

# UROGRAPHIE PAR RÉSONANCE MAGNÉTIQUE DE L'ENFANT

Simone Schrading, Sylvia Kaiser, Justus Roos, Nikolai Stahr

Traducteur: Rudolf Schlaepfer



Simone Schrading

<https://doi.org/10.35190/Paediatria.f.2022.1.8>

## Introduction

Les malformations rénales et urétérales comptent parmi les plus fréquentes de l'enfant<sup>1-3</sup>. L'éventail des anomalies du tractus urinaire va de l'hydronéphrose transitoire à la dysplasie et l'agénésie rénale. L'imagerie à haute résolution des voies urinaires apporte la base décisionnelle pour les mesures à prendre, dès la naissance, chez chacun de ces enfants, pour évaluer qui nécessite une intervention et qui d'autre part a un bon pronostic concernant la fonction rénale aussi sans chirurgie<sup>4,5</sup>.

La tâche de l'imagerie ne consiste pas seulement à reproduire l'anatomie des voies urinaires mais surtout de diagnostiquer la cause sous-jacente d'une hydronéphrose, comme p.ex. une obstruction de la jonction pyélo-urétérale, un reflux vésico-urétéral ou un méga-urètre obstructif. Un objectif important de l'imagerie est aussi d'évaluer la fonction rénale de l'enfant atteint<sup>2,3</sup>.

Dans la pratique clinique, l'imagerie chez l'enfant avec une hydronéphrose comprend dans un premier temps l'échographie à haute résolution et la cysto-urétrographie mictionnelle (CUM), et de plus en plus souvent l'échographie de contraste (EC). Les deux méthodes se sont avérées sans aucun doute très efficaces dans l'évaluation des voies urinaires et permettent aussi une estimation des risques<sup>3-5</sup>. Pour l'évaluation de la fonction rénale on utilise toujours et encore, en tant que méthode standard efficace, la scintigraphie rénale dynamique, qui cependant ne livre guère de détails anatomiques des voies urinaires<sup>6</sup>.

Lors de malformations plus complexes des voies urinaires la précision de ces techniques d'imagerie standard est souvent limitée, même utilisées simultanément<sup>5</sup>.

Depuis son introduction dans les années 2000, l'uro-IRM a constamment gagné en importance dans l'évaluation des voies urinaires de l'enfant, grâce au développement technique et aux améliorations de l'IRM<sup>7-9</sup>. Le grand avantage de l'uro-IRM est la mise en évidence de la morphologie et de la fonction rénale et urétérale séparément pour les deux côtés dans le même examen, sans exposition aux rayons<sup>10</sup>.

L'uro-IRM est effectuée dans un premier temps en mode statique-dynamique (*figure 1*). Les séquences statiques livrent une image détaillée et précise de l'anatomie des voies urinaires, ce qui est précieux notamment pour les malformations de l'uretère, p.ex. uretère bifide ou duplication de l'uretère. La phase dynamique de l'uro-IRM donne des images en haute résolution de la perfusion et de l'excrétion rénales et de tout le tractus urinaire, depuis la phase artérielle en passant par l'accumulation de contraste dans le bassinet rénal et l'uretère jusqu'à la phase excrétoire tardive, de manière détaillée et séparément pour les deux côtés. À partir des données dynamiques de l'uro-IRM, un logiciel spécifique permet d'établir des courbes objectives de la qualité de la fonction rénale et du flux urinaire dans le temps. Le principe est comparable à celui de la scintigraphie. À la place du traceur radioactif on utilise le produit de contraste pour IRM, le gadolinium-DTPA, sûr et bien évalué aussi chez l'enfant<sup>7-11</sup>.

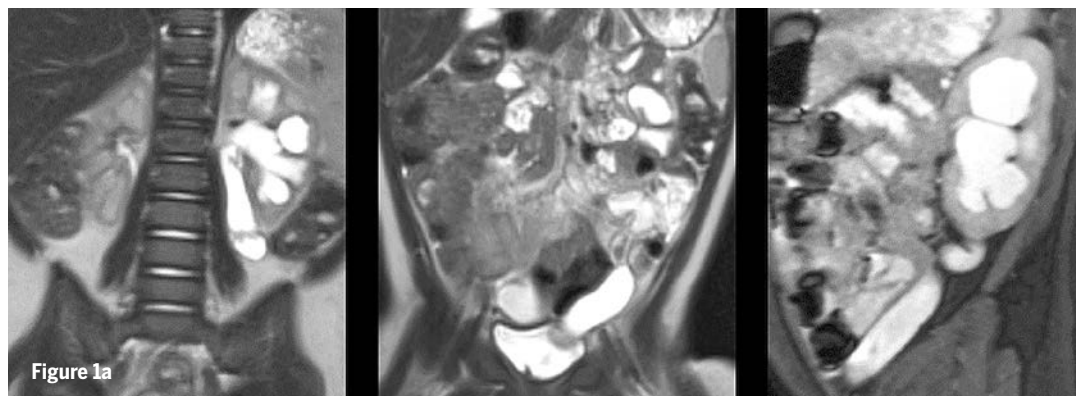
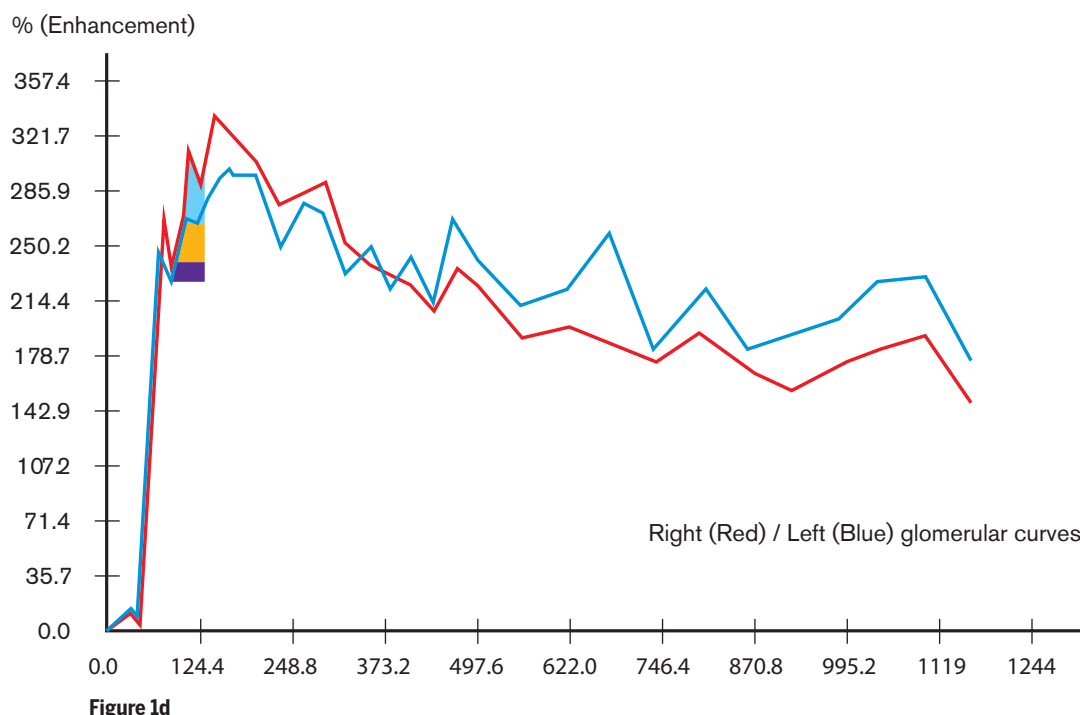
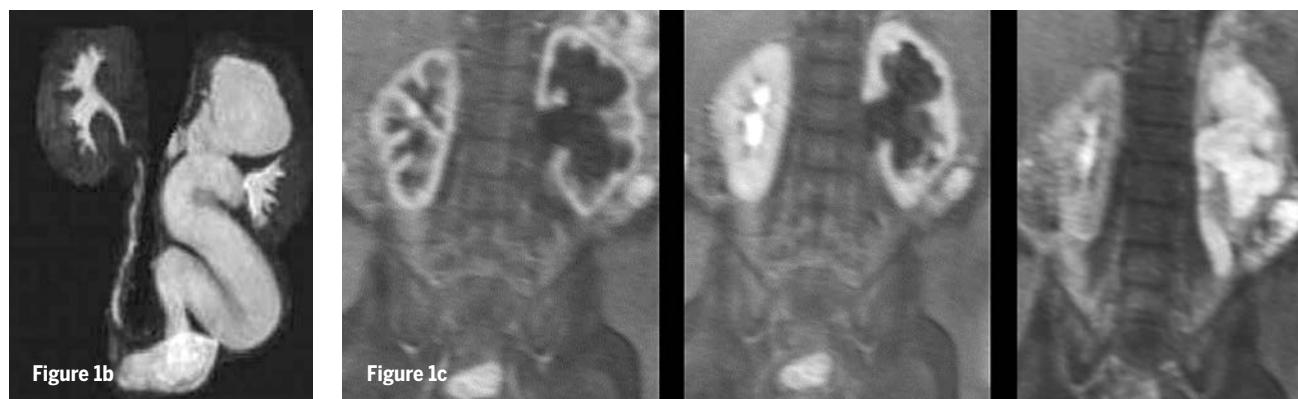


Figure 1a

Correspondance:  
simone.schrading@luks.ch



**Figure 1.** Nouveau-né de sexe féminin, âgée de 3 mois, avec hydronéphrose et méga-uretère gauche.  
 1a: Séquence d'écho de spin pondérée en T2, coronale et axiale, reproduisant l'anatomie.  
 1b: Projection du maximum d'intensité (MIP) pour une vue d'ensemble 3D  
 1c: Séquence en écho de gradient pondérée en T1 dynamique pour l'analyse de la fonction rénale  
 1d: Courbe d'excrétion des deux côtés séparément

Un désavantage relatif de l'uro-IRM est la durée souvent longue, d'au moins 40 minutes<sup>6)</sup>. Pour la plupart des enfants de moins de dix ans cela rend nécessaire une sédation voire une anesthésie générale, avec les risques inhérents d'effets secondaires et complications connus, bien que la probabilité de complications significatives soit minime<sup>7,8)</sup>. Par ailleurs la durée de l'uro-IRM est comparable à celle de la scintigraphie MAG-3, qui exige également une sédation pour les petits enfants<sup>9)</sup>.

## Indications

Les indications de l'uro-IRM sont semblables à celles de la scintigraphie rénale. Les indications typiques

pour l'uro-IRM sont p.ex. l'hydronéphrose pré- ou postnatale prononcée, les sténoses sous-pelviennes, le méga-uretère, la duplicité rénale compliquée, le rein ectopique, les malformations de l'urètre, p.ex. valves urétrales, et la présence d'un reflux vésico-urétéral. L'uro-IRM s'avère très utile aussi lors d'aspects morphologiques pas clairs du tractus urinaire à l'imagerie conventionnelle<sup>5,8,9)</sup>.

L'objectif de l'uro-IRM est la représentation tridimensionnelle exacte des voies urinaires et l'évaluation fonctionnelle séparée des deux reins. L'uro-IRM est donc utilisée surtout pour la planification préopératoire, en tant que base pour le suivi, pour la mise en évidence de complications postopératoires, d'une inflammation ou fibrose et lors de malformations complexes des voies urinaires<sup>12-13)</sup>.

## Exécution de l'uro-IRM

### 3.1. Conduite pratique (tableau 1)

Avant une uro-IRM on devrait effectuer chez tous les enfants une échographie des voies urinaires afin d'avoir une vue d'ensemble sur la pathologie à examiner et poser l'indication à l'uro-IRM. Un reflux devrait initialement être examiné par une CUM ou une EC, car il ne peut pas être mis en évidence de manière fiable par l'uro-IRM. Sur la base de ces examens préliminaires l'équipe interdisciplinaire pose l'indication à l'uro-IRM.

L'âge des enfants nécessitant une sédation ou anesthésie se situe entre <6 et 10 ans. Les besoins

sont très variables d'un enfant à l'autre et doivent être adaptés individuellement. La compliance de l'enfant dépend de son développement, d'expériences préalables, d'une bonne préparation ludique à l'uro-IRM (p.ex. avec des vidéos, des livres, etc.) par les parents et l'équipe de radiologie avant et pendant l'examen.

Avant toute uro-IRM on doit disposer d'un taux de créatinine plasmatique actuel, l'administration du produit de contraste (gadolinium) étant contre-indiquée avec un taux de filtration glomérulaire <30 ml/min/m<sup>2</sup>.

#### Préparation spécifique avant l'examen

La préparation de l'enfant consiste d'abord en hydratation par l'administration de 20 ml/kg de solution

Mesure	Responsable et remarques	
<b>Convocation de l'enfant</b>	Au moins. 60-90 min. avant le début de l'uro-IRM	Secrétariat de radiologie et clinique pédiatrique
<b>Explication de la nécessité et informations sur l'uro-IRM</b>	Policlinique pédiatrique/chirurgie pédiatrique	Pédiatres ou chirurgiens pédiatres avant ou le jour de l'uro-IRM
<b>Enfant sans sédation: mise en place du cathéter urinaire et de la voie veineuse</b>	Policlinique pédiatrique/chirurgie pédiatrique	Pédiatres
<b>Hydratation</b>	Début à la policlinique puis au service uro-IRM	20 ml/kg iv. pendant au moins 30 min., clamber le cathéter
<b>Enfant avec sédation: prise en charge par anesthésie</b>	Département uro-IRM	Équipe anesthésie
<b>Admission / Information aux parents et à l'enfant sur de déroulement de l'uro-IRM</b>	Département uro-IRM	Personnel du service de radiologie
<b>Positionnement et début de l'uro-IRM</b>	Position dorsale, bras au-dessus de la tête, positionnement dans équipement adapté	Personnel du service de radiologie
<b>Réalisation des images:</b>	Département uro-IRM	Personnel du service de radiologie
Séquences natives	Séquence d'écho de spin pondérée T2 et T1, axiale et coronale, avec et sans suppression de graisse	
Diurèse iv.	1.0 mg/ kg (max. 20 mg) furosémide cathéter ouvert	
Séquences natives	T2-TSE 3D à haute résolution, avec et sans suppression de graisse	
Dynamique du produit de contraste	Séquences en écho de gradient 3D pondérées en T1, avec suppression de graisse, image native	
Produit de contraste iv.	0.2 ml/kg gadolinium-DTPA	
Images d'afflux et d'excrétion	Séquences en écho de gradient 3D pondérées en T1, avec suppression de graisse, image après produit de contraste	
Images excrétoires tardives	Écho de gradient 3D pondérées en T1, axiales et coronales, avec suppression de graisse, si nécessaire à répéter plusieurs fois, jusqu'à obtention d'une image suffisante du tractus urinaire par le produit de contraste	
<b>Ablation du cathéter et de l'accès iv.</b>	Département uro-IRM	Personnel du service de radiologie ou anesthésie
<b>Enfant avec sédation</b>	Surveillance de l'enfant quelques heures dans la clinique de jour	Prise en charge par pédiatres et anesthésie
<b>Discussion du suivi avec les parents et retour à domicile</b>		Pédiatre ou radiologue

Tableau 1. Protocole du déroulement de l'uro-IRM de l'enfant

## Formation continue

NaCl physiologique ou Ringer 30-40 minutes avant l'examen. Une bonne hydratation diminue la concentration de gadolinium dans le système pyélocaliciel et empêche l'effet T2\* indésirable par du produit hautement concentré dans le bassinét rénal. En outre on obtient un contraste homogène des calices, du bassin et des uretères.

Après l'hydratation et l'administration de furosémide, la vessie se remplit rapidement. Pour éviter le besoin d'uriner dû à la diurèse forcée et continue, on préconise la pose d'un cathéter vésical avant l'uro-IRM. Cela évite aussi que la pression exercée par la vessie pleine engendre un wash-out ralenti du produit de contraste depuis le bassinét rénal et donc une distorsion des valeurs de la fonction rénale.

En présence d'un reflux vésico-urétéral important, d'un méga-uretère et chez l'enfant sous sédation, la décision de poser un cathéter vésical devrait être interdisciplinaire. Chez l'enfant plus âgé (>10 ans) avec une bonne compliance on pourra le cas échéant renoncer au cathétérisme. L'enfant devra uriner avant l'examen et pour les garçons on posera un urinal.

L'administration de 1 mg/kg (max. 20 mg) de furosémide favorise la diurèse et permet ainsi une meilleure représentation du système urinaire et un temps d'examen plus court. Le furosémide est administré 15 minutes ou immédiatement avant le produit de contraste, selon le protocole interne.

### 3.2. Technique

L'uro-IRM exige un appareil IRM à haut champ magnétique de 1.5T ou 3T, les deux étant considérés actuellement équivalents pour l'uro-IRM<sup>14)</sup>. Les avantages et désavantages des deux puissances de champ magnétique se compensent et avec les deux systèmes, une uro-IRM à haute résolution anatomique et fonctionnelle de grande précision<sup>8-12)</sup> est possible. L'IRM est pratiquée avec les bobines de surface standard.

Pour évaluer la fonction rénale par l'uro-IRM dynamique, l'administration de gadolinium-DTPA est obligatoire, l'imagerie statique/anatomique étant par contre possible sans produit de contraste<sup>7)</sup>.

Pour la représentation anatomique on utilise en général les séquences d'écho de spin pondérées T2 et T1 sans suppression de graisse. L'emploi de séquences d'écho de spin rapides 3D synchronisées avec la respiration, qui permettent une reconstruction multiplanaire de chaque coupe des voies urinaires, est particulièrement utile pour la planification de l'opération<sup>7)</sup>.

L'IRM fonctionnelle est effectuée par des images dynamiques en résolution temporelle, sur une durée de 10-15 minutes après l'administration de furosémide et du produit de contraste. Elle permet l'évaluation de l'irrigation sanguine du parenchyme rénal, du début de l'excrétion dans le système pyélocaliciel, puis de l'apparition du contraste dans les uretères et la vessie. L'imagerie fonctionnelle est la base de calcul de

la fonction rénale par rapport au volume rénal et permet de visualiser des courbes de perfusion et d'excrétion (*figures 2 et 3*).

Au début de l'examen le cathéter urinaire est clampé pour pouvoir apprécier l'anatomie vésicale et urétrale. On l'ouvre ensuite pour permettre une excrétion sans encombre.

Une fois toutes les séquences enregistrées et l'examen terminé, le cathéter urinaire et l'accès veineux sont ôtés. L'enfant ayant subi une sédation/anesthésie est surveillé selon les indications de l'anesthésiste.

### 3.3. Évaluation de l'uro-IRM fonctionnelle

L'imagerie par contraste renforcé de l'uro-IRM permet de calculer la fonction rénale des deux reins séparément. En analysant le passage du produit de contraste par les reins et les voies urinaires on peut déterminer plusieurs paramètres quantitatifs qui décrivent la perfusion rénale et l'excrétion. L'analyse des données de l'uro-IRM dynamique est possible avec des logiciels disponibles gratuitement (p.ex. <http://www.chop-fmru.com>)<sup>15)</sup>.

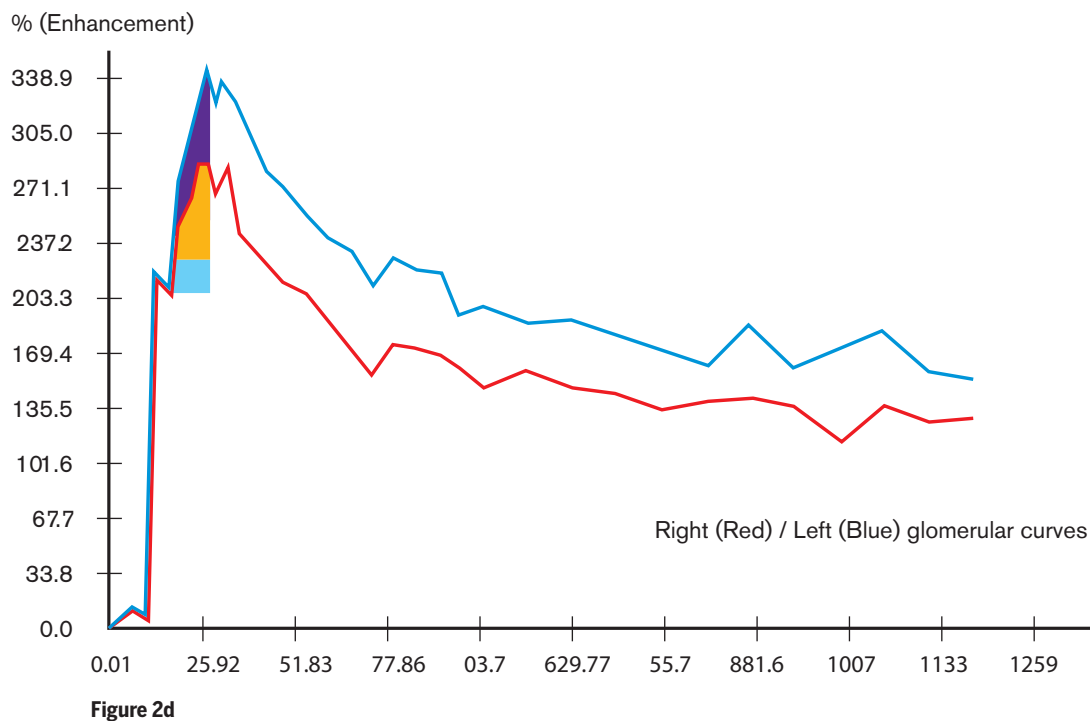
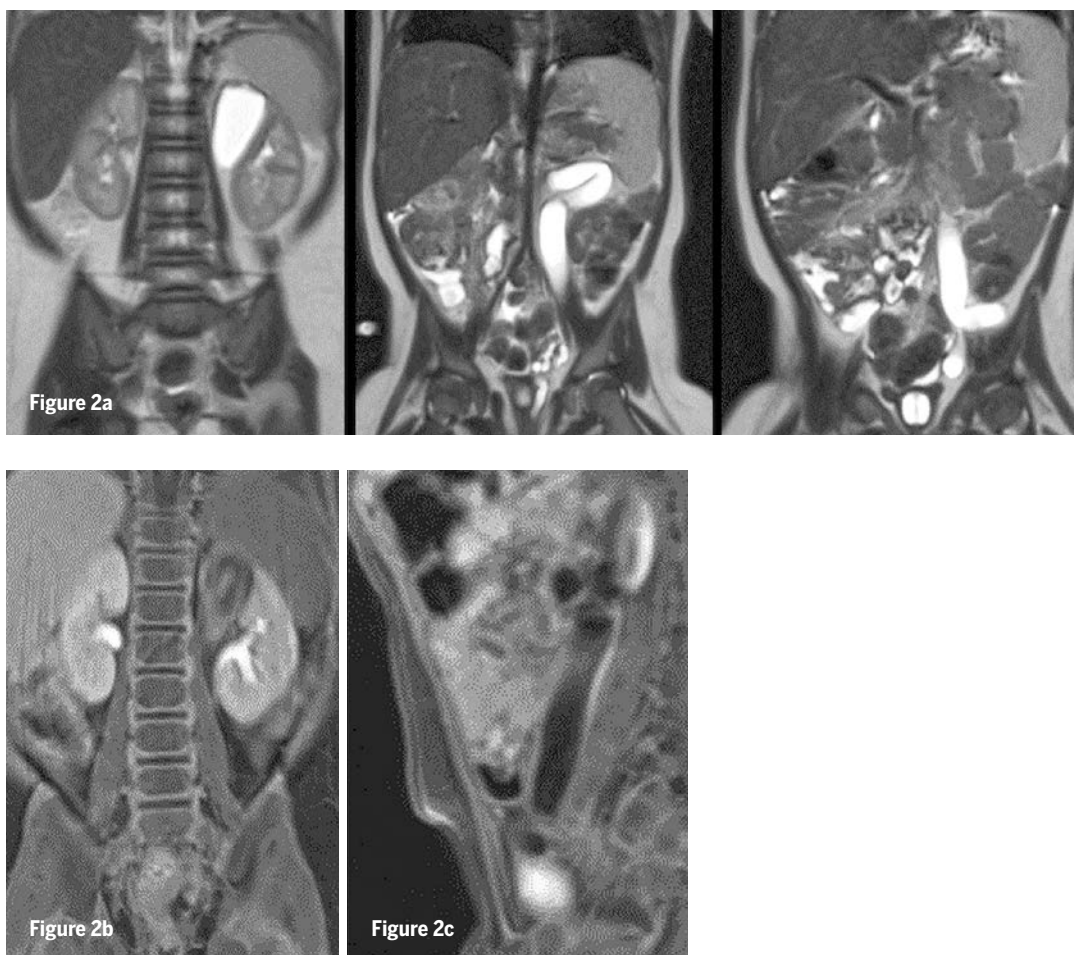
Le calcul quantitatif de la fonction (méthode selon Patlak) se base sur la détermination du temps de transit caliciel et rénal. Le temps de transit caliciel décrit le temps nécessaire au produit de contraste pour atteindre les calices. Le temps de transit rénal est le temps qu'il faut au produit de contraste pour atteindre l'uretère proximal sous le pôle rénal. Après l'analyse en fonction du volume, on visualise les courbes de perfusion et d'excrétion, par analogie aux courbes fonctionnelles de la scintigraphie (*figures 2 et 3*).

## Efficacité de l'uro-IRM comparé à la scintigraphie

Ces dernières années un grand nombre d'études évaluant la précision et le bénéfice de l'uro-IRM comparé à la scintigraphie au MAG3 ont été réalisées. Toutes les études démontrent que l'uro-IRM est actuellement la méthode diagnostique la plus précise pour documenter des pathologies anatomiques et structurales des voies urinaires<sup>16,17)</sup>.

En outre plusieurs études comparatives montrent avec une concordance impressionnante que la détermination de la fonction rénale par l'uro-IRM fournit des paramètres fonctionnels très comparables à ceux de la scintigraphie ( $r=0.9$ ) (*figure 1*). Ce n'est qu'en présence d'une obstruction des voies urinaires que la sensibilité de l'uro-IRM est légèrement moins bonne, comparée à la scintigraphie au MAG3<sup>16,17)</sup> (*figure 4*). L'uro-IRM apparaît donc équivalente à la scintigraphie, sans devoir utiliser un traceur radioactif, avec l'avantage d'une représentation à très haute résolution de la totalité des voies urinaires.





**Figure 2.** Fillette de 6 mois avec double-rein à gauche. Hydronéphrose de la partie supérieure et méga-uretère gauche.

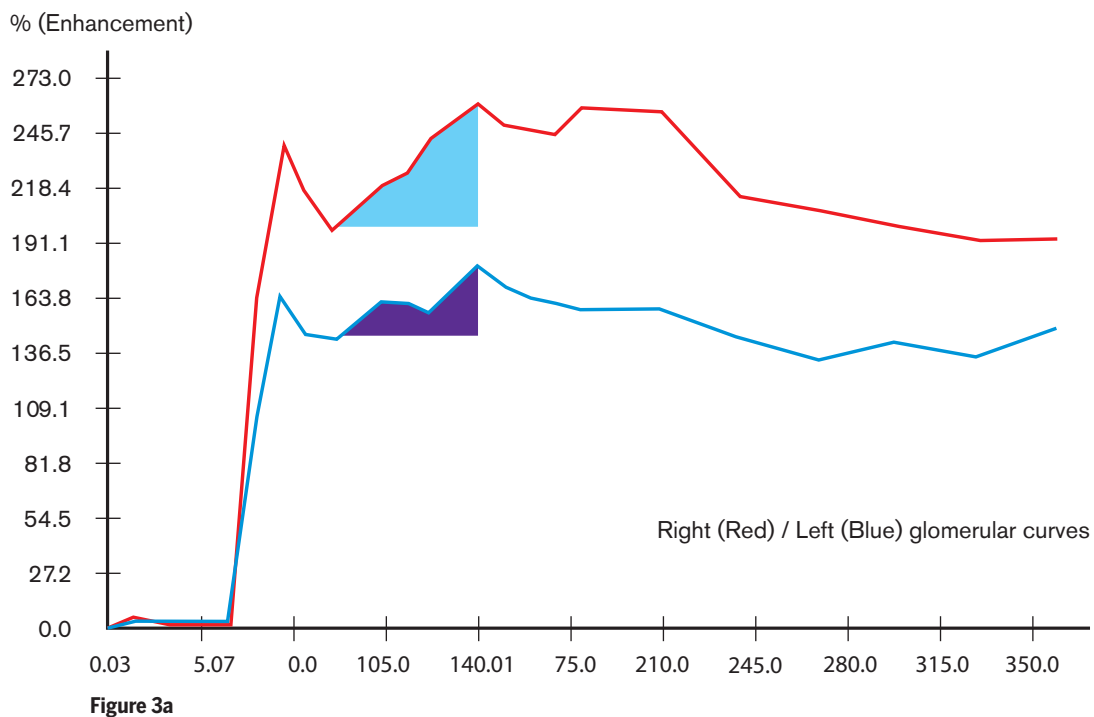
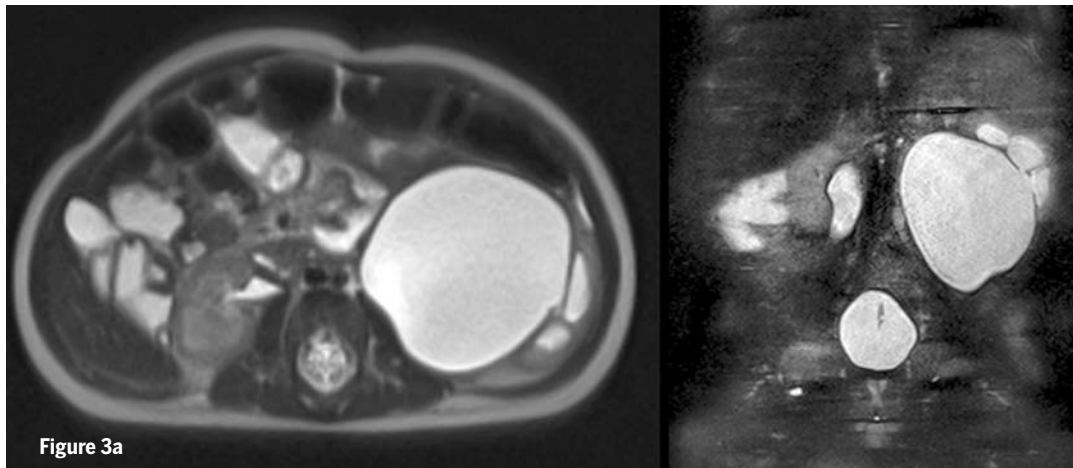
IRM préopératoire

2a : Séquence d'écho de spin pondérée en T2, coronale et axiale, reproduisant l'anatomie.

2b : Projection du maximum d'intensité (MIP) pour une vue d'ensemble 3D

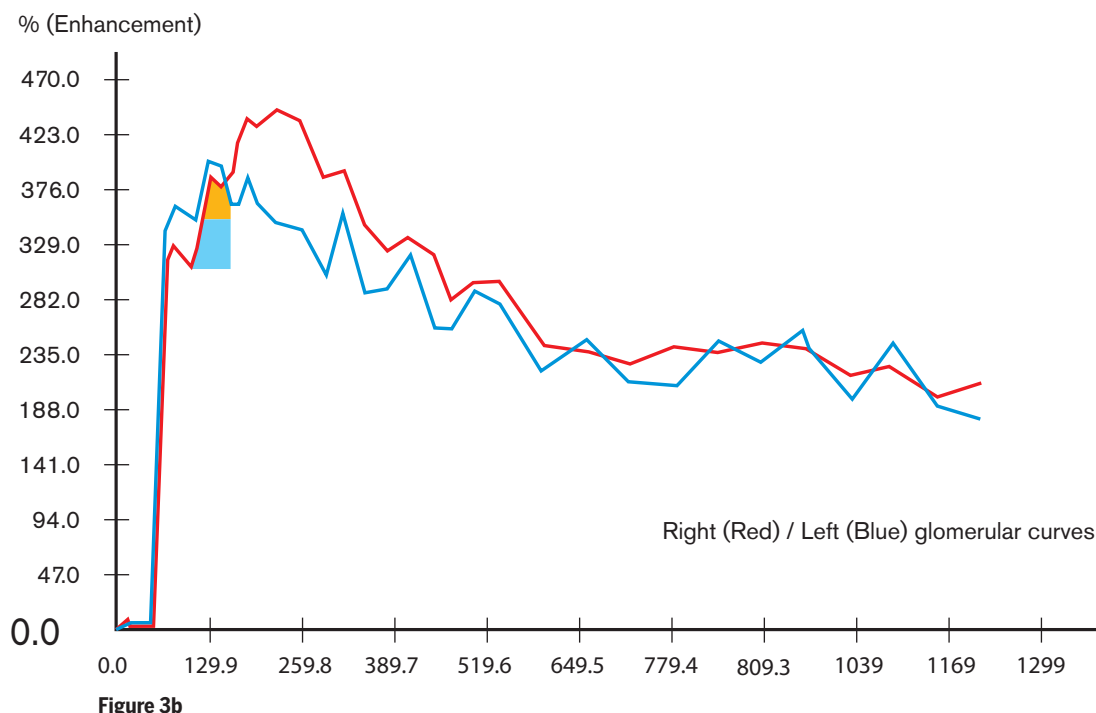
2c : Séquence en écho de gradient pondérée en T1 dynamique pour l'analyse de la fonction rénale

2d : Courbe d'excrétion des deux côtés séparément



**Figure 3.** Hydronéphrose suite à une sténose sous-pelvienne.  
3a: Séquence d'écho de spin pondérée en T2 axiale et coronale, et courbe excrétoire avant l'opération





**Figure 3.** Hydronéphrose suite à une sténose sous-pelvienne.  
3b: Séquence d'écho de spin pondérée en T2 axiale et coronale, et courbe excrétoire après l'opération

## Désavantages de l'uro-IRM et développements futurs

Comme mentionné, la durée souvent très longue de l'examen est, malgré une préparation optimale, le problème majeur de l'uro-IRM. Les enfants plus âgés mais aussi des plus jeunes sont en mesure de se soumettre à l'examen sans bouger, surtout si on a à disposition du matériel pour les distraire (p.ex. vidéos, musique, kaléidoscope, etc.). Un nombre significatif d'enfants nécessite néanmoins une sédation ou une anesthésie pour tolérer l'examen.

Pour les nouveau-nés et les nourrissons, ces dernières années la technique «feed-and-sleep»<sup>18)</sup> a été appliquée avec succès. On profite du fait que les nourrissons sont généralement si tranquilles dans leur sommeil naturel après l'allaitement, qu'il est possible d'obtenir des images d'uro-IRM de bonne qualité. Le développement des techniques de séquençage de l'uro-IRM permet d'effectuer l'examen du nourrisson en respiration libre. Pour réaliser cette technique, on positionne le nourrisson sur une coque spéciale avec des ballonnets gonflables, en veillant aussi à une température/isolation adéquate afin d'éviter que l'enfant n'ait froid. Cette méthode d'«uro-IRM au biberon» permet de renoncer, pour une population choisie de patients, à la sédation/anesthésie.

Une série de développements techniques réduiront encore davantage la durée de l'uro-IRM ces prochaines années. On peut mentionner à titre d'exemple

les séquences très rapides et de haute qualité pondérées en T2 ou la technologie «compressed-sense». Par ces séquences très rapides on pourra aussi éviter les longues périodes où le patient doit retenir son souffle, et donc effectuer l'examen des enfants en respiration libre<sup>19)</sup>. Cela augmentera en conséquence fortement le nombre d'enfants pouvant être examinés sans sédation.

## Résumé

L'uro-IRM reproduit de manière complète l'anatomie et la fonction des voies urinaires de l'enfant. Elle permet une évaluation détaillée du parenchyme et du système pyélocaliciel rénal, des uretères et de la vessie aussi en présence de malformations complexes. L'uro-IRM livre des informations qu'on n'obtient sinon que par la combinaison de plusieurs méthodes d'imagerie. Elle rend ainsi possible le dépistage précoce de malformations rénales complexes, la mise en évidence des causes intrinsèques et extrinsèques d'un trouble du flux urinaire et reproduit l'excrétion de manière douce et rapide. L'uro-IRM favorise ainsi une planification optimale et précoce du traitement, ce qui améliorera probablement de plus en plus le pronostic des enfants souffrant d'une anomalie des voies urinaires.

Les développements continus des techniques de séquençage IRM raccourciront à l'avenir la durée de l'uro-IRM, beaucoup moins d'enfants nécessiteront

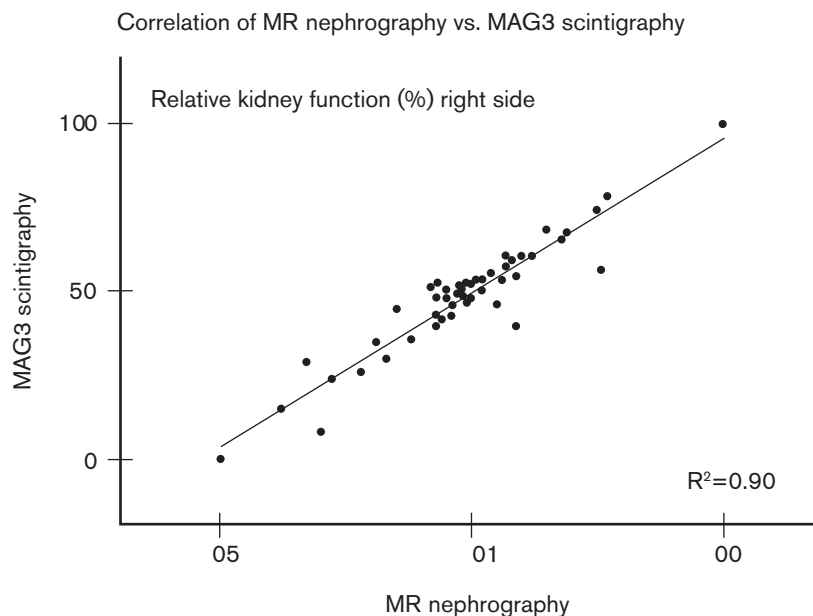


Figure 4a. Boss A, Martirosian P, Fuchs J, Obermayer F, Tsiflikas I, Schick F, et al.. Br J Radiol 2014<sup>[7]</sup>

### Results: MRU vs. MAG3

N = 26; median time interval 87 d

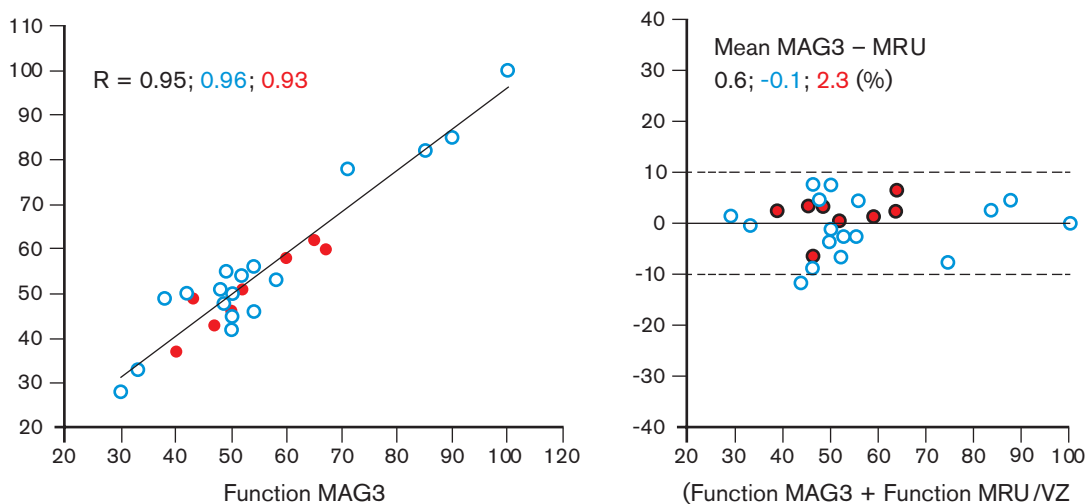


Figure 4b. Tsiflikas et al. 2018, Pediatric Radio<sup>[18]</sup>

donc une sédation ou une anesthésie pendant l'examen. Déjà de nos jours l'uro-IRM est utilisée mondialement dans de nombreuses cliniques pédiatriques parallèlement aux méthodes conventionnelles; elle remplacera à l'avenir de plus en plus les méthodes utilisées jusqu'ici, notamment la scintigraphie.

Pour la bibliographie, veuillez consulter notre version en ligne de l'article.

### Auteurs

PD Dr. med. Simone Schrading, Leitende Oberärztin, Kinderradiologie, Kantonsspital Luzern  
Dr. med. Sylvia Kaiser, Oberärztin, Kinderradiologie, Kantonsspital Luzern  
PD Dr. med. Justus Roos, Chefarzt Radiologie, Kinderradiologie, Kantonsspital Luzern  
Dr. med. Nikolai Stahr, Leitender Arzt, Kinderradiologie, Kantonsspital Luzern

Les auteurs n'ont déclaré aucun lien financier ou personnel en rapport avec cet article.