

# Produits de contraste iodés et gadolinés chez les patients atteints de maladie rénale chronique : revue des recommandations internationales (SFNDT/SFR, ESUR, ACR/NKF, CAR)

## *Iodinated and gadolinium-based contrast agents in patients with chronic kidney disease: A review of international guidelines (SFNDT/SFR, ESUR, ACR/NKF, CAR)*

Catherine Verhellen<sup>1\*</sup>,  
Maxime Beringuier<sup>1\*</sup>,  
Laura Labriola<sup>1\*\*</sup>,  
Guillaume Fernandes<sup>1\*\*</sup>

<sup>1</sup> Cliniques universitaires Saint-Luc, service de néphrologie, Bruxelles, Belgique

\* Co-premiers auteurs

\*\* Co-derniers auteurs

Correspondance : G. Fernandes  
guillaume.fernandes@saintluc.uclouvain.be

### ▼ Résumé

**Introduction.** Les risques rénaux liés aux produits de contraste iodés (PCI) et l'association des agents de contraste à base de gadolinium (ACBG) avec la fibrose systémique néphrogénique (FSN) ont été récemment réévalués.

**Méthodes.** Les recommandations internationales (Société francophone de néphrologie, dialyse et transplantation/Société française de radiologie [SFNDT/SFR], *European Society of Urogenital Radiology* [ESUR], *American College of Radiology/National Kidney Foundation* [ACR/NKF], *Canadian Association of Radiologists* [CAR] 2018-2025) ont été analysées, particulièrement la stratification du risque, les mesures préventives et l'utilisation des PCI et ACBG chez les patients atteints de maladie rénale chronique (MRC).

**Résultats.** Le risque d'insuffisance rénale aiguë (IRA) post-PCI est faible pour un débit de filtration glomérulaire estimé (DFGe)  $\geq 30$  mL/min/1,73 m<sup>2</sup>. L'hydratation est recommandée uniquement pour un DFGe  $< 30$  mL/min/1,73 m<sup>2</sup> ou injection intra-artérielle de premier passage. Les ACBG du groupe II sont jugés sûrs même en MRC avancée ou sous dialyse, avec un seul cas isolé de FSN non confirmé.

**Discussion.** Les divergences entre recommandations reflètent la chronologie et le faible niveau de preuve. La prévention doit cibler les situations les plus à risque.

**Conclusion.** L'indication clinique prime, l'imagerie ne doit pas être retardée, et les recommandations récentes favorisent une approche rationnelle du risque lié aux produits de contraste.

• Mots clés : PCI, gadolinium, PC-AKI, FSN, insuffisance rénale

Pour citer cet article : Verhellen C, Beringuier M, Labriola L, Fernandes G. Produits de contraste iodés et gadolinés chez les patients atteints de maladie rénale chronique : revue des recommandations internationales (SFNDT/SFR, ESUR, ACR/NKF, CAR). *Nephrol Ther* 2026 ; 22(1) : 46-56. doi : 10.1684/ndt.2026.169

## ▼ Abstract

**Introduction.** *The renal risks of iodinated contrast media (ICM) and the association of gadolinium-based contrast agents (GBCAs) with nephrogenic systemic fibrosis (NSF) have been recently reassessed.*

**Methods.** *International guidelines (Société francophone de néphrologie, dialyse et transplantation/Société française de radiologie [SFNDT/SFR], European Society of Urogenital Radiology [ESUR], American College of Radiology/National Kidney Foundation [ACR/NKF], Canadian Association of Radiologists [CAR] 2018–2025) were reviewed, focusing on risk stratification, preventive measures, and the use of ICM and GBCAs in patients with chronic kidney disease (CKD).*

**Results.** *Post-contrast acute kidney injury risk is low for eGFR  $\geq$  30 mL/min/1.73 m<sup>2</sup>. Hydration is recommended only for eGFR < 30 mL/min/1.73 m<sup>2</sup> or first-pass intra-arterial injections. Group II GBCAs are considered safe even in advanced CKD or dialysis, with a single unconfirmed NSF case reported.*

**Discussion.** *Differences between guidelines reflect their timing and limited evidence. Preventive measures should focus on the highest-risk situations.*

**Conclusion.** *Clinical indication should guide imaging, which should not be delayed, and recent guidelines support a rational, risk-based approach to contrast media use.*

• *Key words: ICM, gadolinium, PC-AKI, NSF, kidney failure*

Depuis leur introduction à grande échelle dans les années 1950, les produits de contraste iodés (PCI) ont révolutionné l'imagerie médicale en améliorant significativement la visualisation anatomique, en augmentant la précision diagnostique et en permettant le développement de techniques interventionnelles modernes. Trente ans plus tard en 1980, les agents de contraste à base de gadolinium (ACBG) ont été introduits et jouent depuis un rôle central dans l'expansion de l'imagerie par résonance magnétique (IRM). Ces avancées ont considérablement contribué à l'amélioration des soins apportés aux patients et l'administration de PCI ou ACBG est aujourd'hui indispensable à de nombreuses explorations radiologiques. Toutefois, leur utilisation chez les patients atteints de maladie rénale chronique (MRC) soulève depuis longtemps des préoccupations concernant un éventuel risque néphrotoxique. L'insuffisance rénale aiguë (IRA) post-contraste, ou *Post-Contrast Acute Kidney Injury* (PC-AKI), a ainsi été historiquement considérée comme une complication fréquente après l'administration de PCI. Cette crainte a longtemps conduit à restreindre l'indication de certains examens chez les patients à fonction rénale altérée, parfois de façon excessive.

Au cours de la dernière décennie, les données épidémiologiques et cliniques ont profondément remis en question le lien de causalité entre administration de PCI et la survenue d'une insuffisance rénale aiguë. Parallèlement, les profils de sécurité des ACBG ont également évolué, en particulier avec l'introduction de formulations

macrocycliques plus stables et moins associées aux complications rares mais graves, comme la fibrose systémique néphrogénique (FNS).

Dans ce contexte, les principales organisations savantes internationales ont actualisé leurs recommandations, avec des dates de publication échelonnées : l'*European Society of Urogenital Radiology* (ESUR) a publié ses dernières recommandations en 2018 (ACBG [mises à jour en 2018] et PCI) ; la Société francophone de néphrologie, dialyse et transplantation/Société française de radiologie (SFNDT/SFR) en 2020 ; l'*American College of Radiology/National Kidney Foundation* (ACR/NKF) en 2020 (PCI) et 2021 (ACBG) ; et plus récemment, la *Canadian Association of Radiology* (CAR) en 2019 (ACBG) et 2022 (PCI).

Ces recommandations tendent à converger, en s'appuyant sur une meilleure compréhension des facteurs de risque réels, des caractéristiques pharmacocinétiques des produits de contraste, et de l'épidémiologie actualisée du PC-AKI. Elles proposent une approche plus ciblée, limitant les mesures prophylactiques aux patients réellement à risque, et remettent en question certaines pratiques anciennes comme l'arrêt systématique des traitements néphroprotecteurs ou l'exclusion automatique de certains examens [1].

L'objectif de cette revue est de synthétiser les principales recommandations des quatre sociétés savantes,

en mettant en évidence leurs points communs, leurs différences et les zones d'incertitude, afin de guider la pratique clinique du néphrologue face à la prescription ou à la réalisation d'examen radiologiques avec PCI ou ACBG chez le patient insuffisant rénal.

## Méthodologie

### Recherche et sélection des recommandations

Une revue narrative non systématique des recommandations relatives à l'utilisation des PCI iodés et ACBG chez les patients à risque d'insuffisance rénale a été réalisée. Les sources consultées comprenaient les publications officielles des principales sociétés savantes impliquées dans ce domaine en Europe et en Amérique du Nord, à savoir : les recommandations françaises conjointes de la SFR et de la SFNDT validées par le Comité interdisciplinaire de recherche et de travail sur les agents de contraste en imagerie (CIRTACI) [2], l'ESUR [3, 4], l'ACR en partenariat avec la NKF [5, 6], et la CAR [7, 8].

La recherche documentaire a porté sur les versions publiées entre janvier 2018 et janvier 2025, afin d'inclure les recommandations les plus récentes et pertinentes. Les documents retenus étaient des *guidelines* formelles, des déclarations de consensus ou des rapports de bonnes pratiques cliniques. Les publications antérieures à cette période ont été incluses uniquement pour contextualiser les évolutions majeures. Les articles d'opinion, commentaires, ainsi que les documents non validés par un comité d'experts ont été exclus.

### Analyse comparative

Les recommandations sélectionnées ont été analysées de manière qualitative selon une grille d'évaluation comprenant les axes suivants :

- critères de stratification du risque rénal et définition des populations cibles ;
- définitions opérationnelles de la néphropathie aiguë post-contraste (PC-AKI) ;
- stratégies de prévention (protocoles d'hydratation, choix des agents de contraste, gestion des médicaments néphrotoxiques) ;
- indications et contre-indications à l'utilisation des produits de contraste iodés et à base de gadolinium ;
- modalités de surveillance clinique et biologique post-exposition ;
- recommandations spécifiques pour les populations à risque particulier (diabétiques, dialysés, insuffisants cardiaques).

Une synthèse critique a été réalisée pour identifier les points de convergence et de divergence entre les différentes sociétés savantes, en tenant compte des différences méthodologiques et des contextes nationaux. Notamment, contrairement aux autres sociétés, l'ESUR a évalué le niveau de preuve selon la classification du Centre d'Oxford pour la médecine fondée sur les preuves (OCEBM) 2011 [9] : Grade A : preuves scientifiques solides ; Grade B : présomption scientifique reposant sur des études de qualité intermédiaire ou à cohérence modérée ; Grade C : faible niveau de preuve, basé sur des études observationnelles ou des séries de cas ; Grade D : très faible niveau de preuve, fondé uniquement sur l'avis d'experts, un consensus informel ou des extrapolations à partir de données indirectes. En revanche, les documents de l'ACR/NKF et de la CAR sur l'utilisation des produits de contraste ne comportent pas de système de *grading* formel des niveaux de preuve comparable à celui de l'ESUR. Les limites des recommandations ont été discutées à la lumière des données scientifiques récentes afin de proposer des pistes pour une amélioration future des pratiques.

## Produits de contraste iodés

### Résultats : analyse comparative des recommandations

#### • Définition

Les quatre sociétés savantes (SFNDT/SFR, ESUR, ACR/NKF, CAR) s'accordent sur l'importance de la terminologie pour qualifier l'insuffisance rénale post-exposition aux PCI. Toutes soulignent une distinction conceptuelle entre une IRA survenant en contexte d'administration de produit de contraste (*Post-Contrast Acute Kidney Injury* [PC-AKI]) et une néphropathie directement induite par ce produit (*Contrast-Induced Acute Kidney Injury* [CI-AKI]). Le terme CI-AKI sous-entend un lien de causalité clair entre PCI et insuffisance rénale aiguë et ne doit donc être utilisé que si un lien causal entre l'injection du produit de contraste et la détérioration de la fonction rénale est clairement établi [10]. Depuis 2008 et la publication de grandes études [11], la probabilité de CI-AKI apparaît comme extrêmement faible, voire inexistante. La PC-AKI désigne une augmentation de la créatinine sérique (sCr)  $\geq 0,3$  mg/dl, ou  $\geq 1,5$  à 1,9 fois la valeur de base (correspondant à la définition KDIGO [*Kidney Disease Improving Global Outcomes*] de l'insuffisance rénale aiguë) dans les 48-72 h suivant l'injection de produit de contraste sans présupposer une relation causale exclusive. Cette définition vise à inclure l'ensemble des épisodes d'IRA post-contraste, indépendamment des mécanismes sous-jacents, afin de favoriser une approche diagnostique prudente et

exhaustive. L'atteinte rénale est généralement légère, culminant à 48-72 h, avec un retour aux valeurs de base en 1 à 3 semaines. Comme d'autres causes d'insuffisance rénale aiguë, la PC-AKI est un marqueur de séjour hospitalier prolongé et d'une augmentation de la morbidité et mortalité à court et long terme.

### ● Mesure du DFGe

Dans les quatre recommandations, le débit de filtration glomérulaire estimé (DFGe), calculé à partir de la créatinine sérique selon la formule CKD-EPI (*Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration*) [12] demeure le paramètre de référence.

### ● Stratification du risque rénal et seuils de DFGe

Toutes les sociétés s'accordent sur le fait que l'incidence du problème a été surestimée par le passé. Cette révision repose sur de nombreuses études publiées depuis 2006, montrant que l'incidence réelle de PC-AKI est bien plus faible qu'initialement supposée, surtout lorsque les facteurs de confusion sont pris en compte.

Les recommandations de l'ESUR indiquent que le risque de PC-AKI chez les patients avec un  $DFGe \geq 30$  mL/min/1,73 m<sup>2</sup> après administration intraveineuse ou intra-artérielle de produit de contraste avec exposition rénale en deuxième passage est très faible. Ce consensus est partagé par la CAR, qui estime que cette population ne présente qu'un risque marginal de déclin rénal significatif après injection de produit de contraste. L'ACR/NKF précise que chez les patients avec un DFGe entre 30 et 44 mL/min/1,73 m<sup>2</sup>, le risque pourrait être plus élevé en présence de facteurs aggravants, tels que le diabète, un état de choc, une insuffisance cardiaque décompensée, une déshydratation, ou encore une hospitalisation en soins intensifs. Dans ces situations, le risque n'est pas uniformément faible, et une évaluation clinique individualisée est recommandée.

L'administration intra-artérielle avec exposition rénale de premier passage fait l'objet de données plus hétérogènes. L'ESUR qualifie la qualité de ces données de niveau B, et bien que le risque semble plus élevé que pour les voies intraveineuse (IV) ou intra-artérielle (IA) à second passage, son ampleur exacte reste incertaine.

Chez les patients avec un  $DFGe < 30$  mL/min/1,73 m<sup>2</sup>, l'ensemble des sociétés savantes souligne un risque accru, tant pour l'administration IV que IA, sans pour autant disposer de preuves définitives sur la fréquence réelle d'un déclin rénal causalement attribuable au PCI. Ces recommandations insistent sur la prudence dans

l'interprétation du lien causal, les études dans cette population étant souvent entachées de biais méthodologiques et de facteurs confondants. Ainsi, les patients atteints d'une MRC stade 4 ou 5 ont une contre-indication relative, non absolue, aux PCI et la décision de leur administration doit être soigneusement pesée au regard de l'indication clinique, sans être différée si elle est essentielle au diagnostic d'une maladie sévère [10].

Ainsi, la stratification du risque peut être schématiquement résumée comme suit :

- $DFGe \geq 30$  mL/min/1,73 m<sup>2</sup> : risque très faible, quel que soit le mode d'administration, sauf IA en premier passage ;
- $DFGe < 30$  mL/min/1,73 m<sup>2</sup> : risque incertain mais potentiellement augmenté, nécessitant une évaluation au cas par cas ;
- voie IA de premier passage : associée à un risque plus difficile à évaluer, mais vraisemblablement plus élevé, notamment chez les patients à fonction rénale altérée.

### ● Évaluation pré-examen : critères et outils

L'évaluation du risque rénal avant l'administration de produits de contraste iodés constitue une étape essentielle dans la prévention du PC-AKI. Les recommandations émises respectivement par la SFNDT/SFR, l'ESUR, l'ACR/NKF et la CAR convergent sur la nécessité d'une stratification du risque préalable, tout en différant sur certains critères de sélection et modalités pratiques.

#### Identification des patients à risque

Les quatre sociétés recommandent une évaluation ciblée, orientée par les facteurs de risque cliniques et biologiques de dysfonction rénale (*tableau 1*). L'ESUR propose une approche relativement large, incluant notamment l'âge > 60 ans, le diabète, la MRC connue, les antécédents cardiovasculaires et l'exposition récente à des agents néphrotoxiques. L'ACR/NKF adopte une stratégie plus restreinte, centrée sur les patients ayant une MRC avérée (en particulier avec un  $DFGe < 45$  mL/min/1,73 m<sup>2</sup>), une transplantation rénale ou une combinaison de diabète et d'âge avancé. La CAR suit une logique comparable à celle de l'ACR, avec un accent mis sur la pertinence clinique et la limitation des dosages inutiles.

#### Temporalité et validité des dosages

La SFNDT/SFR, l'ACR/NKF et la CAR recommandent d'utiliser une valeur de créatinine sérique obtenue dans les 7 jours précédents chez les patients cliniquement instables, ou dans les 3 mois si l'état clinique est stable. L'ESUR ne précise pas explicitement de délai mais insiste sur l'actualisation de la fonction rénale avant l'exposition au PCI.

**TABLEAU 1** • Comparaison des facteurs de risque de néphropathie aiguë post-contraste (PC-AKI).

Facteur de risque	ESUR (2018)	SFNDT/SFR (2020)	ACR/NKF (2020)	CAR (2022)
DFGe < 30 mL/min/1,73 m <sup>2</sup>	Oui	Oui	Oui	Oui
DFGe 30-44 mL/min/1,73 m <sup>2</sup>	Non	Prudence si injection intra-artérielle 1 <sup>er</sup> passage	Selon contexte	Oui
Injection intra-artérielle PCI 1 <sup>re</sup> circulation	Oui	Oui	Oui	Oui
Déshydratation	Oui	Oui	Oui	Oui
Utilisation de plusieurs PCI en court délai	Oui	Oui	Oui	Oui
Médicaments néphrotoxiques	À évaluer	À évaluer (adapter selon risque)	Oui (suspendre si possible)	Oui (pas d'arrêt systématique)
Diabète sucré	Non (sauf DFGe < 30)	Non (facteur associé à IR mais pas indépendant)	Non (sauf DFGe < 45)	Non
Âge avancé, sepsis, hypotension, chirurgie majeure, etc.	Évoqués comme cofacteurs	Non (facteur associé à IR mais pas indépendant)	Pris en compte globalement	Oui si contexte défavorable

DFGe : débit de filtration glomérulaire estimé ; IR : insuffisance rénale ; PCI : produits de contraste iodés.  
 Source : ESUR 2018, SFNDT/SFR 2020, ACR/NKF 2020, CAR 2022.

## Autres outils ou biomarqueurs

Aucune des recommandations n'intègre de manière systématique l'utilisation de marqueurs alternatifs tels que la cystatine C pour l'évaluation initiale. Toutefois, l'ACR/NKF reconnaît que leur emploi pourrait être envisagé dans des situations cliniques ambiguës ou en cas de discordance entre l'évaluation clinique et le DFGe. L'albuminurie, bien qu'indicatrice de MRC, n'est pas considérée comme un critère suffisant pour modifier la prise en charge en l'absence de réduction du DFGe.

### ● Prévention de la néphropathie post-contraste

#### Protocoles d'hydratation : indication

L'ESUR et la SFNDT/SFR recommandent une prophylaxie par hydratation préventive (niveau de preuve : C) chez les patients avec un DFGe < 30 mL/min/1,73 m<sup>2</sup> avant injection IV ou IA de produit de contraste avec exposition rénale en deuxième passage (niveau de preuve : C), ainsi que ceux avec un DFGe < 45 mL/min/1,73 m<sup>2</sup> avant injection IA en premier passage ou hospitalisés en unité de soins intensifs (USI).

De manière similaire, l'ACR/NKF stipule qu'une prophylaxie devrait être utilisée chez les patients ayant une AKI ou un DFGe < 30 mL/min/1,73 m<sup>2</sup> et qui ne sont pas en dialyse chronique. Elle peut être envisagée chez les patients présentant de nombreux facteurs de risque, une

IRA récente, ou un DFGe entre 30 et 44 mL/min/1,73 m<sup>2</sup>, à la discrétion du clinicien.

Les recommandations CAR sont en revanche plus permissives. En l'absence de preuves suffisamment fortes en faveur d'un bénéfice de l'expansion volémique, son utilisation chez les patients avec un DFGe < 30 mL/min/1,73 m<sup>2</sup> est laissée à la discrétion des établissements et au jugement des praticiens.

#### Protocoles d'hydratation : voie d'administration, volumes, timing

Les recommandations ESUR indiquent que les protocoles d'hydratation par sérum physiologique ou bicarbonate ont une efficacité similaire en stratégie préventive (niveau de preuve : A). Ceci est basé sur l'essai randomisé PRESERVE portant sur 4 993 patients recevant un produit de contraste artériel, qui a montré que le bicarbonate de sodium n'était pas supérieur à l'hydratation au sérum physiologique pour la prophylaxie [13].

Le protocole proposé consiste en un débit de 3 mL/kg/h de bicarbonate à 1,4 % pendant 1 h avant l'administration du produit de contraste, ou 1 mL/kg/h de sérum physiologique à 0,9 % pendant 3-4 h avant et 4-6 h après l'injection (niveau de preuve : D). En cas d'administration intra-artérielle avec exposition rénale en premier passage, le même protocole salin peut être utilisé, éventuellement avec bicarbonate à 1,4 %, à poursuivre à la

dose de 1 mL/kg/h pendant 4-6 h après l'injection (niveau de preuve : D).

L'hydratation par voie orale n'est pas recommandée par la SFNDT/SFR, l'ESUR ni l'ACR/NKF. En revanche, la CAR laisse au clinicien à la fois la décision d'instaurer une hydratation prophylactique (*cf. supra*) et le choix de la voie d'administration. Dans ce contexte, et bien que cela ne constitue pas une recommandation formelle, l'hydratation orale par eaux bicarbonatées nous apparaît comme une option pragmatique pour des raisons notamment organisationnelles (éviter une hospitalisation pour perfusion IV).

### Gestion des médicaments avec effet hémodynamique ou à élimination rénale

Concernant les médicaments, l'ESUR précise que les inhibiteurs de l'enzyme de conversion de l'angiotensine (IEC) et les antagonistes des récepteurs de l'angiotensine II (ARA2) n'ont pas besoin d'être arrêtés avant l'administration de PCI (niveau de preuve : B), car les preuves d'un bénéfice sont insuffisamment solides pour le recommander, en raison de la faible taille des échantillons et de l'hétérogénéité importante des essais randomisés contrôlés et des études observationnelles. La SFNDT/SFR précise cependant qu'un arrêt peut être envisagé en cas d'hypovolémie.

Les recommandations ACR/NKF soulignent que l'arrêt de ces traitements reste controversé mais suggèrent qu'il peut être envisagé chez les patients à risque 48 h avant une injection élective de PCI. Sur la base d'une méta-analyse qui n'a pas montré de diminution du risque d'IRA en cas d'arrêt des IEC et ARA2 avant une coronarographie, les recommandations CAR ne recommandent pas leur arrêt [14].

La conduite à tenir concernant les inhibiteurs du SGLT2 n'est mentionnée dans aucune des *guidelines*, leur utilisation n'étant pas encore suffisamment répandue à la date de leurs publications. Néanmoins, des données récentes suggèrent qu'il n'est pas nécessaire de les interrompre avant une injection de PCI [15].

Concernant les médicaments néphrotoxiques tels que les anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS), les agents antimicrobiens ou les agents chimiothérapeutiques, les avis divergent entre les quatre recommandations. Les recommandations ESUR soulignent qu'il n'existe pas de preuves suffisantes pour recommander leur arrêt avant administration de PCI (niveau de preuve : C). Les recommandations ACR/NKF indiquent cependant que chez les patients avec un DFG<sub>e</sub> < 30 mL/min/1,73 m<sup>2</sup> ou une IRA, il est recommandé d'arrêter les médicaments néphrotoxiques non essentiels, tels que les AINS.

Concernant la metformine, les quatre recommandations s'accordent pour recommander son arrêt au moment de l'administration du produit de contraste uniquement pour les patients avec un DFG<sub>e</sub> < 30 mL/min/1,73 m<sup>2</sup> (niveau de preuve : D) en raison du risque d'acidose lactique si le patient venait à développer une IRA. Le CAR précise qu'elle ne doit pas être reprise avant 48 h après l'injection, à condition que la fonction rénale reste stable.

### Autres mesures

La prophylaxie pharmacologique par des médicaments tels que la N-acétylcystéine, les statines, la théophylline, la prostaglandine E1, le nicorandil, l'acide ascorbique, l'allopurinol, l'alpha-tocophérol, la fenoldopam, les peptides natriurétiques et la trimétazidine n'est pas recommandée selon les sociétés savantes.

### ● Choix des agents de contraste et injections répétées

Le risque de PC-AKI est augmenté en cas d'utilisation de PCI ionique à haute osmolarité [16] et doit donc être évité. Sur la base de multiples méta-analyses, les recommandations ESUR indiquent qu'il n'y a pas de différence de risque de PC-AKI entre les agents iso-osmolaires (IOCM) et les agents à faible osmolarité (LOCM) (niveau de preuve : C). Les injections répétées en un court laps de temps (48-72 h) sont associées à un risque accru de PC-AKI et doivent être évitées (niveau de preuve : C). Ces recommandations sont également soutenues par les lignes directrices ACR/NKF et CAR.

### ● Surveillance post-examen

La nécessité d'un suivi biologique après administration de produit de contraste iodé varie selon les recommandations des sociétés savantes. L'ESUR recommande un contrôle de la créatinine sérique entre 48 et 72 h après l'examen pour les patients à risque, notamment ceux ayant un DFG<sub>e</sub> < 30 mL/min/1,73 m<sup>2</sup>, les transplantés rénaux, les patients sous chimiothérapie ou prenant des médicaments néphrotoxiques. L'ACR/NKF adopte une approche plus tolérante, estimant qu'un suivi biologique post-examen n'est généralement pas nécessaire, sauf si une dégradation clinique est suspectée ou si le patient présente une insuffisance rénale sévère (DFG<sub>e</sub> < 30) dans un contexte à risque accru. La CAR, quant à elle, s'aligne globalement sur les recommandations nord-américaines, en recommandant une surveillance ciblée et individualisée, mais considère qu'un dosage de la créatinine peut être envisagé dans les 2 à 4 jours suivant l'injection chez les patients vulnérables. Ainsi, toutes les sociétés convergent sur la non-nécessité d'un suivi systématique,

mais différent quant au seuil de risque, au délai de contrôle et à l'indication du dosage post-examen, mettant l'accent sur une évaluation individualisée selon le contexte clinique.

### ● Populations particulières

#### Insuffisance cardiaque ou rénale terminale

En cas d'insuffisance rénale terminale ou d'insuffisance cardiaque sévère, l'hydratation IV préventive doit être individualisée (niveau de preuve : D).

#### Patients dialysés

Les quatre recommandations s'accordent sur le fait que la dialyse ne réduit pas le risque de PC-AKI et n'est donc pas recommandée comme mesure prophylactique (niveau de preuve : B). De plus, le calendrier des patients sous traitement de suppléance rénale chronique (TSR) ne doit pas être modifié en cas d'injection de produit de contraste (niveau de preuve : D).

À noter, les recommandations ESUR considèrent que les patients non anuriques en dialyse chronique doivent être considérés comme ayant un DFGe < 30 mL/min/1,73 m<sup>2</sup>, avec recommandation de prophylaxie. En ce sens, la SFNDT/SFR indique qu'une hydratation IV peut être proposée afin de préserver la fonction rénale résiduelle en dialyse péritonéale.

La CAR indique en revanche que les patients en dialyse péritonéale ou hémodialyse peuvent subir des examens d'imagerie avec PCI, quelle que soit leur diurèse résiduelle. Cette position est basée sur une revue systématique de neuf études, qui montre un faible impact de l'administration de PCI sur la fonction rénale résiduelle [17].

#### Rein unique

Les recommandations ACR/NKF indiquent que la présence d'un rein fonctionnel ou physique unique ne doit pas influencer la décision concernant le risque de CI-AKI. Ce point n'est pas discuté par les autres sociétés.

#### Diabète

Le diabète a longtemps été considéré comme un facteur de risque indépendant de PC-AKI. Toutefois, les recommandations récentes des sociétés savantes internationales ne le retiennent plus, à lui seul, comme une indication formelle à une prophylaxie spécifique, en l'absence d'altération du DFGe. En pratique, une hydratation préventive systématique n'est donc pas recommandée chez les patients diabétiques avec une fonction rénale préservée.

Cependant, des données récentes, notamment une étude multicentrique appariée par score de

propension [18], suggèrent que le diabète pourrait aggraver le risque de PC-AKI chez les patients dont le DFGe est < 45 mL/min/1,73 m<sup>2</sup>, avec un surrisque notable chez ceux ayant un DFGe < 30 mL/min/1,73 m<sup>2</sup>, en particulier en termes de recours ultérieur à la dialyse.

Ainsi, en l'état actuel des recommandations, le diabète ne constitue pas un facteur de risque isolé justifiant une prophylaxie, mais il pourrait contribuer au risque global chez les patients présentant une MRC modérée à sévère. Une évaluation individualisée du risque reste donc justifiée, intégrant la fonction rénale, la comorbidité métabolique, le type d'examen et la voie d'administration du produit de contraste.

### ● Stratégie de prise en charge

Sur la base des recommandations concordantes de l'ESUR, de l'ACR/NKF, de la CAR et des recommandations françaises conjointes SFNDT/SFR, une stratégie synthétique de prise en charge des patients exposés aux produits de contraste iodés est proposée sous forme d'algorithme décisionnel (*figure 1*).

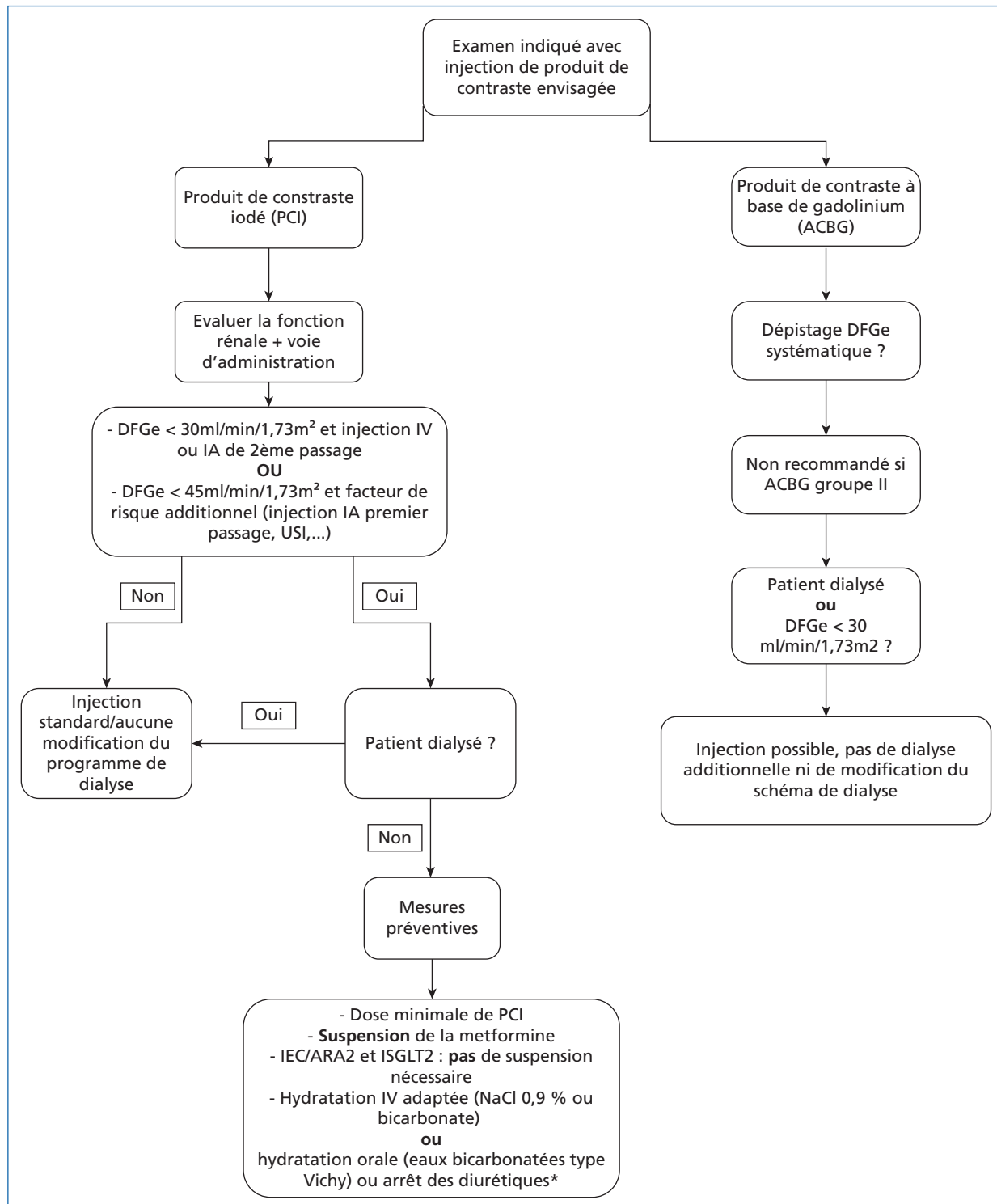
## Agents de contraste à base de gadolinium

### Résultats : Analyse comparative des recommandations

#### ● Définition et épidémiologie

Le gadolinium est un métal lourd toxique de la série des lanthanides, mais pour le rendre sûr pour un usage humain, il est chélaté avec des ligands afin d'empêcher la toxicité directe due aux ions libres Gd<sup>3+</sup>. Cependant, chez les patients avec un clairance rénale altérée, des ions gadolinium libres peuvent être libérés, entraînant un stress oxydatif, une dysfonction endothéliale et une inflammation, contribuant aux lésions rénales et à la fibrose systémique [19].

La FSN est une maladie fibrotique rare mais sévère qui affecte la peau, les articulations et les organes internes. Décrite pour la première fois en 2001 par Cowper *et al.* comme une dermatopathie fibrosante néphrogénique [20], l'association entre l'administration de gadolinium et la FSN a été identifiée en 2006 [21], notamment chez les patients en insuffisance rénale terminale. La FSN touche de manière égale les hommes et les femmes, affecte les patients de tous âges et ethnies [22] et est fortement associée à l'administration de gadolinium. Son diagnostic repose sur des critères cliniques et pathologiques basés sur l'expérience du Registre international Yale de la FSN. Il s'agit d'une pathologie rare, survenant principalement



**Figure 1** • Algorithme décisionnel pour l'utilisation des produits de contraste iodés et gadolinés chez les patients à risque rénal, basé sur les recommandations de l'European Society of Urogenital Radiology (ESUR), de l'American College of Radiology / National Kidney Foundation (ACR/NKF), de la Canadian Association of Radiologists (CAR) et de la Société francophone de néphrologie, dialyse et transplantation / Société française de radiologie (SFNDT/SFR).

IV : intraveineuse ; IA : intra-artérielle ; DFGe : débit de filtration glomérulaire estimé ; IEC : inhibiteurs de l'enzyme de conversion ; ARA2 : antagonistes des récepteurs de l'angiotensine II ; iSGLT2 : inhibiteurs du cotransporteur sodium-glucose type 2.

\* : selon contraintes, option pragmatique hors recommandations formelles.

en fonction de deux facteurs de risque principaux : le stade de la maladie rénale chronique et le type/dose d'ACBG [23, 24].

Le Collège américain de radiologie (ACR) classe les ACBG en trois groupes selon leur association avec la FSN [10] avec une dernière mise à jour en avril 2024. Le groupe I, principalement représenté par le gadodiamide, est associé au plus grand nombre de cas de FSN. Celui-ci a été suspendu par l'Agence européenne des médicaments. Avec les ACBG du groupe II, les occurrences de FSN non confondues sont rares, voire inexistantes, avec un seul cas non confirmé rapporté à ce jour [25-27]. Le groupe III correspond aux agents pour lesquels les données restent limitées ; aucun agent n'y est actuellement classé depuis avril 2024. Les patients exposés à des doses élevées ou cumulées d'ACBG présentent une incidence plus élevée de FSN.

#### ● Stratification du risque rénal et seuils de DFGe

D'après la SFNDT/SFR, l'ESUR, la CAR et l'ACR/NKF, aucune précaution n'est nécessaire lorsque le DFGe est supérieur à 30 mL/min/1,73 m<sup>2</sup>. Le risque de FSN est plus élevé en cas de DFGe inférieur à 30 mL/min/1,73 m<sup>2</sup> ou chez les patients dialysés du point de vue de l'ESUR et la CAR. Du point de vue de l'ACR/NKF, ce surrisque concerne les patients exposés à l'ACBG du groupe I.

#### ● Évaluation pré-examen

L'évaluation systématique de la fonction rénale pré-examen n'est pas recommandée dans les différentes *guidelines*.

#### ● Précautions concernant l'administration d'ACBG en fonction du DFGe

D'après l'ESUR, l'administration d'ACBG du groupe II présente un risque faible de NSF et peut être utilisée sans précaution particulière chez les patients avec un DFGe  $\geq$  30 mL/min (75 % du contraste est éliminé après 4 h). En dessous d'un DFGe < 30 mL/min, la prudence est nécessaire et un intervalle de 7 jours doit être respecté entre deux administrations. Dans tous les cas, l'ESUR stipule qu'il ne faut jamais refuser d'IRM avec injection à un patient pour lequel l'indication est justifiée au plan clinique. Si une IRM est cliniquement recommandée, l'imagerie doit toujours être réalisée avec la dose minimale de produit de contraste. Cette attitude est rejointe par la SFNDT/SFR.

Selon la CAR, l'utilisation des ACBG n'est pas contre-indiquée chez les patients avec DFGe  $\geq$  30 mL/min/1,73 m<sup>2</sup> sans risque de FSN. Pour les patients avec DFGe < 30 mL/min, si une IRM est nécessaire, l'examen doit

être réalisé sans consentement éclairé, mais il est recommandé que ces patients soient suivis par un médecin généraliste pendant 2 ans.

Selon l'ACR et NKF, une IRM cliniquement indiquée avec un ACBG de groupe II ne doit pas être retardée chez les patients avec IRA ou DFGe < 30 mL/min/1,73 m<sup>2</sup>. Cependant, les patients avec IRA ou MRC stade G4 ou G5 doivent être informés du risque éventuel de FSN. Il est recommandé de dépister la MRC chez les patients ayant reçu un ACBG de groupe III.

#### ● Choix des agents de contraste et injections répétées

Comme discuté au préalable, l'utilisation des ACBG du groupe II est à privilégier. L'ESUR et la SFNDT/SFR recommandent un délai entre deux injections de 4 h si le DFGe est  $\geq$  30 mL/min/1,73 m<sup>2</sup> et de 7 jours si le patient est en hémodialyse ou a un DFGe < 30 mL/min/1,73 m<sup>2</sup>. Ce délai n'est pas discuté pour l'ACR/NKF, et la CAR propose de se baser sur les recommandations institutionnelles locales.

#### ● Populations particulières

##### Patients dialysés

Il n'existe pas de preuve que la dialyse protège de la FSN. Le plus important reste d'éviter la surcharge osmotique et hydrique. Cependant, l'ACBG étant bien éliminé par la dialyse, l'ESUR propose par mesure de précaution qu'il est préférable d'éliminer le contraste dès que possible après administration chez les patients hémodialysés en programmant l'examen en ce sens ou par une séance d'hémodialyse supplémentaire. Concernant les patients en dialyse péritonéale, la situation doit être discutée avec le clinicien. Cette attitude est soutenue par la CAR qui notifie qu'en dialyse péritonéale, augmenter la clairance par un nombre accru d'échanges est possible mais sans preuve de réduction du risque de FSN et que les patients ayant une fonction rénale résiduelle ont une meilleure clairance de l'ACBG. En contraste, selon les *guidelines* les plus récentes de l'ACR/NKF, chez les patients en hémodialyse chronique, l'administration d'ACBG sera préférentiellement effectuée avant une dialyse normalement programmée, mais on ne recommande ni altération du programme ni de dialyse supplémentaire. Cette attitude est également celle de la SFNDT/SFR. Cette différence de position avec les autres sociétés est liée notamment à des données publiées entre-temps montrant l'absence de cas documentés de FSN après administration d'ACBG de groupe II chez les patients avec MRC stade 4 ou 5 [26-28]. Par conséquent, même si l'ACBG est éliminé par la dialyse le risque est considéré comme trop faible (voire inexistant) que pour justifier des contraintes

TABLEAU 2 • Recommandations concernant l'utilisation des agents de contraste gadolinium (ACBG) selon le type d'agent, la fonction rénale et le statut dialysé.

Type d'ACBG	ESUR (2018)	CAR (2019)	SFNDT/SFR (2020)	ACR/NKF (2021)
<b>Groupe II (gadobutrol, gadoterate)</b>	Utilisation si DFGe $\geq 30$ ; prudence si $< 30$	Utilisation jusqu'à DFGe $< 15$ ; pas de dialyse systématique	Utilisation possible ; délai 7j entre 2 injections si possible	Utilisation possible ; discussion si DFGe $< 30$
<b>Groupe I (ex. : gadodiamide, gadopentétate de diméglumine)</b>	Contre-indiqué si DFGe $< 30$	Déconseillé si DFGe $< 30$ (voire $< 60$ )		Éviter si DFGe $< 30$
<b>Patients dialysés</b>	Injection possible avec groupe II ; dialyse idéalement après injection d'ACBG voire séance supplémentaire	Idem	Injection possible avec groupe II ; pas de dialyse systématique requise	Injection possible avec groupe II ; ne pas modifier le programme

ACBG : agents de contraste à base de gadolinium ; DFGe : débit de filtration glomérulaire estimé.  
Source : ESUR 2018, CAR 2019, SFNDT/SFR 2020, ACR/NKF 2021

organisationnelles supplémentaires. Les mêmes recommandations s'appliquent à la dialyse péritonéale.

### Insuffisance rénale aiguë

L'ESUR rapporte que le risque de FSN est très faible lorsque les ACBG sont utilisés aux doses approuvées. La CAR recommande la même prise en charge que pour les patients avec une DFGe  $< 30$  mL/min/1,73 m<sup>2</sup>.

### Stratégie de prise en charge

Sur la base des recommandations concordantes de l'ESUR, de l'ACR/NKF, de la CAR et des recommandations françaises conjointes SFNDT/SFR (*tableau 2*), une stratégie synthétique de prise en charge des patients exposés aux produits de contraste à base de gadolinium est proposée sous forme d'algorithme décisionnel (*figure 1*).

## Discussion

Les recommandations actuelles de la SFNDT/SFR, l'ESUR, de l'ACR/NKF et de la CAR marquent une évolution importante vers une évaluation individualisée du risque de PC-AKI et de néphrose systémique néphrogénique, reposant essentiellement sur le DFGe, la voie d'administration, l'agent de contraste utilisé et le contexte clinique.

Les sociétés s'accordent sur un faible risque de PC-AKI pour un DFGe  $\geq 30$  mL/min/1,73 m<sup>2</sup>, particulièrement lors d'une administration intraveineuse de PCI, et nuancent la réalité du risque de néphrotoxicité. Les mesures prophylactiques sont recommandées sous ce seuil selon certaines sociétés, tandis que d'autres laissent place à une décision locale.

Par ailleurs, les agents de gadolinium de groupe II, sont désormais considérés comme sûrs, même chez les patients

avec MRC sévère, en IRA ou en dialyse, sans nécessité systématique de dépistage de la fonction rénale ou de consentement spécifique. Ainsi, la prise en charge des patients atteints de MRC devant bénéficier d'une IRM avec ACBG doit être raisonnée, basée sur une évaluation individualisée du risque et une sélection judicieuse du type de produit. Dans tous les cas, l'indication clinique de l'imagerie prime, et il ne faut pas retarder un examen potentiellement déterminant pour la prise en charge thérapeutique.

L'enjeu de ces recommandations dans la pratique clinique est souligné par plusieurs études. L'étude observationnelle nationale japonaise menée par Hisamune *et al.* porté sur 144 149 patients admis en urgence. Elle n'a pas mis en évidence d'association significative entre l'administration intraveineuse de PCI et la survenue d'une IRA après ajustement sur les facteurs de confusion [29]. Dans une autre étude, Lamoureux *et al.* ont évalué la performance diagnostique du scanner abdominopelvien avec et sans injection de PCI. Ils ont montré que l'imagerie non injectée ratait un nombre significatif de diagnostics urgents et non urgents, avec pour conséquence un recours fréquent à des examens répétés dans les 72 h [30]. Enfin, Shaish *et al.* ont évalué l'exactitude diagnostique du scanner abdominal non injecté dans un contexte d'urgence. Leur étude multicentrique a montré que l'imagerie sans contraste présentait une sensibilité limitée pour détecter certaines causes fréquentes de douleurs abdominales aiguës (comme l'ischémie mésentérique ou les abcès), entraînant une prise en charge potentiellement retardée ou inadéquate [31]. Ces résultats renforcent la nécessité de ne pas se priver du PCI lorsque les bénéfices diagnostiques sont clairement établis.

Les divergences observées entre les différentes *guidelines* s'expliquent principalement par leur calendrier

de publication, chaque mise à jour ayant intégré de nouvelles données susceptibles de modifier les recommandations. S'y ajoutent des différences de culture médicale, des approches juridico-épidémiologiques distinctes et un niveau de preuve globalement faible. En effet, la majorité des données provient d'études observationnelles et les essais randomisés contrôlés dans ce domaine sont rares. Ceci est lié à la faible incidence actuelle du PC-AKI/FSN – nécessitant des échantillons très larges –, à des contraintes éthiques liées à la randomisation de mesures prophylactiques encore recommandées et à l'hétérogénéité des pratiques cliniques.

## Conclusion

Les recommandations actuelles témoignent d'une approche plus nuancée et individualisée de l'utilisation des agents de contraste chez les patients atteints de MRC. La balance bénéfico-risque doit guider la décision, en privilégiant la pertinence clinique de l'imagerie. Malgré des divergences entre sociétés, la tendance est à la limitation des mesures prophylactiques systématiques, sans négliger la vigilance chez les patients à haut risque. Enfin, l'absence d'essais cliniques randomisés souligne le besoin de renforcer la qualité des données pour affiner ces recommandations dans le futur.

### Liens d'intérêts :

Les auteurs déclarent n'avoir aucun lien d'intérêt en rapport avec l'article.

## Références

- 1 • Pillebout É, Martinez F. Contrast-induced acute kidney injury. *Nephrol Ther* 2021 ; 17 : 191-8.
- 2 • CIRTACI, Société française de radiologie (SFR), Société francophone de néphrologie dialyse et transplantation (SFNDT). *Fiche de recommandation pour la pratique clinique : rein et produits de contraste* [Internet]. 2020. [https://www.sfnat.org/sites/www.sfnat.org/files/medias/documents/Fiche%20de%20recommandation%20pour%20la%20pratique%20clinique\\_rein%20et%20produit%20de%20contraste.pdf](https://www.sfnat.org/sites/www.sfnat.org/files/medias/documents/Fiche%20de%20recommandation%20pour%20la%20pratique%20clinique_rein%20et%20produit%20de%20contraste.pdf)
- 3 • van der Molen AJ, Reimer P, Dekkers IA, et al. Post-contrast acute kidney injury – part 1: definition, clinical features, incidence, role of contrast medium and risk factors: recommendations for updated ESUR Contrast Medium Safety Committee guidelines. *Eur Radiol* 2018 ; 28 : 2845-55.
- 4 • 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. *Eur Radiol* 2018 ; 28 : 2856-69.
- 5 • Davenport MS, Perazella MA, Yee J, et al. Use of intravenous iodinated contrast media in patients with kidney disease: consensus statements from the American College of Radiology and the National Kidney Foundation. *Radiology* 2020 ; 294 : 660-8.
- 6 • Weinreb JC, Rodby RA, Yee J, et al. Use of intravenous gadolinium-based contrast media in patients with kidney disease: consensus statements from the American College of Radiology and the National Kidney Foundation. *Radiology* 2021 ; 298 : 28-35.
- 7 • Schieda N, Maralani PJ, Hurrell C, Tsampalieros AK, Hiremath S. Updated clinical practice guideline on use of gadolinium-based contrast agents in kidney disease issued by the Canadian Association of Radiologists. *Can Assoc Radiol J* 2019 ; 70 : 226-32.
- 8 • Macdonald DB, Hurrell C, Costa AF, et al. Canadian Association of Radiologists guidance on contrast associated acute kidney injury. *Can Assoc Radiol J* 2022 ; 73 : 499-514.
- 9 • Centre for Evidence-Based Medicine (CEBM). *OCEBM levels of evidence* [Internet]. University of Oxford. <https://www.cebm.ox.ac.uk/resources/levels-of-evidence/ocebml-levels-of-evidence>
- 10 • ACR Committee on Drugs and Contrast Media. *ACR manual on contrast media* [Internet]. American College of Radiology, 2025. <https://www.acr.org/Clinical-Resources/Clinical-Tools-and-Reference/Contrast-Manual>
- 11 • Newhouse JH, Kho D, Rao QA, Starren J. Frequency of serum creatinine changes in the absence of iodinated contrast material: implications for studies of contrast nephrotoxicity. *AJR Am J Roentgenol* 2008 ; 191 : 376-82.
- 12 • Levey AS, Stevens LA, Schmid CH, et al. A new equation to estimate glomerular filtration rate. *Ann Intern Med* 2009 ; 150 : 604-12.
- 13 • Weisbord SD, Gallagher M, Jneid H, et al. Outcomes after angiography with sodium bicarbonate and acetylcysteine. *N Engl J Med* 2018 ; 378 : 603-14.
- 14 • Whiting P, Morden A, Tomlinson LA, et al. What are the risks and benefits of temporarily discontinuing medications to prevent acute kidney injury? A systematic review and meta-analysis. *BMJ Open* 2017 ; 7 : e012674.
- 15 • Phatikraisri T, Krisem M, Chantadansuwan T, et al. The effect of continuing versus withholding SGLT2 inhibitors on incidence of contrast associated acute kidney injury in patients undergoing coronary angiography: a randomized controlled trial (BELIEVE trial). *Kidney360* 2025.
- 16 • Barrett BJ, Carlisle EJ. Metaanalysis of the relative nephrotoxicity of high- and low-osmolality iodinated contrast media. *Radiology* 1993 ; 188 : 171-8.
- 17 • Oloko A, Talreja H, Davis A, et al. Does iodinated contrast affect residual renal function in dialysis patients? A systematic review and meta-analysis. *Nephron* 2020 ; 144 : 176-84.
- 18 • Lee CC, Chan YL, Wong YC, et al. Contrast-enhanced CT and acute kidney injury: risk stratification by diabetic status and kidney function. *Radiology* 2023 ; 307 : e222321.
- 19 • Rogosnitzky M, Branch S. Gadolinium-based contrast agent toxicity: a review of known and proposed mechanisms. *Biometals* 2016 ; 29 : 365-76.
- 20 • Cowper SE, Su LD, Bhawan J, Robin HS, LeBoit PE. Nephrogenic fibrosing dermatopathy. *Am J Dermatopathol* 2001 ; 23 : 383-93.
- 21 • Marckmann P, Skov L, Rossen K, et al. Nephrogenic systemic fibrosis: suspected causative role of gadodiamide used for contrast-enhanced magnetic resonance imaging. *J Am Soc Nephrol* 2006 ; 17 : 2359-62.
- 22 • Marckmann P. Nephrogenic systemic fibrosis: epidemiology update. *Curr Opin Nephrol Hypertens* 2008 ; 17 : 315-9.
- 23 • Sadowski EA, Bennett LK, Chan MR, et al. Nephrogenic systemic fibrosis: risk factors and incidence estimation. *Radiology* 2007 ; 243 : 148-57.
- 24 • Sieber MA, Steger-Hartmann T, Lengsfeld P, Pietsch H. Gadolinium-based contrast agents and NSF: evidence from animal experience. *J Magn Reson Imaging* 2009 ; 30 : 1268-76.
- 25 • Lohani S, Golenbiewski J, Swami A, Halalau A. A unique case of nephrogenic systemic fibrosis from gadolinium exposure in a patient with normal eGFR. *BMJ Case Rep* 2017 ; 2017 : bcr2017221016.
- 26 • Woolen SA, Shankar PR, Gagnier JJ, et al. Risk of nephrogenic systemic fibrosis in patients with stage 4 or 5 chronic kidney disease receiving a group II gadolinium-based contrast agent: a systematic review and meta-analysis. *JAMA Intern Med* 2020 ; 180 : 223-30.
- 27 • Shankar PR, Davenport MS. Risk of nephrogenic systemic fibrosis in stage 4 and 5 chronic kidney disease following group II gadolinium-based contrast agent administration: subanalysis by chronic kidney disease stage. *Radiology* 2020 ; 297 : 447-8.
- 28 • Yee J. Prophylactic hemodialysis for protection against gadolinium-induced nephrogenic systemic fibrosis: a doll's house. *Adv Chronic Kidney Dis* 2017 ; 24 : 133-5.
- 29 • Hisamune R, Yamakawa K, Umehura Y, et al. Association between IV contrast media exposure and acute kidney injury in patients requiring emergency admission: a nationwide observational study in Japan. *Crit Care Explor* 2024 ; 6 : e1142.
- 30 • Lamoureux C, Weber S, Hanna T, Grabel AJ, Clark RH. Effect of intravenous contrast for CT abdomen and pelvis on detection of urgent and non-urgent pathology: can repeat CT within 72 hours be avoided? *Emerg Radiol* 2019 ; 26 : 601-8.
- 31 • Shaish H, Ream J, Huang C, et al. Diagnostic accuracy of unenhanced contrast tomography for evaluation of acute abdominal pain in the emergency department. *JAMA Surg* 2023 ; 158 : e231112.