实性结节,多囊时因出血及蛋白含量不同,各囊腔的信号表现可能不同。增强扫描囊壁、纤维间隔和实

性部分明显强化^[8]。本例为男性患者,病变位于胰尾,体积较小,且无明显的壁结节征象,故可鉴别。(3)胰腺实性假乳头状瘤:好发于年轻女性,以囊实混杂成分为主^[10],体积可大可小,其内多见分隔,病灶内有出血时可见T₁WI高信号。部分病灶可见包膜,T₁WI、T₂WI均呈低信号,延迟期强化。增强扫描后,瘤壁、实性部分及分隔强化,常常表现为渐进性强化,但强化幅度始终低于周围正常的胰腺实质^[11]。根据病变成分,强化方式可鉴别。(4)假性囊肿:多继发于胰腺炎,一般内部密度多均匀,边缘光滑,无实性成分。患者多有胰腺炎病史,结合病史易与pNENs鉴别^[12]。

综上所述,胰腺囊性神经内分泌肿瘤缺乏典型的临床症状。影像学表现与多数胰腺神经内分泌肿瘤差别较大,本病例增强扫描具有囊性部分不强化等特点,仅靠影像学诊断难以与囊腺瘤等鉴别,最终确诊仍需要结合病理学及免疫组化检查。

参考文献

- [1] 张丽君. 胰腺神经内分泌肿瘤的CT表现及其良、恶性及类型鉴别[J]. 中国CT和MRI杂志, 2017, 15(6): 80-82.
- [2] Das P, Madhusudhan K S, Gupta B, et al. The rare case of a cystic pancreatic neuroendocrine tumor[J]. Autops Case Rep, 2020, 10(3): 1-6.
- [3] 袁柏思, 魏娟, 王少东, 等. 胰腺神经内分泌肿瘤: 临床病例回顾性分析[J]. 胃肠病学和肝病学杂志, 2014, 23(4): 456-459.
- [4] 李颖, 蒋力明. 胰腺神经内分泌肿瘤的认识及影像诊断研究现状[J]. 中国卫生标准管理, 2018, 9(10): 132-135.
- [5] 王明亮, 纪元, 姚秀忠, 等. 胰腺神经内分泌肿瘤的CT和MRI特征[J]. 肿瘤影像学, 2021, 30(4): 245-251.
- [6] Singhi A D, Chu L C, Tatsas A D, et al. Cystic pancreatic neuroendocrine tumors: a clinicopathologic study[J]. American Journal of Surgical Pathology, 2012, 36(11): 1666-1673.
- [7] 于文越, 秦晔. CT、MRI对胰腺囊性病变的鉴别诊断价值分析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2022, 20(3): 86-88.
- [8] 邓霖, 周良平. 胰腺常见囊性肿瘤的临床特点、影像学表现和鉴别[J]. 肿瘤影像学, 2014, 23(6): 275-281.
- [9] 刘文慧, 曾培, 徐云霞, 等. 胰腺囊性病变的MRI诊断[J]. 安徽医学, 2017, 38(3): 316-319.
- [10] 任月玲, 张锦垣. 胰腺实性假乳头状瘤的CT表现并文献复习(附5例报告)[J]. 罕少疾病杂志, 2016, 23(1): 37-39, 49.
- [11] 梅继新, 刘玲莉, 孟亚辉. 胰腺实性假乳头状瘤的CT及MRI表现[J]. 医学影像学杂志, 2014, 24(1): 93-97.
- [12] 董志永, 刘希胜. 33例胰腺神经内分泌肿瘤的影像诊断体会[J]. 医学伦理与实践, 2017, 30(10): 1505-1507.

(收稿日期: 2023-02-16)

(校对编辑: 孙晓晴)

(上接第185页)

- [6] Clement O. Allergic hypersensitivity to iodine or gadolinium-based contrast media: analysis of cross-reactivity reactions occurrence in the CIRTACI Study[J]. Investigative radiology, 2019, 54(12): 793.
- [7] Nie P, Guo JY, Zhi T, et al. Feasibility of low volume of high-concentration iodinated contrast medium with 70 kVp tube voltage on high-pitch dual-source computed tomography angiography in children with congenital heart disease[J]. Journal of Computer Assisted Tomography, 2021, 45(1): 52-58.
- [8] Gracia BMT, Moreno E, Laffond E, et al. Tolerability of iobitridol in patients with non-immediate hypersensitivity reactions to iodinated contrast media[J]. Allergy, 2019, 74(1): 195-197.
- [9] Talmon A, Moss J, Shaham D, et al. Characterization of patients with allergic reactions to iodinated contrast media during CT scan[J]. Journal of Allergy and Clinical Immunology, 2020, 145(2): AB93.
- [10] Myda B, Ffc B, Yong WA, et al. Particulate matters induce acute exacerbation of allergic airway inflammation via the TLR2/NF-κB/NLRP3 signaling pathway-ScienceDirect[J]. Toxicology Letters, 2020, 321: 146-154.
- [11] Watson CJF, Maguire ARR, Rouillard MM, et al. TAK1 ng aim at mechanisms of allergic inflammation: contribution of TAK1 activity in allergen-ediated mast cell activation[J]. The FASEB Journal, 2020, 34(S1): 1-1.
- [12] 于锐, 张新茹, 王丹丹, 等. 肾损伤分子-1参与碘对比剂致人肾小管上皮细胞体系HK-2凋亡[J]. 基础医学与临床, 2020, 40(9): 1206-1211.
- [13] 甘森, 刘畅, 赵丽, 等. CT对比剂急性不良反应的相关因素分析[J]. 中国医科大学学报, 2020, 49(5): 458-462.
- [14] 李艳艳, 程一帆, 杨雅琳, 等. 碘对比剂静脉注射致皮肤不良反应的危险因素分析[J]. 中国药房, 2020, 31(18): 2252-2258.
- [15] 张爱玲, 罗旭飞, 孟海阳, 等. 服用二甲双胍的2型糖尿病患者进行碘造影剂检查的指南推荐意见质量评价[J]. 医药导报, 2022, 41(12): 1804-1809.
- [16] 王怡宁, 金征宇. 碘对比剂在冠状动脉CT血管成像中的应用及常见问题解析[J]. 中华放射学杂志, 2019, 53(12): 1115-1120.
- [17] 霍然, 先容, 何其丹. CT增强扫描过程中碘造影剂引起不良反应的护理分析[J]. 国际护理学杂志, 2020, 39(15): 2790-2792.
- [18] 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.
- [19] 晁晓明, 王玲, 蒋雯, 等. 美国放射学院、儿科放射学会和骨龄放射学会关于定量CT扫描应用指南(2018版)解读[J]. 中华放射学杂志, 2021, 55(4): 343-346.
- [20] Einstein AJ, Newhouse JH. Differences in nephrotoxicity between modes of iodinated contrast Material administration in patients suspected of having coronary artery disease[J]. Radiology, 2019, 292(3): 673-675.
- [21] 王莉, 潘文龙. 预防性护理对CT增强扫描减轻碘造影剂不良反应的护理效果[J]. 现代消化及介入诊疗, 2019(A02): 1483-1484.
- [22] 朱亚明, 赵丽, 兰芳, 等. 非离子碘对比剂对高风险人群甲状腺功能影响研究进展[J]. 介入放射学杂志, 2020, 29(4): 414-418.
- [23] 徐佩, 关海霞. 胺碘酮和含碘造影剂致甲状腺功能障碍的机制和临床管理[J]. 医学综述, 2021, 27(14): 2808-2813.
- [24] 魏娟娟, 林阳, 石秀锦. 三种非离子型碘对比剂用于冠状动脉介入治疗致过敏反应发生情况的比较分析[J]. 药物不良反应杂志, 2021, 23(2): 63-68.
- [25] 魏慧, 吴燕平. 造影剂碘普罗胺在妇科盆腔CT检查中的效果及其安全性[J]. 中国辐射卫生, 2022, 31(2): 214-218.
- [26] 任心爽, 侯志辉, 高扬, 等. 低碘浓度等渗对比剂联合低电压扫描在经导管主动脉瓣置换术前CT检查中的应用[J]. 中华放射学杂志, 2019, 53(4): 268-273.
- [27] 李随雨, 彭超, 刘羽, 等. 等渗对比剂在冠状动脉CTA检查中的应用研究[J]. 重庆医学, 2023, 52(2): 221-224.
- [28] 张鑫, 陈小余, 杨娜, 等. 低剂量对比剂在多发排CT头颈部血管造影中的可行性分析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19(8): 38-41.
- [29] 余甲乐, 刘峰, 邢杰, 等. 低管电压联合低剂量对比剂在头颈部CT血管成像中的应用[J]. 中国医学影像学杂志, 2022, 30(4): 327-332.
- [30] Shirasaka T, Nagao M, Yamasaki Y, et al. Low radiation dose and high image quality of 320-Row coronary computed tomography angiography using a small dose of contrast medium and refined scan timing prediction[J]. Journal of Computer Assisted Tomography, 2020, 44(1): 7-12.
- [31] Chen PA, Huang EP, Chen KT, et al. Comparison of four contrast medium delivery protocols in low-iodine and low-radiation dose CT angiography of the aorta[J]. Clinical Radiology, 2020, 75(10): e9-e19.
- [32] Hu CY, Hou YZ, Lin YL, et al. Investigation of iohexol degradation kinetics by using heat-activated persulfate[J]. Chemical Engineering Journal, 2019, 379: 1-11.
- [33] Forkel S, Beutner C, Amschler K, et al. Improving povidone-iodine and iodine preparations for patch testing[J]. Contact dermatitis, 2021, 84(5): 332-337.
- [34] 钱海燕, 黄颀, 马文健, 等. 碘造影剂过敏患者冠状动脉介入术前应用甲泼尼龙和苯海拉明预防过敏的对比研究[J]. 中国医药, 2020, 15(2): 161-164.
- [35] Torres MJ, Trautmann A, Bohm I, et al. Practice parameters for diagnosing and managing iodinated contrast media hypersensitivity[J]. Allergy, 2021, 76(5): 1325-1339.
- [36] Mark IT, Maddox DE, McDonald RJ, et al. Immunologic biomarker changes in patients exposed to intravenous iodinated contrast material[J]. Annals of allergy, asthma, and immunology, 2021, 127(1): 135-136.
- [37] Faucon AL, Bobrie G, Clement O. Nephrotoxicity of iodinated contrast media: From pathophysiology to prevention strategies[J]. European Journal of Radiology, 2019, 116: 231-241.
- [38] Mak ACY, Sajuthi S, Joo J, et al. Novel KITLG/SCF regulatory variants are associated with lung function in african american children with asthma[J]. Genetics, 2020, 215(3): 223-231.
- [39] Moya B, Mukherjee M, Nair P, Notch4, uncovering an immunomodulator in allergic asthma[J]. Allergy, 2021, 76(12): 3852-3854.
- [40] Shade KTC, Conroy ME, Washburn N, et al. Sialylation of immunoglobulin E is a determinant of allergic pathogenicity[J]. Nature, 2020, 582(7811): 265-270.

(收稿日期: 2023-08-29)

(校对编辑: 孙晓晴)