

IRM du pancréas : place et limites

MODULE 2

Benoît P. GALLIX

Imagerie Médicale, Hôpital Saint-Eloi, 80 Avenue Augustin Fliche, 34295 Montpellier Cedex 5.

TABLE DES MATIÈRES

TECHNIQUE D'EXPLORATION ET ASPECT NORMAL DU PANCRÉAS EN IRM

ANOMALIES CONGÉNITALES

- Pancréas divisum
- Pancréas annulaire

ADÉNOCARCINOME

- Détection tumorale
- Bilan d'extension
- Tumeurs péri-ampullaires

TUMEURS INTRA-CANALAIRES PAPILLAIRES ET MUCINEUSES

TUMEURS KYSTIQUES

- Cystadénomes séreux
- Cystadénomes mucineux

PANCRÉATITE AIGÜE

PANCRÉATITE CHRONIQUE

CONCLUSION

CONTENTS

Magnetic resonance imaging of the pancreas

TECHNICAL ASPECTS AND NORMAL PANCREAS

CONGENITAL ABNORMALITIES

- Pancreas divisum
- Annular pancreas

ADENOCARCINOMA

- Tumor detection
- Resectability of pancreatic cancer
- Ampullary tumors

INTRADUCTAL PAPILLARY TUMORS OF THE PANCREAS

CYSTIC TUMORS

- Serous cystadenoma
- Mucinous cystadenoma

ACUTE PANCREATITIS

CHRONIC PANCREATITIS

CONCLUSION

Si par le passé, les images d'imagerie par résonance magnétique (IRM) du pancréas étaient souvent de mauvaise qualité et peu informatives, les progrès récents et constants de l'IRM de l'abdomen permettent aujourd'hui d'obtenir des images de la glande pancréatique de bien meilleure définition. La possibilité d'explorer l'abdomen par des séquences très rapides, réalisables au cours d'une apnée a permis d'améliorer la qualité des images en supprimant les artefacts de respiration. L'excellente résolution en contraste de l'IRM compense dans bien des cas sa résolution spatiale moyenne, et en tout cas inférieure à celle de la scanographie multi-barette ou de l'écho-endoscopie. Les applications cliniques de l'IRM dans les affections pancréatiques semblent nombreuses, mais les indications ne sont pas encore codifiées en l'absence d'évaluation précise comparant l'efficacité de l'IRM à celle de la scanographie multi-détecteurs pour l'exploration morphologique du pancréas.

L'IRM offre une grande souplesse d'utilisation et permet de multiplier les séquences au cours d'un même examen, chaque séquence étant paramétrée pour fournir une information spécifique sur une composante de l'organe exploré. Ainsi, un examen du pancréas par IRM comprendra des séquences de cholangiopancréatographie par résonance magnétique (CPRM) permettant d'étudier spécifiquement les canaux pancréatiques et des séquences plus classiques nécessaires à l'évaluation du parenchyme. Au cours du même examen, on pourra aussi réaliser des

séquences dites angiographiques, effectuées pendant l'injection de gadolinium, qui fournissent une imagerie vasculaire dont la qualité se rapproche de l'angiographie conventionnelle. Enfin, le bilan d'extension hépatique à la recherche de métastases peut-être fait au cours de la même exploration. L'IRM pourrait donc permettre, au cours d'un examen unique et peu invasif, une exploration globale du pancréas associant l'analyse canalaire et parenchymateuse et de réaliser le bilan d'extension vasculaire et hépatique en cas de tumeur [1].

Technique d'exploration et aspect normal du pancréas en IRM

Le patient doit être à jeun depuis au moins 4 à 6 heures. En effet, le jeûne diminue le péristaltisme gastrique et duodénal qui peut être à l'origine d'artefacts de mouvement. Une qualité optimale de l'examen IRM sera obtenue sur des machines à haut champ (> 1 Tesla), équipées de gradients puissants et rapides [2, 3]. L'utilisation d'antennes de surface en réseau phasé (Phased Array), dédiées à l'exploration abdominale est aujourd'hui indispensable pour obtenir des images de qualité [2, 4, 5]. Sur les machines de dernière génération, les images peuvent être réalisées en quelques secondes (de 0,5 à 20 secondes) durant une apnée ou à un moment précis du cycle respiratoire (déclenchement respiratoire) afin de limiter les artefacts de mouvements respiratoires.

L'utilisation d'une séquence en pondération T1 avec saturation de la graisse est indispensable à l'exploration du parenchyme pancréatique. Le tissu pancréatique se caractérise sur ce type de séquence par un signal élevé comparativement aux autres organes de l'abdomen [6-9]. C'est la composante exocrine de la glande pancréatique qui explique cette hyper-intensité liée à l'abondance du réticulum endoplasmique et à la surcharge en manganèse des cellules exocrines [6]. En pondération T1 et en particulier sur les séquences avec saturation de graisse, le pancréas apparaît donc hyper-intense et homogène, les lobules pancréatiques seront d'autant plus visibles qu'il existe une dégénérescence scléro-lipomateuse de la glande. En pondération T2, le signal du pancréas est beaucoup plus varié, parfois aussi hypo-intense que le foie alors que chez d'autres sujets, le pancréas a un signal élevé proche de celui de la graisse. La différenciation entre une lésion tumorale et le reste de la glande pancréatique est donc difficile en pondération T2 [9-13]. L'analyse de l'environnement péri-pancréatique est meilleure sur les séquences en pondération T2 sans saturation de la graisse [14].

L'injection de chélates de gadolinium est indispensable à la réalisation d'un bilan complet. Des séquences très rapides (10 à 25 secondes) sont nécessaires afin de pouvoir explorer le pancréas de manière dynamique lors des différents temps vasculaires du produit de contraste (temps artériel, temps portal, temps tardif) [15, 16]. Après injection de produit de contraste IRM à diffusion extra-cellulaire (chélates de gadolinium), la prise de contraste maximale du tissu pancréatique est très précoce, généralement située entre 15 et 25 secondes après le début de l'injection [15, 17-19]. La réalisation d'images au temps précoce après injection est donc essentielle car le contraste entre la glande pancréatique normale et les différents types de tumeurs est alors maximum [20]. L'utilisation de gadolinium injecté en bolus pendant la réalisation de séquences ultra-rapides en trois dimensions, permet l'acquisition de véritables angiographies IRM qui peuvent être réalisées aux temps artériel et portal [21]. On notera cependant qu'il est difficile de concilier, au cours du même examen, l'exploration angiographique et l'analyse du rehaussement parenchymateux [14].

Les séquences de CPRM sont réalisées en coupes axiales et/ou coronales. Elles peuvent être acquises en coupes fines (3 à 5 mm) ou en coupes plus épaisses (20 mm à 80 mm) créant ainsi une fausse image de projection [22, 23]. Les coupes axiales et coronales obliques épaisses donnent une vue générale en projection des canaux pancréatiques et se rapprochent des images d'opacification rétrograde. Si nécessaire, le bilan peut être complété par des coupes plus fines. Les séquences de CPRM détectent les fluides statiques de l'organisme. Ainsi, les canaux pancréatiques, les voies biliaires, le liquide digestif, et d'éventuelles collections péri-pancréatiques vont être clairement individualisées [22-25]. Le canal de Wirsung normal mesure 1 à 2 mm et est parfaitement visible en CPRM. Le canal de Santorini, plus fin, n'est souvent visible qu'au niveau de sa portion terminale avant sa terminaison dans la papille mineure [26-28]. La CPRM peut être complétée par un test à la sécrétine pour détecter des sténoses ou des irrégularités du canal pancréatique en cas de pancréatite chronique, ou affirmer le dysfonctionnement de la papille mineure en cas de pancréas divisum [5, 28-36].

Anomalies congénitales

Pancréas divisum

La présence d'un pancréas divisum est une variante anatomique fréquente (10 à 15 % de la population). Il s'agit de l'absence de fusion embryologique entre la tête et le corps du pancréas, la

tête se draine alors par le canal ventral alors que le corps et la queue du pancréas se drainent par le canal pancréatique dorsal vers le canal de Santorini et la papille mineure. Les séquences pancréatographiques permettent un diagnostic non invasif de cette anomalie avec une sensibilité et une spécificité élevées [26, 37]. Dans un pourcentage limité de cas et uniquement en cas de pancréas divisum complet, le débit du canal pancréatique dorsal serait trop important pour la papille mineure, et expliquerait certaines pancréatites aiguës récidivantes. La CPRM avec test à la sécrétine permet d'explorer l'insuffisance fonctionnelle de la papille mineure. Les séquences de CPRM sont réalisées avant, puis toutes les 30 secondes après l'injection de sécrétine, et ceci pendant 10 à 15 minutes environ. Une dilatation trop importante du canal pancréatique est le témoin d'un mauvais fonctionnement de la papille mineure [30, 32, 34, 36, 38]. La présence d'un santorinocèle témoigne aussi de l'existence d'un obstacle à l'écoulement [30, 38]. L'exploration par IRM d'une anomalie canalaire du pancréas nécessite donc obligatoirement d'utiliser de la sécrétine, limitant cette exploration à des centres spécialisés en raison des restrictions imposées dans notre pays pour son utilisation. L'opacification rétrograde par la papille accessoire documentera alors formellement l'anomalie réalisant le premier temps d'une éventuelle sphinctérotomie de la papille mineure.

Pancréas annulaire

Il s'agit d'une anomalie congénitale rare. Le tissu pancréatique entoure la deuxième portion du duodénum. Les patients ont généralement une symptomatologie d'obstruction duodénale. L'IRM identifie formellement et facilement le tissu pancréatique autour du duodénum sur des séquences en pondération T1 avec saturation de graisse. La CP IRM permet de visualiser les canaux aberrants. L'IRM est le test le plus performant pour ce diagnostic [39].

Adénocarcinome

Détection tumorale

Les adénocarcinomes sont hypointenses en pondération T1 avant injection, et hypovasculaires au temps artériel alors qu'ils apparaissent généralement en isosignal, donc indétectables sur les temps vasculaires plus tardifs [6, 11-13, 40]. Les tumeurs du pancréas exocrine sont mal visualisées par les séquences en pondération T2 où l'on ne détecte généralement qu'une zone hétérogène très légèrement hyperintense. L'IRM apparaît équivalente [41] ou légèrement supérieure [42] à la scanographie pour la détection des petites tumeurs du pancréas. Les séquences en pondération T1 avec saturation de graisse, sans injection de produit de contraste, et au temps artériel après injection de produit de contraste, sont les plus sensibles pour détecter les petits adénocarcinomes [20, 43]. Le niveau de preuve de ces séries est cependant faible et ne permet pas de conclure à une supériorité de l'IRM pour la détection d'une éventuelle tumeur du pancréas. L'avènement de la scanographie multidétecteurs avec possibilité de reconstruction vasculaire et canalaire conforte aujourd'hui celle-ci comme examen de première intention pour la recherche de tumeur pancréatique. Comme les techniques d'opacification directe, la CPRM peut montrer la dilatation du canal de Wirsung et/ou l'obstruction biliaire en amont de la tumeur [44], mais il s'agit de signes souvent tardifs, témoin d'une lésion déjà étendue aux structures canales.

Certains cancers du pancréas sont cependant mal visibles en scanographie en raison d'un signal identique au reste de la glande ne montrant, au mieux, que des signes indirects comme

une déformation de la tête ou de la queue du pancréas ou encore un retentissement canalaire. Il apparaît alors le plus souvent impossible d'éliminer, en scanographie, la possibilité d'une lésion tumorale sous-jacente. Dans cette circonstance, la résolution en contraste de l'IRM, nettement supérieure à celle de la scanographie, permet d'éliminer avec une valeur prédictive négative élevée la possibilité d'une tumeur sous-jacente [40, 45]. Ainsi, l'IRM du fait de son caractère non invasif, vient concurrencer l'échoendoscopie pour la recherche des petites tumeurs du pancréas lorsque la scanographie n'est pas contributive [43, 46]. Cependant, aucune série n'a comparé sérieusement les deux techniques et l'échoendoscopie reste donc l'examen de référence. A condition de posséder le matériel et l'entraînement nécessaire, la possibilité d'obtenir une preuve histologique indispensable à toute décision thérapeutique dans le même temps d'examen est aujourd'hui l'intérêt majeur de l'échoendoscopie.

Bilan d'extension

La réalisation de séquences en pondération T1 sans saturation de graisse est nécessaire pour effectuer le bilan d'extension, afin de mieux visualiser les lésions graisseuses péri-pancréatiques et péri-vasculaires et les ganglions. La plupart des adénocarcinomes situés au niveau de la tête du pancréas sont associés à des signes de pancréatite chronique obstructive du corps et de la queue. L'IRM montre alors des anomalies de signal de la glande pancréatique en amont de la tumeur, qui ne doivent pas être confondues avec une extension tumorale [20]. Très fréquemment chez ce type de patient, seule une bande de tissu pancréatique située à la partie postérieure du processus unciné reste en hypersignal caractérisant le tissu pancréatique normal.

A ce jour, aucune étude n'a montré de réelle supériorité de l'IRM par rapport à la scanographie pour le bilan de résecabilité des cancers du pancréas [12, 47] et certains auteurs ont même montré que la scanographie multi-barettes était plus précise pour le bilan d'extension local et vasculaire [41]. L'IRM, en un seul temps d'examen, est pourtant capable de fournir une exploration globale du parenchyme pancréatique et de son atmosphère graisseuse, une vision des canaux pancréatique, une analyse vasculaire, et une exploration du foie à la recherche de métastase [1].

Tumeurs péri-ampullaires

La présentation clinique des tumeurs ampullaires et péri-ampullaires est identique à celle des adénocarcinomes de la tête du pancréas. Ce type de tumeur est généralement à l'origine d'une dilatation de la voie biliaire principale et du canal de Wirsung. Cependant, le pronostic de ces tumeurs est nettement meilleur que celui des adénocarcinomes en raison d'un stade de diagnostic souvent plus précoce. La taille de ces tumeurs est très variée. Lorsque la tumeur est de taille suffisamment importante (supérieure à 1 cm), celle-ci peut être détectée en IRM lors de la réalisation de séquences T1 en apnée dynamique pendant l'injection de gadolinium [48, 49]. Ces lésions sont généralement hypovasculaires au temps précoce. Malheureusement, lorsque la tumeur est de petite taille (inférieure à 1 cm), elle sera difficile à visualiser en IRM même avec injection de gadolinium, et surtout, on ne pourra pas différencier en IRM une tumeur ampillaire d'une oddite. Les techniques endoscopiques avec visualisation directe de la papille, biopsies et échoendoscopie, restent supérieures à l'IRM pour le diagnostic des petites lésions ampullaires et péri-ampullaires [49].

Tumeurs intra-canaliaires papillaires et mucineuses

Les tumeurs intra-canaliaires mucineuses et papillaires du pancréas (TIPMP) avec ou sans ectasie canalaire forment un groupe de lésions néoplasiques bénignes ou malignes à développement intra-canalaire et papillaire produisant de la mucine. L'IRM associant des séquences conventionnelles avec gadolinium et surtout des séquences de CPRM permet une exploration précise et non invasive des dilatations canaliaires [50, 51]. La dilatation du canal pancréatique dorsal est facilement détectée par les séquences de CPMR ainsi que les dilatations kystiques des canaux secondaires montrant des aspects en « grappe de raisin ». La recherche des nodules et/ou projections intra-kystiques se fera avec des séquences pancréatographiques mais surtout sur des séquences T1 pendant l'injection dynamique de gadolinium [50, 51]. L'extension tumorale intra-canalaire peut être appréciée indirectement par la dilatation canalaire. L'IRM est indispensable au bilan des TIPMP en permettant une cartographie précise des anomalies canaliaires et apparaît supérieure à la CPRE [51, 52].

Tumeurs kystiques

Les tumeurs kystiques du pancréas sont rares. Ces tumeurs sont importantes à reconnaître en raison de leur présentation clinique, de leur évolution et de leur traitement. En cas de découverte d'une tumeur kystique du pancréas, il apparaît primordial de faire la distinction entre cystadénome séreux et mucineux, les tumeurs séreuses étant toujours bénignes, non évolutives, alors que les tumeurs mucineuses doivent être réséquées chirurgicalement du fait de leur malignité potentielle. La différenciation entre ces deux types de tumeurs se fera sur l'aspect morphologique et en particulier, le nombre et la taille des kystes, l'épaisseur des parois et la présence de formations tissulaires dans le kyste. Grâce à son excellente résolution en contraste et aux séquences de CPRM, l'IRM permet une meilleure analyse morphologique que la scanographie, des différentes composantes, liquidiennes ou solides, retrouvées au sein de la lésion. L'IRM après injection de gadolinium permet aussi une meilleure détection des zones tissulaires vascularisées suspectes de correspondre à un bourgeon tumoral. Au contraire, l'IRM détecte mal la présence de calcifications au sein de la tumeur qui sont pourtant une aide à la caractérisation lésionnelle. L'IRM semble complémentaire de la scanographie pour le bilan des tumeurs kystiques [50]. Pour les petites tumeurs (inférieures à 1 ou 2 cm), l'échoendoscopie permet cependant une meilleure analyse des septa et de la structure interne que l'IRM [50, 53] et permet de réaliser une ponction du kyste.

Cystadénomes séreux

Il s'agit de lésions généralement bien limitées, multiloculaires, composées de travées fibreuses séparant de multiples kystes. Typiquement, ces kystes sont de petite taille, de quelques millimètres à 2 cm, et nombreux (> 6 kystes). Ces tumeurs prédominent au niveau de la tête du pancréas. En imagerie, ces lésions ont un aspect en rayon de miel. Parfois il existe une zone centrale fibreuse qui peut être calcifiée et qui est difficilement visible en IRM. Le cystadénome séreux est hypointense en pondération T1 et fortement hyperintense en pondération T2 du fait de sa structure liquidienne. Après injection de gadolinium, on note un rehaussement des travées fibreuses.

Cystadénomes mucineux

Il s'agit de tumeurs qui contiennent de la mucine et qui présentent un potentiel de malignité (cystadénocarcinome). Ces

lésions sont plus généralement situées au niveau du corps ou de la queue du pancréas et sont souvent de plus grande taille que les tumeurs séreuses. Elles sont uni ou multiloculaires, les kystes sont généralement gros (> 2 cm) et peu nombreux, leur contenu mucineux peut être hémorragique. La paroi de ces lésions est généralement épaisse et se rehausse après injection de produit de contraste. L'injection permet de détecter la présence de nodules ou de projections papillaires développés à partir de la paroi. On trouve des calcifications à la périphérie du kyste.

Pancréatite aiguë

En cas de pancréatite aiguë, l'IRM et, en particulier, les séquences de CPRM, permettent la recherche de manière non invasive de calculs cholédociens. En cas de pancréatite récidivante, la CPRM est un examen simple et performant pour rechercher un pancréas divisum, l'existence d'une tumeur sous-jacente, ou des signes de pancréatite chronique. Au cours des pancréatites aiguës, le canal pancréatique est régulier mais il est souvent comprimé par l'œdème de la glande et spontanément mal visible. Certaines équipes utilisent une injection de sécrétine pour essayer de visualiser le canal pancréatique à la recherche de fuite ou de nécrose du canal qui sont un signe de gravité de la pancréatite. Au stade initial de la pancréatite aiguë, l'IRM peut fournir une solution alternative pour le bilan lésionnel pancréatique lorsqu'il existe une réelle contre-indication à l'injection d'iode en scanographie (insuffisance rénale, allergie sévère). Les résultats obtenus en IRM avec injection de gadolinium sont tout à fait superposables à ceux obtenus en scanographie avec injection d'iode, pour la recherche de nécrose glandulaire ainsi que pour l'analyse des coulées péripancréatiques et rétropéritonéales [19, 54, 55].

L'IRM avec des séquences en pondération T2 et T1 avec saturation de graisse permet de mieux analyser le contenu d'un kyste ou d'une collection en montrant la présence de débris de nécrose tissulaire ou de remaniements hémorragiques. Ces informations ne sont généralement pas accessibles en scanographie ou en échographie et sont parfois utiles à la prise en charge thérapeutique [56, 57].

Pancréatite chronique

Chez tous les patients qui ont une pancréatite chronique prouvée sur des arguments cliniques et biologiques, l'IRM montre des anomalies diffuses du signal de la glande pancréatique [6, 19, 40, 58]. Il existe une baisse du signal du pancréas sur les séquences en pondération T1 avec saturation de graisse, due à la présence de la fibrose. La fibrose apparaissant à un stade précoce de la pancréatite chronique, l'IRM pourrait être capable de détecter des signes morphologiques de pancréatite chronique plus tôt que les autres méthodes d'imagerie, en particulier avant le stade de pancréatite atrophique et/ou calcifiante. Du point de vue canalaire, la CPRM montre les mêmes anomalies morphologiques que la pancréatographie endoscopique : dilatation du canal pancréatique et de ses branches latérales et irrégularité de ses contours. Dans les formes débutantes ou frustes, la CPRM est souvent normale en l'absence de distension du canal. L'injection de sécrétine est indispensable à la réalisation du bilan canalaire [28, 34]. La simple visualisation des canaux secondaires après injection de sécrétine est un signe de pancréatite chronique. Dans les formes évoluées, on trouve l'alternance de dilatations et de sténoses du canal pancréatique. La CPRM réalise donc une cartographie précise et non invasive du canal de Wirsung et des branches secondaires, permet la recherche des calculs intra-

canalaires ainsi que des lésions kystiques ou des collections péri-pancréatiques associées [27, 28, 34]. Actuellement la définition des images obtenues est à peine inférieure à celle de la pancréatographie endoscopique. Il est par contre difficile, avec les séquences de CPRM, d'affirmer l'existence d'une communication entre un pseudo kyste ou une collection et le canal de Wirsung. L'injection de sécrétine permet parfois de trancher en montrant une augmentation de la collection ou du kyste.

L'IRM et l'échoendoscopie ont probablement un rôle à jouer pour la détection de néoplasie sous-jacente lorsqu'il existe des anomalies morphologiques évocatrices en scanographie. Quoi qu'il en soit, ces lésions sur pancréatite chronique, ou à l'origine de pancréatite chronique, sont très difficiles à détecter quelle que soit la méthode d'imagerie. En effet, la fibrose limite le contraste entre la zone tumorale et le reste de la glande.

Conclusion

L'IRM du pancréas, grâce aux séquences en pondération T1 et à l'injection de gadolinium, est une technique sensible pour la détection des anomalies parenchymateuses du pancréas. L'amélioration récente de la qualité des images en IRM conventionnelle et l'utilisation des séquences de CPRM, pour le bilan des lésions kystiques et des affections canalaire, permettent par ailleurs une analyse morphologique précise des différents processus pathologiques du pancréas exocrine. L'association de ces critères morphologiques et du signal IRM spécifique de certaines affections permet, dans de nombreux cas, une meilleure caractérisation lésionnelle que la scanographie ou l'échographie. L'IRM n'a cependant pas encore montré de supériorité par rapport à la scanographie, pour le diagnostic et le bilan des tumeurs solides du pancréas. La scanographie, surtout multi-détecteur, reste donc l'examen de première intention pour la recherche de tumeur du pancréas. En revanche, la qualité des séquences de CPRM rend cet outil indispensable pour l'évaluation de toutes les anomalies canalaire ou kystiques, qu'il s'agisse du bilan des TIPMP, du diagnostic et du bilan des pancréatites chroniques mais aussi de la caractérisation des cystadénomes. Des études coût/efficacité comparant l'IRM du pancréas aux autres techniques d'imagerie, sont maintenant nécessaires afin de prouver l'intérêt de cette technique et de favoriser son développement qui ne se fera que si l'IRM remplace, dans certaines indications, d'autres méthodes d'imagerie.

RÉFÉRENCES

1. Trede M, Rumstadt B, Wendl K, Gaa J, Tesdal K, Lehmann KJ, et al. Ultrafast magnetic resonance imaging improves the staging of pancreatic tumors. *Ann Surg* 1997;226:393-405 ; discussion 405-7.
2. Engelhard K, Hollenbach HP. High-resolution MRI of pancreatic masses with a new circularly polarized body phased-array coil. *Eur Radiol* 1997;7:643-8.
3. Piccirillo M, Bourque A, McCarthy S, Lange R. High field imaging of the normal pancreas. *Magn Reson Imaging* 1989;7:457-61.
4. Simeone JF, Edelman RR, Stark DD, Wittenberg J, White EM, Butch RJ, et al. Surface coil MR imaging of abdominal viscera. Part III. The pancreas. *Radiology* 1985;157:437-41.
5. Bis KG, Jacobs IG, Zingas AP, Klein MA, Kling GA. Surface coil FLASH magnetic resonance imaging of the fasting and secretin-stimulated pancreas. *Invest Radiol* 1990;25:977-82.
6. Winston CB, Mitchell DG, Outwater EK, Ehrlich SM. Pancreatic signal intensity on T1-weighted fat saturation MR images : clinical correlation. *J Magn Reson Imaging* 1995;5:267-71.

7. Mitchell DG, Vinitski S, Saponaro S. Liver and pancreas : improved spin-echo T1 contrast by shorter echo time and fat suppression at 1.5 T. *Radiology* 1991;178:67-71.
8. Stark DD, Moss AA, Goldberg HI. Nuclear magnetic resonance of the liver, spleen, and pancreas. *Cardiovasc Intervent Radiol* 1986;8:329-41.
9. Stark DD, Moss AA, Goldberg HI, Davis PL, Federle MP. Magnetic resonance and CT of the normal and diseased pancreas : a comparative study. *Radiology* 1984;150:153-62.
10. Ehman RL, Kjos BO, Hricak H, Brasch RC, Higgins CB. Relative intensity of abdominal organs in MR images. *J Comput Assist Tomogr* 1985;9:315-9.
11. Steiner E, Stark DD, Hahn PF. Imaging of pancreatic neoplasms : comparison of MR and CT. *AJR Am J Roentgenol* 1989;152:487-91.
12. Vellet AD, Romano W, Bach DB. Adenocarcinoma of the pancreatic ducts : comparative evaluation with CT and MR imaging at 1.5 T. *Radiology* 1992;183:87-95.
13. Vellet AD. Characterization of pancreatic adenocarcinoma by magnetic resonance imaging. *Can Assoc Radiol J* 1991;42:180-4.
14. Bluemke DA, Fishman EK. CT and MR evaluation of pancreatic cancer. *Surg Oncol Clin N Am* 1998;7:103-24.
15. Brailsford J, Ward J, Chalmers AG, Ridgway J, Robinson PJ. Dynamic MRI of the pancreas-gadolinium enhancement in normal tissue. *Clin radiol* 1994;49:104-8.
16. Mortelet KJ, Ros PR. Magnetic resonance imaging of the exocrine pancreas. *Rays* 2001;26:117-26.
17. Gohde SC, Toth J, Krestin GP, Debatin JF. Dynamic contrast-enhanced FMPSGR of the pancreas : impact on diagnostic performance. *AJR Am J Roentgenol* 1997;168:689-96.
18. Kettritz U, Semelka RC. Contrast-enhanced MR imaging of the pancreas. *Magn Reson Imaging Clin N Am* 1996;4:87-100.
19. Sica GT, Miller FH, Rodriguez G, McTavish J, Banks PA. Magnetic resonance imaging in patients with pancreatitis : evaluation of signal intensity and enhancement changes. *J Magn Reson Imaging* 2002;15:275-84.
20. Spencer JA, Ward J, Guthrie JA, Guillou PJ, Robinson PJ. Assessment of resectability of pancreatic cancer with dynamic contrast-enhanced MR imaging : technique, surgical correlation and patient outcome. *Eur Radiol* 1998;8:23-9.
21. Smedby O, Riesenfeld V, Karlson B, Jacobson G, Lofberg A, Lindgren PG, et al. Magnetic resonance angiography in the resectability assessment of suspected pancreatic tumours. *Eur Radiol* 1997;7:649-53.
22. Barish M, Soto J, Ferrucci J. Magnetic resonance pancreatography. *Endoscopy* 1997;29:487-95.
23. Bearcroft PW, Gimson A, Lomas DJ. Non-invasive cholangiopancreatography by breath-hold magnetic resonance imaging : preliminary results. *Clin Radiol* 1997;52:345-50.
24. Bearcroft PW, Lomas DJ. Magnetic resonance cholangiopancreatography. *Gut* 1997;41:135-7.
25. Barish MA, Yucel EK, Ferrucci JT. Magnetic resonance cholangiopancreatography. *N Engl J Med* 1999;341:258-64.
26. Bret PM, Reinhold C, Taourel P. Pancreas divisum : evaluation with MR cholangiopancreatography. *Radiology* 1996;199:99-103.
27. Calvo MM, Bujanda L, Calderon A, Heras I, Cabriada JL, Bernal A, et al. Comparison between magnetic resonance cholangiopancreatography and ERCP for evaluation of the pancreatic duct. *Am J Gastroenterol* 2002;97:347-53.
28. Matos C, Metens T, Deviere J. Pancreatic duct : morphologic and functional evaluation with dynamic MR pancreatography after secretin stimulation. *Radiology* 1997;199:435-41.
29. Czako L, Endes J, Takacs T, Boda K, Lonovics J. Evaluation of pancreatic exocrine function by secretin-enhanced magnetic resonance cholangiopancreatography. *Pancreas* 2001;23:323-8.
30. Manfredi R, Brizi MG, Costamagna G, Masselli G, Vecchioli Scaldazza A, Marano P. Pancreas divisum and santorinicele : assessment by dynamic magnetic resonance cholangiopancreatography during secretin stimulation. *Radiol Med (Torino)* 2002;103:55-64.
31. Masui T, Katayama M, Kobayashi S, Ito T, Kabasawa H, Nozaki A, et al. Functional assessment of pancreatic parenchyma after secretin administration using serial T2-weighted echo-planar magnetic resonance imaging. *J Magn Reson Imaging* 2001;14:450-6.
32. Matos C, Metens T, Deviere J, Delhaye M, Le Moine O, Cremer M. Pancreas divisum : evaluation with secretin-enhanced magnetic resonance cholangiopancreatography. *Gastrointest Endosc* 2001;53:728-33.
33. Nanashima A, Yamaguchi H, Fukuda T, Sakamoto I, Kuroda A, Sawai T, et al. Evaluation of pancreatic secretion after administration of secretin : application of magnetic resonance imaging. *J Gastroenterol Hepatol* 2001;16:87-92.
34. Nicaise N, Pellet O, Metens T, Deviere J, Braude P, Struyven J, et al. Magnetic resonance cholangiopancreatography : interest of IV secretin administration in the evaluation of pancreatic ducts. *Eur Radiol* 1998;8:16-22.
35. Sho M, Nakajima Y, Kanehiro H, Hisanaga M, Nishio K, Nagao M, et al. A new evaluation of pancreatic function after pancreatoduodenectomy using secretin magnetic resonance cholangiopancreatography. *Am J Surg* 1998;176:279-82.
36. Song MH, Kim MH, Lee SK, Seo DW. The clinical usefulness of secretin-enhanced magnetic resonance pancreatography in patients with pancreas divisum and idiopathic acute pancreatitis. *Gastrointest Endosc* 2002;55:454-5.
37. Calvo MM, Calderon A, Heras I, Duran M, Orive V, Cabriada J, et al. Magnetic resonance study of the pancreatic duct. *Rev Esp Enferm Dig* 1999;91:287-96.
38. Costamagna G, Ingrassio M, Tringali A, Mutignani M, Manfredi R. Santorinicele and recurrent acute pancreatitis in pancreas divisum : diagnosis with dynamic secretin-stimulated magnetic resonance pancreatography and endoscopic treatment. *Gastrointest Endosc* 2000;52:262-7.
39. Desai MB, Mitchell DG, Munoz SJ. Asymptomatic annular pancreas : detection by magnetic resonance imaging. *Magn Reson Imaging* 1994;12:683-5.
40. Gallix BP, Bret PM, Reinhold C, Atri M, Lecesne R. Predictive value of a normal pancreatic signal at fat-suppressed T1-weighted MR imaging. In : *RSNA ; 1996 ; Chicago, Il ; 1996*.
41. Nishiharu T, Yamashita Y, Abe Y, Mitsuzaki K, Tsuchigame T, Nakayama Y, et al. Local extension of pancreatic carcinoma : assessment with thin-section helical CT versus with breath-hold fast MR imaging--ROC analysis. *Radiology* 1999;212:445-52.
42. Irie H, Honda H, Kaneko K, Kuroiwa T, Yoshimitsu K, Masuda K. Comparison of helical CT and MR imaging in detecting and staging small pancreatic adenocarcinoma. *Abdom Imaging* 1997;22:429-33.
43. Gabata T, Matsui O, Kadoya M, Yoshikawa J, Miyayama S, Takashima T, et al. Small pancreatic adenocarcinomas : efficacy of MR imaging with fat suppression and gadolinium enhancement. *Radiology* 1994;193:683-8.
44. Adamek HE, Albert J, Breer H, Weitz M, Schilling D, Riemann JF. Pancreatic cancer detection with magnetic resonance cholangiopancreatography and endoscopic retrograde cholangiopancreatography : a prospective controlled study. *Lancet* 2000;356:190-3.
45. Semelka RC, Kelekis NL, Molina PL, Sharp TJ, Calvo B. Pancreatic masses with inconclusive findings on spiral CT : is there a role for MRI ? *J Magn Reson Imaging* 1996;6:585-8.
46. Ariyama J, Suyama M, Satoh K, Sai J. Imaging of small pancreatic ductal adenocarcinoma. *Pancreas* 1998;16:396-401.

47. Ichikawa T, Haradome H, Hachiya J, Nitatori T, Ohtomo K, Kinoshita T, et al. Pancreatic ductal adenocarcinoma : preoperative assessment with helical CT versus dynamic MR imaging. *Radiology* 1997;202:655-62.
48. Brambs HJ, Claussen CD. Pancreatic and ampullary carcinoma. Ultrasound, computed tomography, magnetic resonance imaging and angiography. *Endoscopy* 1993;25:58-68.
49. Cannon ME, Carpenter SL, Elta GH, Nostrant TT, Kochman ML, Ginsberg GG, et al. EUS compared with CT, magnetic resonance imaging, and angiography and the influence of biliary stenting on staging accuracy of ampullary neoplasms. *Gastrointest Endosc* 1999;50:27-33.
50. Mera K, Tajiri H, Muto M, Ohtsu A, Furuse J, Maru Y, et al. Clinical significance of magnetic resonance cholangiopancreatography for the diagnosis of cystic tumor of the pancreas compared with endoscopic retrograde cholangiopancreatography and computed tomography. *Jpn J Clin Oncol* 1999;29:294-8.
51. Sugiyama M, Atomi Y, Hachiya J. Intraductal papillary tumors of the pancreas : evaluation with magnetic resonance cholangiopancreatography. *Am J Gastroenterol* 1998;93:156-9.
52. Yokohata K, Shirahane K, Yonemasu H, Nabaie T, Inoue K, Ohtsuka T, et al. Focal ductal branch dilatation on magnetic resonance cholangiopancreatography : a hint for early diagnosis of pancreatic carcinoma. *Scand J Gastroenterol* 2000;35:1229-32.
53. Dani R, Cundari AM, Nogueira CE, Reis GM, Silva LD. Magnetic resonance cholangiopancreatography in cystic lesions of the pancreas. *Pancreas* 2000;20:313-8.
54. Tsay DG, Niederau C, Schmidt H, Goldberg HI, Higgins CB, Ferrell LD, et al. Experimental acute pancreatitis. In vitro magnetic resonance characteristics. *Invest Radiol* 1987;22:556-61.
55. Lecesne R, Taourel P, Bret PM, Atri M, Reinhold C. CT and MRI in acute pancreatitis : Interobserver agreement and correlation with out-come. *Radiology* 1999;211:727-35.
56. Hirohashi S, Hirohashi R, Uchida H. Pancreatitis : evaluation with MR cholangiopancreatography in children. *Radiology* 1997;203:411-5.
57. Morgan DE, Baron TH, Smith JK, Robbin ML, Kenney PJ. Pancreatic fluid collections prior to intervention : evaluation with MR imaging compared with CT and US. *Radiology* 1997;203:773-8.
58. Semelka RC, Shoenut JP, Kroeker MA, Micflikier AB. Chronic pancreatitis : MR imaging features before and after administration of gadopentetate dimeglumine. *J Magn Reson Imaging* 1993;3:79-82.