

## Place de la scintigraphie rénale dans l'évaluation de la fonction du greffon

## Place of renal scintigraphy in the evaluation of graft function

Adlen Nezzar

Service de Médecine Nucléaire,  
Centre anti-cancer Batna,  
Algérie

## Correspondance à :

Adlen Nezzar  
[nezzar.adlen@gmail.com](mailto:nezzar.adlen@gmail.com)

DOI : <https://doi.org/10.48087/BJMStfa.2017.4117>

Il s'agit d'un article en libre accès distribué selon les termes de la licence Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0), qui autorise une utilisation, une distribution et une reproduction sans restriction sur tout support ou format, à condition que l'auteur original et la revue soient dûment crédités.

## RÉSUMÉ

La meilleure conduite thérapeutique dans la prise en charge de l'insuffisance rénale au stade terminal est la transplantation rénale. Le diagnostic précoce et la prise en charge adéquate des complications liées à la transplantation améliorent la survie du greffon. Les marqueurs biochimiques, les biopsies d'allogreffe et les modalités d'imagerie sont utilisés pour la détection et la surveillance du dysfonctionnement du greffon. Les développements apportés aux modalités d'imagerie ont été considérés comme des facteurs contribuant à une amélioration de la survie du greffon à court terme. Chaque type d'imagerie joue un rôle sélectif dans l'évaluation du dysfonctionnement du greffon. Reconnue comme étant principalement une procédure d'imagerie fonctionnelle, l'imagerie utilisant des traceurs radioactifs fournit des informations précieuses sur la fonction rénale qui ne peuvent être obtenues avec d'autres modalités d'imagerie. Pour évaluer et établir la place actuelle, des indications et des applications essentielles de l'imagerie scintigraphique dans la prise en charge des greffons, une classification des complications de la transplantation basée sur un dysfonctionnement de l'allogreffe rénale est essentielle. Le principal facteur qui altère la fonction du greffon à long terme est la néphropathie chronique. La survie à long terme des greffons n'a pas augmenté de manière significative au fil des années. L'imagerie est plus fréquemment effectuée durant la phase précoce après le geste de la transplantation et garde un intérêt tardivement pour l'évaluation du dysfonctionnement aigu de l'allogreffe, des anomalies infracliniques et chroniques de l'allogreffe, pour comprendre leur contribution à la prise en charge des patients et pour l'identification des mécanismes physiopathologiques responsables de la protéinurie et de l'hypertension.

**Mots-clés :** Transplantation rénale, Scintigraphie rénale.

## ABSTRACT

The best therapeutic approach in the management of end-stage renal disease is renal transplantation. Early diagnosis and adequate management of complications related to transplantation improve survival of the graft. Biochemical markers, allograft biopsies and imaging modalities are used for the detection and monitoring of graft dysfunction. Developments in imaging modalities were considered to contribute to improved survival of the graft in the short term. Each type of imaging plays a selective role in assessing graft dysfunction. Recognized as primarily a functional imaging procedure, imaging using radioactive tracers provides valuable information on renal function that can not be obtained with other imaging modalities. In order to evaluate and establish the current position, essential indications and applications of scintigraphic imaging in the management of grafts, a classification of complications of transplantation based on renal allograft dysfunction is essential. The main factor that alters the function of the graft in the long term is chronic nephropathy. The long-term survival of grafts has not increased significantly over the years. Imaging is more frequently performed during the early stage after transplantation and remains of late interest for the assessment of acute allograft dysfunction, subclinical and chronic allograft abnormalities, to understand their contribution to transplantation management of patients and for the identification of the pathophysiological mechanisms responsible for proteinuria and hypertension.

**Keywords:** Renal transplantation, Renal scintigraphy.

## مكانة التصوير الومضاني الكلوي في تقييم وظيفة زرع الكلى

أفضل نهج علاجي في علاج المرض الكلوي النهائي هو زرع الكلى. التشخيص المبكر والإدارة الكافية للمضاعفات المتعلقة بالزرع تساهم في تحسين بقاء هذا الأخير. وتستخدم الإعدادات البيوكيميائية، والخزعات وطرائق التصوير للكشف ورصد الخلل التطورات في طرائق التصوير تساهم في تحسين بقاء الزرع على المدى القصير. كل نوع من التصوير يلعب بالزرع. وأصبحت دورا انتقائيا في تقييم الخلل في الزرع. والتصوير باستخدام النظائر المشعة يوفر معلومات قيمة عن وظيفة الكلى التي لا يمكن الحصول عليها مع طرائق التصوير الأخرى. لتقييم وتحديد الموقف الحالي والتوجيه والتطبيقات الهامة التصوير، وتصنيف مضاعفات الزرع أمرا ضروريا لتتبع أي خلل في الكلى المزروعة. العامل الرئيسي الذي يغير وظيفة الزرع على المدى الطويل هو اعتلال الكلية المزمن. لم يعرف بقاء الطعوم على المدى الطويل زيادة كبيرة على مر السنين. يتم إجراء التصوير في معظم الأحيان خلال المرحلة المبكرة بعد إجراء الزرع ويحتفظ بمكانه في وقت متأخر لتقييم خلل المزروع الحاد تحت الإكلينيكي والمزمن، لفهم مساهمتها في وإدارة المرضى، وتحديد الآليات الفيزيولوجية المرضية المسؤولة عن البول البروتيني وارتفاع ضغط الدم.

**الكلمات المفتاحية:** زرع الكلى، التصوير الومضاني الكلوي

## Pour citer l'article :

Nezzar A. Place de la scintigraphie rénale dans l'évaluation de la fonction du greffon. *Batna J Med Sci* 2017;4(1):83-9. <https://doi.org/10.48087/BJMStfa.2017.4117>

## INTRODUCTION

L'insuffisance rénale peut être causée par un grand nombre de facteurs et prendre plusieurs formes. Elle est habituellement progressive et peut donner lieu à l'insuffisance rénale chronique terminale (IRCT). L'IRCT est un enjeu majeur de santé publique dans de nombreux pays à cause d'une croissance régulière de son incidence, de sa prévalence et de ses conséquences médicales, sociales et économiques. Chez la plupart des patients, l'IRCT peut être traitée par la transplantation rénale et/ou l'épuration extrarénale (hémodialyse ou dialyse péritonéale). La transplantation est le traitement de choix de l'IRCT tant sur la plan des résultats de survie, que vis à vis de la qualité de vie. C'est la seule alternative à la dialyse périodique.

L'amélioration des traitements immunosuppresseurs et l'expérience acquise par les équipes médicales et chirurgicales, ont permis d'élargir progressivement les indications de la greffe rénale. Bien que les progrès aient été considérables, la transplantation rénale (TR) reste une thérapie source de nombreuses complications (précoces ou tardives, médicales ou chirurgicales) qui font toute la particularité des suites de la transplantation et justifient en elles-mêmes l'existence d'équipes entraînées au suivi de ces patients.

La nécrose tubulaire aiguë est la cause la plus fréquente de la non reprise immédiate de la fonction du greffon (20 à 40 %). L'incidence des crises de rejet est de 30 à 50 % au cours de la première année. Le rejet chronique est la cause la plus fréquente de l'altération de la fonction du greffon rénal au long cours. Au cours des deux dernières décennies, la survie à court terme s'est améliorée ; néanmoins, le taux d'échec à 5 ans ou plus n'a pas changé de façon significative [1-3]. Les développements de l'imagerie ont bouleversé la surveillance des greffons rénaux au cours des 20 dernières années. L'échographie avec doppler est l'examen de première intention dans la surveillance du greffon, dans le guidage des biopsies et dans le diagnostic des complications (troubles de perfusion, sténose artérielle ou veineuse, dilatation obstructive de l'uretère). La scintigraphie rénale (DTPA, Mag 3, DMSA) est un bon examen d'évaluation de la fonction rénale du greffon, à la fois qualitative et quantitative et a pour objectif de compléter les informations de l'échographie sur les anomalies vasculaires, le retentissement parenchymateux, l'obstruction de l'uretère, les fuites urinaires ou les autres collections hématiques et lymphatiques.

## COMPLICATIONS DE LA TRANSPLANTATION RÉNALE

Il existe plusieurs schémas utilisés pour la classification des complications de la transplantation rénale. Les plus couramment utilisés, soit les classer comme chirurgicales ou médicales ou, selon le site de l'étiologie sous-jacente (prérénale, rénale et post-rénale). Les complications chirurgicales comprennent la collection liquidienne, l'obstruction urinaire et les complications vasculaires. En revanche, les complications médicales sont liées aux pathologies parenchymateuses comme la nécrose tubulaire aiguë (NTA), le rejet aigu (RA) et la toxicité médicamenteuse. Du point de vue fonctionnel, une classification pour les facteurs étiologiques les plus fréquents du dysfonctionnement de la transplantation rénale est résumée dans le tableau 1.

**Tableau 1.** Classification des complications de la transplantation rénale basées sur le facteur temps et la dysfonction rénale après transplantation.

<b>I/ Non reprise immédiate de la fonction du greffon</b>	
1	Due à l'ischémie-lésions de la reperfusion
	La nécrose tubulaire aiguë
2	Causes non ischémiques
	- Rejet aigu
	- Toxicité médicamenteuse
	- Complications vasculaires
	- Complication urinaires
	Obstruction
	Fuite urinaire
	Dysfonctionnement de la vessie
-	Collections liquidiennes en péri-transplant
<b>II/ Dysfonction aiguë de l'allogreffe rénale</b>	
1	Rejet aigu
2	Infections urinaires
3	Obstruction
4	Néphrite tubulo-interstitielle
<b>III/ Détérioration lente de la fonction du greffon</b>	
1	Néphropathie chronique de l'allogreffe
2	Toxicité médicamenteuse
3	Sténose de l'artère rénale
4	Glomérulopathies du transplant
5	Infections notamment d'origine virale dues aux CMV

## ÉVALUATION DES COMPLICATIONS DE LA TRANSPLANTATION RÉNALE PAR L'IMAGERIE FONCTIONNELLE ISOTOPIQUE

La scintigraphie rénale est une approche approfondie pour évaluer les trois phases séquentielles de la fonction rénale. La première phase consiste en l'imagerie dynamique rapide qui est effectuée pendant la première minute après l'injection de traceur (arrivée du bolus). Ceci évalue la perfusion. La deuxième phase est la période pendant laquelle les néphrons extraient le traceur du sang et l'excrètent par filtration glomérulaire, sécrétion tubulaire ou les deux. La troisième phase est l'arrivée du traceur au système collecteur pyélocaliciel (élimination). Ainsi, les changements séquentiels qui se produisent peuvent être évalués en utilisant les deux agents tubulaire ou glomérulaire.

### Radiopharmaceutiques utilisés

Les agents tubulaires ou glomérulaires marqués au technétium 99m sont utilisés pour l'évaluation des transplantations rénales. Le principal agent glomérulaire utilisé pour l'imagerie dynamique du rein est l'acide diéthylène-Triamine pentaacétique (DTPA). La fraction d'extraction rénale du DTPA est de 20 %. Bien qu'un petit pourcentage du traceur puisse être lié aux protéines, cela n'influe pas sur les applications cliniques pour mesurer le taux de filtration glomérulaire (GFR).

Les agents tubulaires actuellement utilisés sont le mercaptoacétyl triglycine (MAG3) et l'éthylène cystéine (EC). Le MAG3 est fortement lié aux protéines, éliminé principalement par les tubules rénaux proximaux. Il a une extraction rénale plus importante que le DTPA, sa fraction d'extraction est de 40-50 %, plus de deux fois la valeur du DTPA. Le MAG3-Tc<sup>99m</sup> est donc préféré au DTPA-Tc<sup>99m</sup> pour l'estimation de la fonction rénale séparée en particulier chez le nourrisson, pour le rénogramme avec Lasilix® et la cystographie indirecte. Le DTPA-Tc<sup>99m</sup> peut être utilisé après transplantation rénale, lorsque l'on souhaite disposer à la fois d'une information sur la vascularisation et d'une valeur

de débit de filtration glomérulaire (avec prélèvements sanguins). Le patient doit être correctement hydraté, il est encouragé à boire d'eau (10 ml/kg) une demi-heure avant la réalisation de l'examen. Le recours à une hydratation par voie intraveineuse est inutile pour la plupart des patients sauf contre indication à la voie orale, ou une charge de 100-500 ml de sérum salé est administrée par voie intraveineuse 30 minutes avant l'imagerie.

### Acquisition

Le patient devra vider sa vessie avant le début de la procédure. Le détecteur de la caméra gamma est positionné en regard de la fosse iliaque. Il faut s'assurer que l'aorte abdominale distale et l'artère iliaque externe sont bien dans le même champ d'acquisition. La voie veineuse choisie pour l'administration du traceur doit être de gros calibre. Un bon bolus est nécessaire pour une évaluation précise de la perfusion du greffon.

L'acquisition est démarrée simultanément avec l'injection en bolus du radiopharmaceutique, en utilisant un collimateur basse énergie tous usages avec une matrice de 64x64 ou 128x128. Les images doivent être acquises toutes les secondes pendant les deux premières minutes (soit 40-60 secondes) pour analyser la phase vasculaire (perfusion du greffon) puis 10-30 secondes par image pendant 20-30 minutes pour évaluer l'extraction et le drainage rénal.

Des images additionnelles statiques ou dynamiques prises en fin d'examen après la vidange vésicale peuvent servir à évaluer la nature de la collection liquidienne péri-transplant, l'obstruction et le reflux.

### Évaluation isotopique de la perfusion et de la fonction rénale

*Perfusion rénale* : l'angio-scintigraphie rénale est définie comme l'examen qui permet d'évaluer la perfusion rénale, effectuée dans la première minute suivant l'administration d'un traceur isotopique. L'angioscintigraphie est l'équivalent de l'évaluation du premier passage. Pour une évaluation approfondie de la perfusion, les courbes rénales et artérielles (aortique ou iliaque) sont générées en plaçant des régions d'intérêt (ROIs) sur le greffon et l'artère. Avec un bon bolus injecté, une courbe avec un pic maximal suivi d'une descente atteignant un plateau est observée sur la région artérielle sélectionnée en utilisant à la fois des agents glomérulaires et tubulaires. La courbe artérielle est utilisée pour s'assurer qu'une injection de bolus appropriée a été donnée. Le  $T_{1/2}$  de la pente descendante devrait être inférieur à 10 secondes (4). La portion suivante de la courbe de perfusion après l'élévation initiale appelée courbe de perfusion de deuxième phase. Avec le DTPA, elle est généralement descendante similaire à la courbe artérielle. Cependant, avec le MAG3, cette partie est généralement ascendante. Cette dissociation a été pensée en raison des différences dans le pourcentage d'extraction des traceurs glomérulaires et tubulaires (5,6).

*Paramètres quantitatifs de perfusion* : plusieurs méthodes de quantification de la perfusion ont été proposés.

1. Le rapport rein-aorte de Kirchner (K/A) : C'est le premier rapport utilisé pour quantifier la perfusion rénale. C'est le rapport de la pente ascendante des courbes rénale et artérielle. La valeur normale est de 0,64-1,16. Kirchner et

Coll (7) en utilisant le Tc-<sup>99m</sup> DTPA, ont rapporté que le rapport K / A est corrélé avec la clinique et la pathologie dans l'évaluation de la fonction rénale. Dans une autre étude, le rapport K / A, mesuré par le Tc-<sup>99m</sup> MAG3, s'est avéré être similaire à ceux précédemment obtenus avec le Tc-<sup>99m</sup> DTPA (8).

2. Indice de perfusion de Hilson (IP) : C'est le rapport de l'aire sous la courbe artérielle jusqu'au pic divisé par l'aire sous la courbe rénale atteignant le pic. Il permet de distinguer clairement les greffes normales à ceux avec une fonction altérée en particulier les cas de rejet (9).

3. Les paramètres qui mesurent le taux de transit vasculaire sont les suivants : A. Temps de pic en secondes de la courbe de perfusion du greffon, B. Temps d'élimination en secondes de la courbe de perfusion rénale pour atteindre la moitié de la valeur du pic, C. Temps en secondes pour atteindre le pic entre l'artère iliaque et le greffon.

Tous ces paramètres nécessitent une injection d'un bon bolus pour avoir des résultats fiables.

*Extraction rénale et excrétion* : les courbes temps-activité générées en utilisant un ROI sur le rein reflètent des modifications séquentielles de la fonction rénale. Chaque courbe est appelée rénogramme. Le rénogramme isotopique représente la méthode d'évaluation quantitative de la fonction rénale. La soustraction du bruit de fond est recommandée pour générer des rénogrammes en utilisant des ROIs elliptiques, périrénales, subrénales ou en miroir. Tous les agents marqués au Tc-<sup>99m</sup> présentent un rénogramme similaire, avec un pic vasculaire suivi d'une décroissance de l'activité circulante. Comme l'extraction des agents tubulaires est supérieure à celle des agents glomérulaires, la phase d'extraction est plus rapide avec des agents tubulaires. La fonction parenchymateuse du greffon peut être évalué par une visualisation des images séquentielles acquises et les courbes des rénogrammes ou en calculant les paramètres quantitatifs à partir des données du rénogramme, voire une combinaison des données dérivées de la courbe rénale, de la courbe vésicale, d'un prélèvement sanguin et la collection d'urines.

Les paramètres quantitatifs dérivés de la soustraction du bruit de fond du rénogramme sont faciles à déterminer, peuvent être obtenus à l'aide à la fois d'agents tubulaires et glomérulaires et ne nécessitent pas un prélèvement sanguin. Les paramètres quantitatifs couramment utilisés comportent : la durée de temps pour atteindre le pic maximal du rénogramme ( $T_{max}$ ), l'intervalle de temps au bout duquel le pic maximal est réduit de moitié pendant la phase d'élimination du rénogramme ( $T_{1/2}$ ) et le pourcentage de l'activité résiduelle à 20 minutes comparativement à celle du pic (R20). Pour le DTPA, le rapport entre le pic de perfusion et celui de captation (P/U) a été suggéré pour établir une relation entre la perfusion et la captation.

En utilisant des agents tubulaires, la pente de la partie ascendante de la courbe après le pic de perfusion a été calculée et est fréquemment appelée pente fonctionnelle tubulaire (TFS). Perspective cette pente va représenter l'extraction active du radiotraceur par les cellules épithéliales des tubes contournés proximaux (10). La capacité de captation dans les 10 premières minutes qui reflète la perfusion et la fonction du greffon a également été utilisée (11). Les modèles de courbes de rénogramme au MAG3 ont été classés pour l'évaluation du dysfonctionnement précoce

du greffon et la prédiction de la survie du greffon (12). Les mesures physiologiques de la fonction rénale, comme le GFR, utilisant les agents glomérulaires et le débit plasmatique rénal (RPF) peuvent être obtenus par des méthodes de traitement disponibles ou en utilisant les méthodes de mesure de la clairance plasmatique avec un ou plusieurs prélèvements sanguins. RPF traduit l'élimination d'une substance si elle est absorbée exclusivement par le rein avec une efficacité d'extraction de 100 %. En raison de l'extraction incomplète du MAG3, RPF a été modifié en ERPF. Parmi les techniques de calculs de la clairance plasmatique, des méthodes d'échantillonnages uniques simplifiées sont recommandées. Les mesures du temps de transit rénal avec ou sans déconvolution ont été suggérées. Des paramètres tels que le  $T_{max}$ , le  $T_{1/2}$  et la R20 peuvent être considérés comme des mesures simples du temps de transit rénal. Des indices simples du temps de transit se sont révélés d'un point de vue diagnostique comparables aux méthodes plus complexes de la déconvolution (13).

### INDICATIONS DE L'IMAGERIE ISOTOPIQUE DANS L'ÉVALUATION DE LA TRANSPLANTATION RÉNALE

Au fil des années, l'utilisation de l'imagerie rénale isotopique dans la phase précoce en post-transplantation a diminué. Dans le passé, la plupart des centres faisaient une ou deux études du greffon durant la première semaine après la transplantation. Les algorithmes récents sont généralement basés sur l'utilisation de l'échographie et de la biopsie. Cependant, il existe toujours des centres qui effectuent régulièrement des explorations rénales isotopiques, en particulier pendant la phase précoce après la transplantation.

La plupart des transplantés sont libérés de l'hôpital dans les 7-12 jours après l'intervention. L'imagerie effectuée avant la libération de ces patients en postopératoire peut être considérée comme une évaluation précoce, tandis que toute imagerie réalisée juste après stabilisation fonctionnelle postopératoire peut être considérée comme utile pour une évaluation ultérieure. Les indications de la scintigraphie rénale dans les phases précoce et tardive de la transplantation sont résumées dans le tableau 2.

**Tableau 2.** Indications de la scintigraphie rénale dans la transplantation rénale.

1/ Phase précoce après la transplantation	
• Détermination de la fonction de base	Information diagnostique pour une prise en charge postopératoire précoce
	Données de base utiles pour le suivi
	Information pronostic
• Evaluation d'une baisse de la fonction du greffon	
• Différentiation des causes du dysfonctionnement du greffon	
• Evaluation des collections liquidiennes péri-transplant comme les lymphocèles, les hématomes...	
• Evaluation des complications vasculaires	
2/ Phase tardive	
A.	évaluation de la dysfonction aigüe de l'allogreffe
B.	Evaluation de la pathologie à un stade infraclinique
C.	Evaluation d'une lente détérioration de la fonction du greffon
D.	Evaluation d'une sténose suspectée de l'artère rénale

### ÉVALUATION POST-OPÉRATOIRE PRÉCOCE DE LA FONCTION DU GREFFON

#### Détermination de la fonction de référence

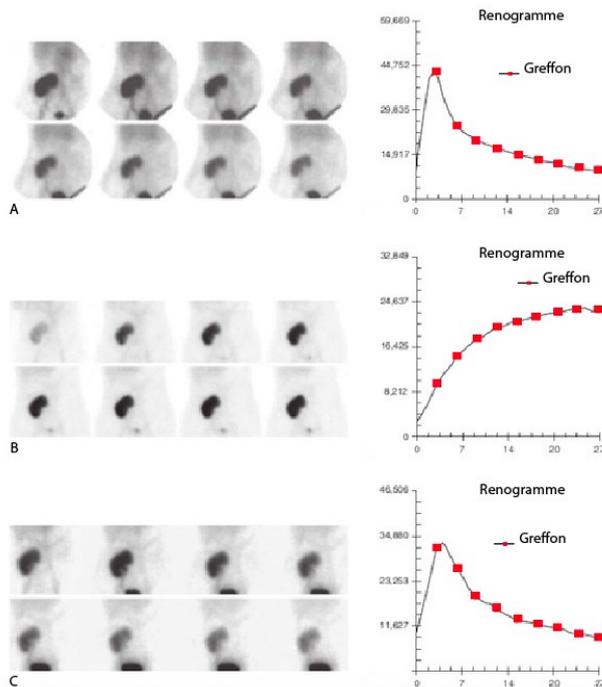
Le but des explorations isotopiques effectuées précocement après la transplantation est d'établir un diagnostic dans la prise en charge postopératoire immédiate ainsi considérés comme des examens de références afin d'évaluer une éventuelle exploration ultérieure (figure 1). Initialement, il a été suggéré que les complications précoces postopératoires pourraient plus spécifiquement détecter en effectuant des examens performants, démontrer des changements dans la fonction rénale.

Dans une étude réalisée avec le MAG3, la spécificité diagnostique d'une série d'examens isotopiques a été considérée comme insuffisante pour le diagnostic différentiel des complications précoces postopératoires et il a été suggéré qu'elle soit performante uniquement dans les des greffons non fonctionnels (12).

Dans plusieurs études réalisées avec le DTPA, l'évaluation en série de la perfusion et des paramètres de la fonction a été reportée comme efficace pour le diagnostic ou le diagnostic différentiel des complications communes précoces en post transplantation (14-16). Dans les programmes de l'imagerie courante en post-transplantation précoce, la plupart des centres effectuent une scintigraphie rénale seulement dans le cas du DGF. Dans certains centres, les examens de routine réalisés à deux reprises pendant une semaine après le geste de transplantation sont remplacés par une étude unique juste avant la décharge et cela pour les cas non compliqués. En plus de leurs contributions au diagnostic et à la surveillance, il a été démontré que les examens scintigraphiques de référence présentaient une valeur pronostique à court et à long terme. Les taux de survie à court terme d'une transplantation rénale ont considérablement augmenté au cours des deux dernières décennies et cela depuis l'introduction des agents immunosuppresseurs de nouvelle génération.

À l'heure actuelle, les recherches se sont concentrées sur l'évaluation de la survie du greffon à 5 ans ou plus après la transplantation. Plusieurs facteurs biochimiques, histologiques, immunologiques et radiologiques ont été proposés afin d'obtenir une valeur pronostique.

Le taux de créatininémie obtenu à 1 semaine ou à 12 mois après la transplantation et la réduction du rapport de créatininémie comparativement à celui obtenu le deuxième jour après le geste de transplantation ont été proposés comme prédicteurs fiables de la survie à long terme (17-19). Plusieurs paramètres de perfusion et de non-perfusion avec les agents tubulaires ou glomérulaires ont été étudiés pour cet objectif. Une étude a montré que l'utilisation d'agents tubulaires, ERPF à un seul échantillon mesuré dans la période immédiate après la transplantation et les paramètres de rénogramme tels que  $T_{max}$  (temps enregistré au maximum de la captation du radiotracteur) et R20 (activité résiduelle à 20 min après l'injection du radiotracteur) pour être des prédicteurs significatifs de la survie pour les transplantations de cadavres, mais pas pour les transplantations de donneurs vivants (20). Guignard *et al.* (21) ont inclus seulement des greffons à fonction retardée et trouvé une corrélation significative entre les résultats de l'examen scintigraphique au MAG3 réalisé à 72 heures après la transplantation et le succès du geste à 1 an. Ils ont trouvé le rapport K/A pour être un meilleur paramètre pronostique à court terme du greffon comparé à PI. Dans une étude qui a classé les résultats des



**Figure 1.** A Images séquentielles et la courbe rénale correspondant d'un examen scintigraphique de référence au MAG 3 réalisé précocement après la transplantation. B Deux mois après, les images montrent un retard de captation avec une rétention corticale du radiotracteur donnant un aspect rétentionnel de la courbe. C Reprise de la fonction rénale après 1 semaine de l'introduction des immunosuppresseurs.

courbes du rénogramme au MAG3 en postopératoire précoce, à la fois les pronostics à court et à long termes ont été signalés comme étant pauvres avec un rénogramme de grade 2 ou plus (12).

Les hauts grades des rénogrammes ont été associés à un temps plus long pour l'apparition de la fonction du greffon, à la durée prolongée du temps d'ischémie froide, au don de cadavres et à l'âge élevé des donneurs et des receveurs. Dans une autre étude utilisant le MAG3, une forte relation a été trouvée entre le 3<sup>ème</sup> jour PI et les niveaux de créatinine en série à 1, 3 et 12 mois après la transplantation (19). Dans une autre étude, un paramètre dérivé du rénogramme au MAG3 qui reflétait à la fois la perfusion et la fonction du greffon a objectivé une corrélation avec une longue survie du greffon (11). Gupta *et al.* (22) ont évalué 290 examens scintigraphiques au DTPA obtenus au 1<sup>er</sup> et au 4<sup>ème</sup> jour après la transplantation pour l'évaluation des pronostics à court et à long termes. Ils ont constaté que parmi les différents paramètres scintigraphiques, seul PI a une association consistante avec les pronostics à court et à long terme. L'association du pronostic à long terme avec les paramètres scintigraphiques de perfusion était meilleure pour les greffes de donneurs décédés. Pour les receveurs de greffons de donneurs vivants, des paramètres non-scintigraphiques tels que la créatininémie ou le GFR ont fourni une meilleure corrélation.

**Évaluation de la DGF (fonction retardée du greffon).**

La DGF causée par l'échec de la prise de la fonction du greffon après la transplantation a été associée à des séjours plus longs à l'hôpital, à une réduction de la survie du greffon ou du

patient et à une augmentation de l'incidence des épisodes AR (23,24). La DGF se produit principalement chez les patients ayant subi une transplantation de donneur décédé et a une incidence plus faible chez les donneurs vivants. L'ancienne méthode d'identification de la DGF, l'exigence de dialyse dans la première semaine après la transplantation, n'était pas standardisée et était subjective, alors que les critères de seuil pour la dialyse varient selon les établissements.

Ces dernières années, au lieu de l'exigence de dialyse, la DGF est identifiée en fonction d'une série de dosages de la créatininémie et du taux de réduction de la créatininémie (25,26).

Selon ces critères, les taux déclarés de la DGF varient entre 4 % et 50 %, les donneurs vivants ayant un taux beaucoup plus faible (24,27). Une revue de la littérature révèle qu'il n'y a pas une définition bien déterminée de la DGF. Un critère strict récemment proposé par Yarlagadda *et al.* (24) pour l'identification de la DGF est "une combinaison de besoin en dialyse (de préférence plus d'une fois) ou un taux de réduction de la créatinine inférieur ou égal à 25 % dans les 48h après la transplantation." Une définition complète de la DGF suggérée dans la même étude était «l'échec du rein transplanté à fonctionner correctement dans la phase précoce après une transplantation est due à une ischémie-reperfusion et à une perturbation immunologique.» Dans certaines études cliniques, l'ATN, l'AR et la toxicité médicamenteuse ont été considérés comme des facteurs étiologiques pour la DGF. Yarlagadda *et al.* ont proposé que la DGF ne soit présente qu'après élimination des causes de dysfonctionnement précoce du greffon dont ils ne sont pas liées à des lésions de l'ischémie-reperfusion. Ces auteurs ont souligné l'importance du diagnostic précoce de la DGF et la nécessité d'initier le traitement en quelques heures de la lésion ischémie-reperfusion

En raison de définitions contradictoires concernant la DGF, des études d'imagerie ont été réalisées au cours de la phase précoce en post transplantation et ont évalué la DGF en excluant les patients atteints d'AR ou en évaluant les causes postopératoires de la DGF dans le but de différencier ATN et AR. La principale pathologie constatée liée à la DGF est l'ATN. Pendant la phase précoce après la transplantation, l'ATN, l'AR et la toxicité médicamenteuse sont les causes les plus fréquentes de dysfonctionnement du greffon, et l'association de ces facteurs pourrait potentialiser la DGF.

L'ATN est la cause la plus fréquente de la DGF pendant la phase précoce après la transplantation. Il est plus fréquent chez les cadavres que dans les transplantations de donneurs vivants. L'ATN représente la nécrose des cellules tubulaires qui s'écoulent couramment dans la lumière tubulaire et secondairement elles provoquent une obstruction menant à l'oligurie. Elle est principalement liée au processus des lésions ischémiques du rein transplanté. En outre, la reperfusion peut entraîner des lésions par les radicaux libres d'oxygène. Il se produit généralement juste après l'intervention et se résout dans les 2 semaines, selon le degré de l'ischémie. Chez les patients avec une DGF prolongée ou marquée, la prise en compte de l'ATN est basée sur une biopsie avec une élimination des autres causes. Avec l'imagerie fonctionnelle aux radiotraceurs, une perfusion relativement conservée par rapport à la clairance a été suggérée pour indiquer l'ATN. Cependant, le type de rénogramme est différent pour les agents glomérulaires et tubulaires.

Avec des les agents tubulaires tels que le MAG3, la courbe du rénogramme est légèrement cumulative. Il y a un retard du transit avec un maximum de captation retardé. Sur les images séquentielles on constate une rétention parenchymateuse marquée du radiotracer. Avec les agents glomérulaires, il existe une courbe descendante du rénogramme sans pic maximal d'activité. Dans la plupart des cas, aucune activité dans la vessie n'a pu être détectée et il y a également une légère augmentation progressive de l'activité du bruit de fond. L'écart entre le profil de rénogramme entre les agents glomérulaires et tubulaires peut être expliqué par une manipulation différente des produits radiopharmaceutiques dans les cellules tubulaires nécrotiques et la lumière tubulaire. Il est bien connu que les lésions ischémiques augmentent la perméabilité de la membrane basale tubulaire, permettant aux molécules qui sont filtrées de rediffuser dans le compartiment vasculaire (28). Dans le cas des agents glomérulaires, plus de matière radioactive atteint la lumière tubulaire qui doit être absorbée par le compartiment vasculaire. Dans le cas des agents glomérulaires, une activité significative atteint la lumière tubulaire qui doit être absorbée par le compartiment vasculaire. Avec les agents tubulaires, il existe une accumulation progressive du radiotracer dans les cellules tubulaires nécrotiques.

El-Maghraby *et al.* (10) ont étudié des patients atteints de DGF en utilisant de TFS obtenus d'une série d'exams au MAG3. Cette étude n'a révélé que le temps d'ischémie froide pour être un facteur de risque indépendant pour un faible TFS. La plupart des patients bénéficiant d'une transplantation rénale ont connu une phase de récupération suite à une lésion post ischémique. Il a été suggéré qu'après la récupération initiale de la lésion post ischémique, le TFS peut être utilisé comme marqueur de la masse rénale fonctionnelle. Dans une autre étude en post-transplantation précoce réalisée avec le traceur MAG3, les receveurs de donneurs décédés suite à un arrêt cardiaque ont été sélectionnés et un paramètre d'extraction tubulaire a été utilisé pour surveiller les changements (29). Une corrélation significative a été observée entre le taux d'extraction tubulaire et la dépendance à la dialyse. Le plasma rénal efficace calculé à partir d'un échantillon de sang unique suite à un examen MAG3 a montré qu'il identifiait des patients présentant un risque élevé de développement de la DGF (30).

L'association du pronostic à long terme avec les paramètres scintigraphiques de perfusion était meilleure pour les greffes de donneurs décédés. Pour les receveurs de greffons de donneurs vivants, des paramètres non-scintigraphiques tels que la créatininémie ou le GFR ont fourni une meilleure corrélation.

## CONCLUSIONS ET SUGGESTIONS

### Diagnostic des complications précoces de la transplantation

Un simple examen après le geste de la transplantation peut diagnostiquer des cas de thrombose de l'artère rénale, ainsi la découverte des fuites urinaires et de ce fait le diagnostic de plusieurs complications parenchymateuses précoce est facilement suggéré. L'imagerie scintigraphique semble être plus utile dans l'isolation des cas d'ATN ou d'AR.

L'hypothèse initialement acceptée de l'imagerie dynamique utilisant des radiotraceurs pendant la phase précoce en post transplantation pour être utile dans le diagnostic spécifique est discutable. Cela nécessite le déplacement des patients

vers le service de médecine nucléaire à plusieurs reprises pendant la première semaine ou plus dans les cas de DGF, en revanche, une étude de référence peut être plus utile en tant qu'outil comparatif pour le diagnostic d'épisodes AR pendant la première année ou plus après la transplantation.

### Diagnostic des complications tardives de la transplantation

La procédure d'imagerie la plus couramment utilisée pour l'évaluation des reins transplantés est américaine. Une revue de la littérature révèle que même cette modalité est rarement réalisée au-delà de 3 mois après la transplantation pour évaluer les complications parenchymateuses tardives. Pour la complication tardive la plus fréquente de la transplantation, à savoir la CAN, il n'y a qu'un nombre limité d'études réalisées aux Etats-Unis. Ce nombre est encore plus faible comparativement aux autres modalités d'imagerie. Les procédures d'imagerie à ce moment-là peuvent être utilisées avec précaution en prenant en compte le déplacement des patients vers l'unité d'imagerie. La CAN est la principale cause de rejet tardive d'allogreffe. Son association avec la DGF et les épisodes répétés de l'AR est bien documentée. Il existe une association entre DGF et AR qui survient plus d'un an après la transplantation (23). Les épisodes AR tardifs ont plus d'effet négatif sur la survie du greffon par rapport aux épisodes précoces (31). L'imagerie utilisant des radiotraceurs peut être utilisée pour le diagnostic d'AR tardive chez des patients à haut risque. Son avantage principal est de relier la perfusion à la fonction. Bien que dans la littérature la plupart des études sur les examens scintigraphiques évaluent soit la perfusion ou la fonction séparément, la relation entre ces 2 paramètres peut être plus importante dans l'évaluation des complications post transplantation tardive.

Cette information pourrait révéler des données concernant l'évolution fonctionnelle de la CAN et peut avoir le potentiel d'affecter les protocoles de traitement des patients. Des études comparatives comportant des biopsies à des intervalles prédéterminés après la transplantation peuvent fournir des informations utiles dans la prise en charge des patients. De cette façon, l'imagerie fonctionnelle utilisant des radiotraceurs est non invasive dont les protocoles des biopsies peuvent être remplacés par cette modalité d'imagerie

### Études comparatives entre les modalités d'imagerie

L'imagerie fonctionnelle utilisant les radiotraceurs et l'échographie Doppler semblent avoir une performance similaire dans l'évaluation de la perfusion du greffon. Cependant, la scintigraphie a l'avantage supplémentaire de fournir des informations fonctionnelles. Des études comparatives avec l'échographie doppler et la scintigraphie peuvent être nécessaires pour différencier les pathologies du parenchyme. Une étude similaire peut être menée pour évaluer la perfusion et la diminution de la fonction dans les cas de CAN.

### Prise en charge des patients

Dans la plupart des centres de transplantation, la première réponse à la détérioration de la fonction de greffon est liée à l'initiation du traitement par les bolus de corticoïdes. En cas de rejet infraclinique ou de cas limite, la décision thérapeutique peut être basée sur la détection des perturbations fonctionnelles par la scintigraphie.

Dans les cas d'AR, l'initiation d'un traitement par des corticoïdes ou des modalités thérapeutiques plus agressives telles que le traitement par induction d'anticorps mono-

clonaux peut être basée sur des résultats scintigraphiques (32). Des études comparatives avec des les résultats des biopsies pourraient être nécessaires dans les cas de pathologie infra-clinique pour identifier l'intérêt de l'imagerie scintigraphiques dans la prise en charge des patients.

**Conflits d'intérêts :** L'auteur ne déclare pas de conflits d'intérêts en rapport avec cet article.

## RÉFÉRENCES

1. Womer KL, Kaplan B. Recent developments in kidney transplantation—A critical assessment. *Am J Transplant* 2009; 9: 1265-1271
2. Lamb KE, Lodhi S, Meier-Kriesche HU. Long-term renal allograft survival in the United States: A critical reappraisal. *Am J Transplant* 2011;11: 450-462
3. Port FK, Dykstra DM, Merion RM, et al: Trends and results for organ donation and transplantation in the United States, 2004. *Am J Transplant* 2005;5:843-849
4. Thomsen HS. Renal transplant evaluation. In: Murray LPC, Ell PJ, (eds): *Nuclear Medicine in Clinical Diagnosis and Treatment*. New York: Churchill Livingstone; 1994
5. Lin E, Alavi A: Significance of early tubular extraction in the first minute of Tc-99m MAG3 renal transplant scintigraphy. *Clin Nucl Med* 1998;23: 217-222
6. Aktas A, Haberal M: Classification of Tc-99m DTPA renograms based on the relationship between uptake and perfusion pattern. *Transplant Proc* 2005;37:4259-4265
7. Kirchner PT, Goldman MH, Leapman SB, et al: Clinical application of the kidney to aortic blood flow index (K/A ratio). *Contrib Nephrol* 1978;11:120-126
8. Riedinger BA, Touzery C, Chevet D, et al: Normal range of Tc-99m MAG3 renogram parameters in renal transplant recipients. *Transplant Proc* 1994;26:301-302
9. Hilson AJ, Maisey MN, Brown CB, et al: Dynamic renal transplant imaging with Tc-99m DTPA (Sn) supplemented by a transplant perfusion index in the management of renal transplants. *J Nucl Med* 1978;19:994-1000
10. El-Maghraby TA, Boom H, Camps JA, et al: Delayed graft function is characterized by reduced functional mass measured by Tc-99m MAG3 renography. *Transplantation* 2002;74:203-208
11. Stevens H, de Klerk JMH, Mertens LJR, et al: Quantitative baseline renography 48 hours after renal transplantation predicts long-term graft survival. *Eur J Nucl Med* 2001;28:1677-1681
12. Heaf JG, Iversen J. Uses and limitations of renal scintigraphy in renal transplantation monitoring. *Eur J Nucl Med* 2000;27:871-879
13. Russell CD, Japanwalla M, Khan S, et al. Techniques for measuring renal transit time. *Eur J Nucl Med* 1995;22:1372-1378
14. Kohli HS, Gupta A, Arora P, et al: Tc-99m DTPA scan as a diagnostic marker of acute rejection in renal transplantation. *J Assoc Physicians India* 1994;42:283-286
15. McConnell JD, Sagalowsky AI, Lewis SE, et al: Prospective evaluation of renal allograft dysfunction with Tc-99m DTPA renal scans. *J Urol* 1984;131:875-879
16. Kim EE, Pjura G, Lowry P, et al. Cyclosporin-A nephrotoxicity and acute cellular rejection in renal transplant recipients: Correlation between radionuclide and histologic findings. *Radiology* 1986;159:443-446
17. Schnuelle P, Gottmann U, Koppel H, et al: Comparison of early renal function parameters for the prediction of 5-year graft survival after kidney transplantation. *Nephrol Dial Transplant* 2007;22:235-245
18. Hariharan S, McBride MA, Cherikh WS, et al: Post-transplant renal function in the first year predicts long-term kidney transplant survival. *Kidney Int* 2002;62:311-318
19. Ngai S, Demetriades T: Prediction of long-term renal transplant allograft function from day 3 post-transplant Tc-99m MAG3 scintigraphy. *Clin Nucl Med* 2008;33:102-105
20. Russell CD, Yang H, Gaston RS, et al: Prediction of renal transplant survival from early postoperative radioisotope studies. *J Nucl Med* 2000;41:1332-1336
21. Guignard R, Mourad G, Mariano-Goulart D: Utility of postsurgical renal scintigraphy to predict one-year outcome of renal transplants in patients with delayed graft function. *Nucl Med Commun* 2011;32: 314-319
22. Gupta SK, Lewis G, Rogers K, et al: Quantitative Tc-99m DTPA renal transplant scintigraphy predicts graft survival in the very early post-operative period. *Nucl Med Commun* 2012;33:1292-1299
23. Patel SJ, Duhart BT, Krauss AG, et al: Risk factors and consequences of delayed graft function in deceased donor renal transplant patients receiving antithymocyte globulin induction. *Transplantation* 2008;86: 313-320
24. Yarlagadda SG, Coca SG, Garg AX, et al: Marked variation in the definition and diagnosis of delayed graft function: A systematic review. *Nephrol Dial Transplant* 2008;23:2995-3003
25. Govani MV, Kwon O, Batiuk TD, et al. Creatinine reduction ratio and 24-hour creatinine excretion on posttransplant day 2: Simple and objective tools to define graft function. *J Am Soc Nephrol* 2002;13: 1645-1649
26. Vilar E, Varagunam M, Yaqoob MM, et al: Creatinine reduction ratio: A useful marker to identify medium and high-risk renal transplants. *Transplantation* 2010;89:97-103
27. Salamzadeh J, Sahraee Z, Nafar M, et al: Delayed graft function (DGF) after living donor kidney transplantation: A study of possible explanatory factors. *Ann Transplant* 2012;17:69-76
28. Donohue JF, Venkatachalam MA, Bernard DB, et al: Tubular leakage and obstruction after renal ischemia: Structural-functional correlations. *Kidney Int* 1978;13:208-222
29. Majima T, Hattori R, Funahashi Y, et al: Tc-99m MAG3 renography to monitor renal transplant function among kidneys from donors after cardiac death. *Transplant Proc* 2012;44:49-53
30. Freedland SJ, Mishkin F, Shoskes DA: Effective renal plasma flow calculated from a single blood sample following Tc-99m MAG3 renal scan can predict delayed graft function in renal transplantation. *Tech Urol* 2001;7:281-284
31. Alarrayed S, El-Agroudy A, Al-Arrayed A, et al. Why does kidney allograft fail ? A long-term single center experience Saudi J Kidney Dis Transpl 2011;22:818-824
32. Aktas A, Moray G, Karakayali H, et al. Contribution of renal scintigraphy to management of patients with acute renal allograft dysfunction. *Transplant Proc* 2002;34:2099-2101