

# LA CHOLANGIO-PANCRÉATOGRAPHIE IRM ET L'EXPLORATION DES STRUCTURES CANALAIRES DE DEMAIN : TOURNEDOS OU CARPACCIO<sup>1</sup> ?

MR cholangio-pancreatography and tomorrow's MR imaging of  
ductal structures : tournedos or carpaccio ?

D Régent

Les lecteurs pardonneront la trivialité de cette métaphore culinaire qui exprime pourtant l'essentiel du débat actuel concernant la représentation des fluides stationnaires en IRM rapide : faut-il préférer une exploration des structures canalaire par projection en monocoupe épaisse ou continuer à réaliser des acquisitions multicoups fines en les complétant le cas échéant par des « post-traitements » (MIP, MPVR) permettant d'explorer un certain volume.

Le débat est beaucoup plus important qu'il n'y pourrait paraître à première vue et son champ d'application dépasse largement le cadre strict de la CP-IRM. La capacité que nous offre l'IRM de pouvoir représenter les structures canalaire de façon quasi instan-

tanée, sans injection de produit de contraste, sans radiation ionisante, ouvre en effet des perspectives très étendues tant dans l'imagerie diagnostique que dans ses applications thérapeutiques.

- Sur le plan diagnostique, ce sont toutes les opacifications canalaire instrumentales diagnostiques (CPRE mais également UPR, cystographies rétrogrades, etc.) ainsi que les méthodes « physiologiques » comme l'UIV et les opacifications digestives (transit du grêle, lavement colique) qui dans un avenir proche pourront être réalisées en technique IRM.

- Sur le plan thérapeutique, la cadence actuelle de réalisation des images IRM (une toutes les 2 secondes) laisse entrevoir la possibilité de guider un jour les gestes d'abord transpariétaux des structures liquidiennes : dérivations biliaires et urinaires, drainages d'abcès, gastrostomies, amniocentèse et radiologie interventionnelle *in utero*, etc.).

## Cahier des charges d'une bonne technique de CP-IRM

Le développement de la CP-IRM depuis le début des années 90, mais surtout entre 1995 et 1997, nous a fait comprendre un certain nombre d'éléments fondamentaux :

a) Pour obtenir une bonne représentation anatomique des fluides stationnaires dans les structures canalaire profondes, **il faut des images en très forte pondération T2** afin que seules les structures canalaire soient visibles, quel que soit leur calibre ; il faut également que les autres structures, notam-

ment les parenchymes mais surtout les vaisseaux à flux lent (veines +++) et la graisse ne donnent qu'un minimum de signal. C'est pour atteindre ou parfaire ce deuxième objectif que certaines techniques insuffisamment pondérées en T2 nécessitent le recours conjoint à des méthodes d'élimination du signal de la graisse (par saturation sélective le plus souvent) et/ou à l'emploi de bandes de présaturation pour les images vasculaires.

b) Un deuxième impératif majeur, si l'on veut obtenir des images des structures canalaire fines, est **d'éliminer les artefacts cinétiques**, particulièrement importants dans les viscères de la partie antérieure de l'abdomen surtout lorsqu'on les explore en coupes frontales. Pour atteindre cet objectif, plusieurs solutions ont été proposées :

- l'amélioration du recueil du signal (antennes de surface en réseau) ;  
- mais surtout la réduction du temps d'acquisition des coupes. Comme en radiologie conventionnelle ou en scannographie, on constate que ce n'est qu'après être passé en dessous du « seuil » de 2 secondes par coupe ou par cliché, que l'on peut obtenir régulièrement chez un sujet coopérant des images dénuées d'artefacts cinétiques respiratoires.

Toute la technologie IRM a donc dû être orientée vers une imagerie « rapide » :

- en ce qui concerne le « hardware », il a fallu avoir recours à des gradients d'intensité élevée à temps de commutation courts ( 15 mT/m/sec). Cette technique des « hypergradients » a constitué le véritable point de départ de la CP-IRM ;

- sur le plan de l'acquisition, ce sont les séquences de type spin écho à trains d'échos longs plus ou moins

<sup>1</sup> Pour les lecteurs végétariens, végétaliens ou indifférents à la sémantique alimentaire, quelques précisions utiles doivent être apportées :

- Le carpaccio est une préparation de viande de bœuf cru **coupé en très fines lamelles** aplaties par battage et marinées dans de l'huile d'olive aromatisée. Cette préparation fut en vogue au Harry's Bar à Venise et son nom lui vient de Carpaccio, peintre vénitien (1460-1525) élève des frères Gentile et Giovanni Bellini, célèbre par ses peintures narratives méticuleuses transposant les scènes de la vie des Saints dans une Venise fastueuse. Le carpaccio est devenu un classique de la cuisine italienne.

- Le tournedos est une **tranche épaisse** de filet de bœuf servie grillée ; sa dénomination est due à ce qu'ainsi découpée, la pièce de filet n'est pas présentée sur la table, mais circule tout de suite derrière le dos des convives !

- Le chateaubriand est une **tranche très épaisse** de filet de bœuf grillée et servie avec une sauce béarnaise. Son nom lui aurait été donné en 1856 en l'honneur de l'écrivain François René de Chateaubriand dont le cuisinier Montmirail avait inventé la recette (étymologie sujette à controverse).

longs, dérivées de la séquence RARE qui se sont imposées, mais dans des modalités d'application variées qui conduisent à des temps d'acquisition variant de 1 à 25 ou 30 secondes.

c) En fonction des impératifs suscités, on peut, malgré le caractère récent de la technique, distinguer plusieurs périodes dans l'évolution de la CP-IRM.

*Les acquisitions « en respiration libre contrôlée »* ont été utilisées en technique 2D et 3D, avec des séquences SE rapides (FSE, TSE à trains d'échos relativement courts). Elles comportent un moyennage de nombreuses mesures réalisées pendant une durée longue (plusieurs minutes), ce qui retentit nettement sur leur capacité à mettre en évidence des structures canalaire fines (en particulier les voies biliaires intrahépatiques non distendues). Elles peuvent être améliorées par des dispositifs synchronisant les acquisitions aux phases de stabilité abdomino-thoracique du cycle respiratoire (« trigger » respiratoire), ainsi que par les méthodes de saturation du signal de la graisse qui améliorent le rapport signal sur bruit.

*Les acquisitions « en apnée »* n'ont été rendues possibles qu'à partir du moment où l'on a disposé de trains d'échos de longueur suffisante (32 ou 64) pour que le plan de Fourier puisse être lu dans un temps compatible avec une apnée. Les apnées nécessaires : 25 à 35 secondes ou plus, restaient cependant difficiles à obtenir chez les malades et la qualité des images était très altérée par les artefacts cinétiques et le post-traitement.

*Les acquisitions « single shot »* ne comportent, comme leur nom l'indique, qu'une seule impulsion 90° suivie d'un train d'échos de refocalisation beaucoup plus long (100 à 250 ou plus) ce qui permet de lire tout (single shot FSE ou single shot TSE) ou partie (HASTE, SS-FSE) du plan de Fourier dans des temps très courts, de l'ordre de 1 à 7,5 secondes. Elles nécessitent des gradients d'intensité élevée à vitesse de commutation rapide. Le temps d'espacement des échos est également un facteur crucial dans la durée totale d'une acquisition.

### La CP-IRM en technique

« single shot » :

**acquisitions multicoupes fines ou monocoupes épaisses ?**

L'évolution technologique nous propose maintenant une nouvelle alternative :

- Si on peut obtenir une **pondération T2 très importante**, permettant de ne conserver que les images des fluides stationnaires, il est possible de réaliser avec des temps d'acquisition très courts, **l'acquisition « par projection » directe d'une coupe épaisse, voire très épaisse** (en pratique 10 à 100 mm) qui donnera instantanément une vue d'ensemble des structures canalaire concernées.

- Si on n'utilise qu'une **pondération T2 limitée** qui conserve un niveau de signal relativement important dans les parenchymes et les structures vasculaires à flux lent, il est impossible de réaliser des coupes épaisses et l'on doit donc procéder à une **acquisition « multicoupes » de coupes de faible épaisseur** (1 à 5 mm) qui pourront ensuite faire l'objet d'un **post-traitement** de type MIP ou MPVR, sur une épaisseur limitée pour obtenir la restitution d'une vue d'ensemble plus ou moins complète des arborisations canalaire explorées. Ce post-traitement est consommateur de temps, il nécessite que les coupes « natives » soient recueillies soit au cours d'une seule apnée en deux phases (pour éviter les pertes de signal dues aux artefacts d'entrecroisement ou « cross-talk », il faut acquérir la série de coupes de rang pair puis la série de coupes de rang impair), soit au cours de deux apnées successives (mais il faut que la pause respiratoire se situe au même moment du cycle, faute de quoi les projections MIP seront grevées d'artefacts liés au déplacement des images des structures canalaire).

Le niveau de pondération T2 est directement lié à la durée du TE effectif ( $TE_{eff}$ ). **La clé de l'accès à la technique d'acquisition par projection en coupe épaisse est un  $TE_{eff}$  long de l'ordre de 900 à 1200 ms.** Quatre méthodes permettent de travailler en « single shot » avec un  $TE_{eff}$  long :

- Deux de ces méthodes sont des séquences en 1/2 plan de Fourier :

- *La séquence HASTE* (Half Fourier Acquisition Single Shot Turbo Spin Echo) proposée par Siemens avec  $TE_{eff}$  à 1100 ms. Le temps d'acquisition est d'environ 7,5 secondes par coupe. Une version très récente FAST-HASTE permet de réduire ce temps d'acquisition en diminuant d'environ de moitié le temps d'espacement des échos.

- *La séquence SS-FSE* (Single Shot - Fast Spin Echo) proposée par GE Medical Systems. Le temps d'acquisition est de 0,9 seconde par coupe seulement, en raison d'une durée d'espacement des échos très faible (de l'ordre

de 4 ms) rendue possible par la vitesse d'ascension rapide des gradients.

- Les deux autres méthodes sont des séquences reconstruisant la totalité du plan de Fourier. Pour rester compatibles avec un temps d'acquisition court, elles doivent avoir recours à un train d'échos très long après l'impulsion 90° :

- *La séquence TSE Single Shot* (Philips) utilise un train de 276 échos de refocalisation pour une durée d'acquisition de 3,5 secondes par coupe.

- *La séquence FSE Single Shot 240* (Siemens) utilise un train de 240 échos pour une durée d'acquisition d'environ 7 secondes par coupe.

De toutes ces méthodes, la séquence SS-FSE possède la durée d'acquisition de loin la plus courte (0,9 seconde) ; elle comporte une chronologie particulière de lecture du plan de Fourier qui privilégie la lecture initiale des lignes périphériques, déterminant le contraste de détail et la résolution spatiale.

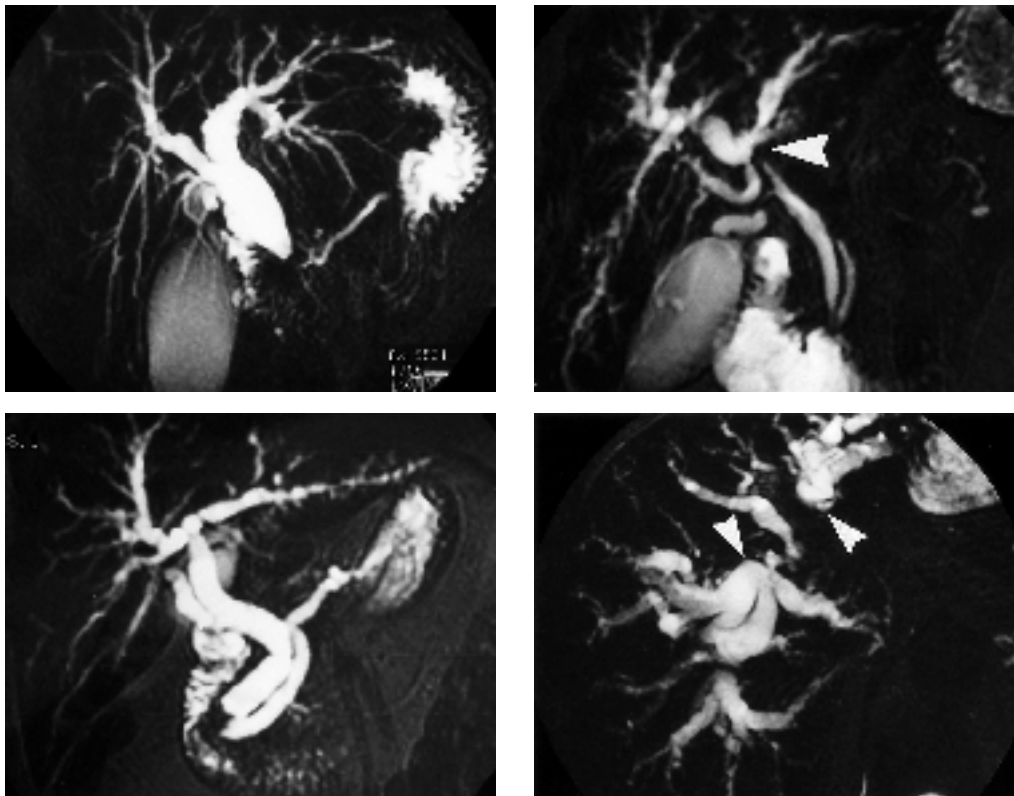
Ces deux facteurs expliquent l'excellente qualité des images et la grande maniabilité de la technique qui permet d'inverser nos concepts classiques en matière d'imagerie en coupe en général et de CP-IRM en particulier.

- L'acquisition se fait d'emblée dans un plan frontal avec des images par projection en coupes de 20 ou 30 mm d'épaisseur. On obtient ainsi une vue d'ensemble des voies biliaires intra et extrahépatiques qui peut être répétée toutes les 2 secondes (mais de préférence en pratique à raison d'une acquisition toutes les 10 secondes environ) en modifiant à chaque fois l'orientation du plan de coupe selon un schéma préalablement programmé sur une coupe axiale de repérage.

On réalise une série de 10 à 12 projections des structures bilio-pancréatiques du plan frontal au plan sagittal permettant un dégagement complet des différentes superpositions.

- Au besoin, on complétera ces « coupes épaisses » par une étude analytique en coupes minces centrées sur la structure canalaire pathologique.

- Les coupes axiales seront réalisées avec la même technique et des épaisseurs adaptées selon les données des images coronales frontales et obliques, pour préciser une pathologie de la VBP ou des VBHI (*fig. 1 à 3*).



1	2a
3	2b

**Fig. 1 : Séquence SS-FSE coupe frontale épaisseur 20 mm.**

Néoplasme de la tête du pancréas :

- dilatation du cholédoque sus-pancréatique avec sténose tronconique ;
- arrêt du canal de Wirsung à environ 20 mm du bord interne de D2 balisé par l'eau ;
- hyposignal du contenu de la vésicule distendue en raison de la concentration accrue de la bile vésiculaire.

La cartographie complète des voies bilio-pancréatiques permet l'évaluation indirecte précise de la taille de la lésion tumorale.

**Fig. 1 : SS-FSE sequence coronal view slice thickness 20 mm.**

*Ductal adenocarcinoma of pancreatic head :*

- dilated main bile duct with truncated stenosis at the superior edge of pancreatic head ;
- stop on the pancreatic duct, 20 mm away from the duodenal wall ;
- hyposignal of the distended gallbladder due to the hyperconcentration of the bile.

*The extensive map of biliopancreatic ducts allows direct and precise assessment of tumor extent.*

**Fig. 2 a, b : Séquence SS-FSE coupe frontale épaisseur 20 mm (a) ; coupe axiale épaisseur 7 mm (b).**

Néoplasme hilair avec sténose de la partie haute de la VBP (pointe de flèche blanche) et du segment proximal des canaux biliaires D et G.

La parfaite objectivation des canaux bilio-pancréatiques sus et sous-jacents à l'obstacle permet un choix « éclairé » en faveur d'une technique interventionnelle par voie transhépatique.

Le jour où l'abord transpariétéo-hépatique pourra être guidé sur de telles images, la radiologie interventionnelle biliaire aura fait un très grand pas dans la voie de l'efficacité.

**Fig. 2 a, b : SS-FSE sequence, projection technique, slice thickness : 20 mm (a) ; axial view, slice thickness 7 mm (b).**

*Juxta-hilar adenocarcinoma with stenosis extended on the proximal intra-hepatic biliary ducts and the upper part of the common hepatic duct.*

*Perfect visualization of dilated ducts above and below the expansive lesion allows well-informed choice in favour of transhepatic stenting. The day this kind of images will be currently available for interventional transhepatic radiology let us expect a great progress in efficiency.*

**Fig. 3 : Séquence SS-FSE. Coupe frontale 20 mm.**

Adénocarcinome ampillaire.

Dilatation des VBEH et du canal de Wirsung chez une patiente antérieurement cholécystectomisée.

Le balisage de la lumière de D2 et l'arrêt des structures canalaire permettent une appréciation exacte de la taille de la lésion.

**Fig. 3 : SS-FSE sequence.**

*Ampullary adenocarcinoma.*

*Anteriorly cholecystectomised woman with combined dilatation of extrahepatic bile ducts and pancreatic duct.*

*Excellent representation of duodenal lumen due to high hypersignal of its water content and good visualization of the level of ductal cut offs allow exact estimation of tumor size.*

## Au total

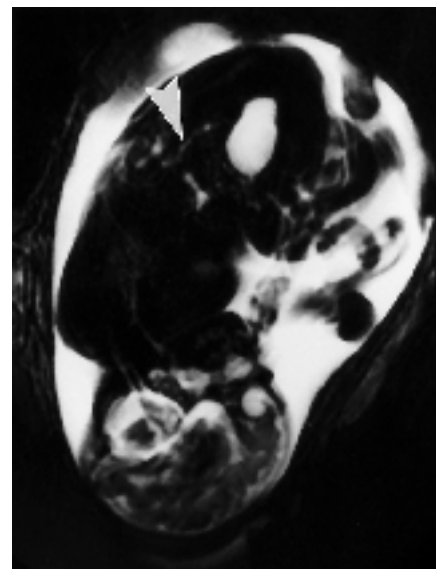
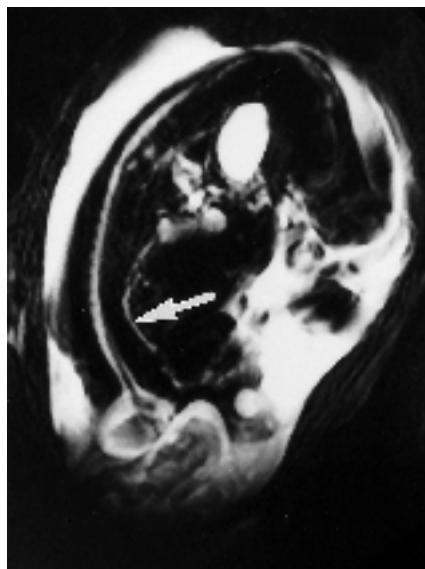
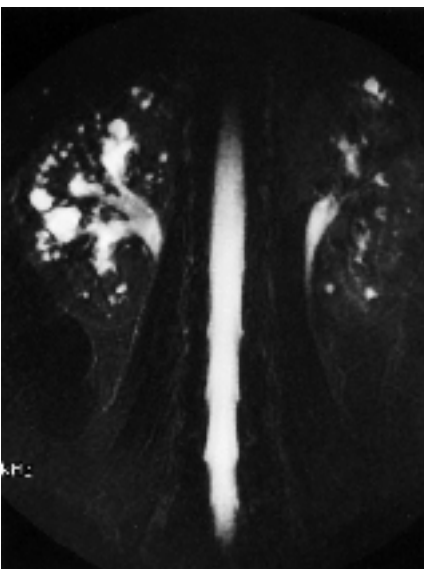
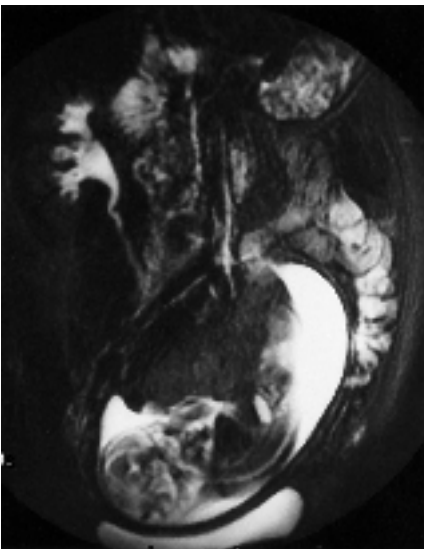
L'acquisition de coupes épaisses ou très épaisses (jusqu'à 100 mm) à très forte pondération T2 dans des temps très courts (inférieurs à la seconde), permet

de fournir une représentation complète et quasi instantanée de l'ensemble des structures canalaire et « kystiques » de l'abdomen et/ou du pelvis. On peut ainsi obtenir sur une même acquisition la

représentation des canaux bilio-pancréatiques, des voies excrétrices urinaires, des structures digestives en distension liquidienne et/ou du contenu d'un utérus gravide (fig. 4 à 6).



4a	4b	
5a	5b	5c
6a	6b	6c



L'IRM peut donc devenir l'« abdomen sans préparation » de demain, ou du moins son complément : ASP pour les gaz et les calcifications, IRM ultrarapide en pondération T2 pour les liquides stationnaires. Il ne restera alors qu'à réaliser une séquence dynamique en écho de gradient avec injection de Gadolinium pour explorer les parenchymes pleins et avoir ainsi toute l'exploration abdomino-pelvienne en vue frontale !

Obtenir des images complètes de l'arborisation bilio-pancréatique à raison de une toutes les deux secondes laisse envisager la possibilité d'utiliser ce type d'acquisition pour guider les gestes de dérivation par IRM avec beaucoup plus de facilité qu'on ne le fait actuellement avec les seules images par projection unidirectionnelles de la fluoroscopie numérique.

À la question posée dans le titre : « faut-il préférer les coupes épaisses ou les coupes fines ? », on ne peut donc qu'opter résolument pour le tournedos, voire le chateaubriand comme première phase de l'examen éventuellement suivie du carpaccio si le besoin s'en fait sentir, même si cette attitude constitue de toute évidence une monstrueuse hérésie gastronomique... !



**Fig. 4 a, b : Séquence SS-FSE. Coupes 30 mm frontale (a) et oblique (b).**

Pyélonéphrite chronique par reflux avec distension des cavités excrétrices urinaires.

Sur la coupe oblique centrée sur l'hypochondre droit, on distingue nettement les éléments liquidiens du carrefour bilio-digestif.

**Fig. 4 a, b : SS-FSE sequence, projection technique, slice thickness : 30 mm ; coronal (a) and oblique (b) views.**

*Chronic pyelonephritis in a case of reflux nephropathy.*

*The oblique projection centered on the right hypochondrium (b) clearly shows the pancreato-biliary ducts.*

**Fig. 5 a-c : Séquence SS-FSE. Coupes 30 mm frontale postérieure (a), frontale oblique (b), frontale antérieure (c).**

Grossesse de 6 mois.

Le contenu utérin, l'hypotonie de la voie excrétrice urinaire D (a) mais aussi les voies bilio-pancréatiques (pointe de flèche blanche) et les espaces sous-arachnoïdiens lombaires (b) de la mère sont bien analysés en 2 acquisitions de 0,9 seconde. La coupe antérieure (c) complète la vision du fœtus et du cordon ombilical (noter le contenu liquidien stationnaire des anses digestives et des espaces sous-arachnoïdiens lombaires du fœtus).

**Fig. 5 a-c : SS-FSE sequence projection technique, posterior coronal view, slice thickness : 30 mm (a) coronal oblique view (b), coronal anterior view (c).**

*6 months pregnancy.*

*Uterus content, right urinary tract hypotony as pancreato-biliary ducts and mother subarachnoid space are very well depicted with 2 acquisitions, each of them needing only 0,9 sec. The most anterior slice (c) gives additional pieces of information on foetus and umbilical cord (stationary liquids content of foetus intestines and of foetus subarachnoid spaces are also visible).*

**Fig. 6 a-c : Séquence SS-FSE. Coupes frontale postérieure 20 mm (a) et frontales antérieures 20 mm (b et c).**

Grossesse de 7,5 mois : infection urinaire.

Images de nécroses papillaires du rein D associées à de multiples formations microkystiques intraparenchymateuses disséminées dans la corticale des 2 côtés.

Exploration des fluides stationnaires chez le fœtus montrant l'œsophage (flèches blanches) et le tractus digestif ainsi que les espaces sous-arachnoïdiens dorso-lombaires (b), la vessie et le rein (pointe de flèche blanche) (c) ainsi que les espaces sous-arachnoïdiens encéphaliques.

**Fig. 6 a-c : SS-FSE sequence, coronal posterior projection, slice thickness : 20 mm (a) and anterior frontal projections, slice thickness : 20 mm (b et c).**

*7,5 months pregnancy : urinary infection.*

*Papillary necrosis of the right kidney associated with multiple microcysts disseminated through cortical parenchyma on both sides.*

*Imaging of foetal stationary fluids provides precise representation of oesophagus (with the arrow) and gastro-intestinal tractus as well as sub-arachnoid spaces of dorso-lumbar spine, bladder, upper urinary tract cavities (with the arrowhead) and encephalic subarachnoid spaces.*