

L'IMAGERIE DES CONTRASTES AUX 7^e JOURNEES DE L'ASSOCIATION FRANCO-ISRAELIENNE D'IMAGERIE MEDICALE (A.F.I.I.M)

L'imagerie de contraste a été abordée le 21 Mai 2009 au « Sourasky auditorium » du « Chaim Sheba Medical Center » de Tel Hashomer (Israël) au cours de 13 communications orales. Ces communications ont porté sur l'imagerie hépato-biliaire et du grêle, cardiaque, cérébrale, de la femme, les techniques récentes à savoir la TDM double-énergie et le Morpho-TEP mais aussi la néphrotoxicité de ces produits avec le point sur la fibrose systémique néphrogénique.

La synthèse et les points forts de cette rencontre scientifique détaillés ci-dessous ont été réalisés par la première boursière de l'A.F.I.I.M Salami Fatima A. (Service d'imagerie médicale de l'Hôpital Cardiologique L. Pradel)

IMAGERIE HEPATO-BILIAIRE (1) (2) (3)

1-Principes de base de l'échographie de contraste

Les deux produits les plus utilisés sont surtout le Sonovue[®] (surtout aux USA) et à un moindre degré le Levovist[®] (3). Dans l'échographie de contraste, le mécanisme essentiel du rehaussement engendré par les micro-bulles est le même que tout écho de réflexion : l'augmentation du signal ultrasonore réfléchi est proportionnelle à la différence d'impédance acoustique entre deux structures. L'air, ou un autre gaz, a une impédance acoustique très élevée comparativement au sang et aux tissus humains. Le signal recueilli est amplifié par l'oscillation des microbulles et la destruction de ces dernières quand elles sont soumises à une pression acoustique élevée. Le développement de l'échographie de contraste passe obligatoirement par la mise à disposition de produits de contraste faciles à utiliser et surtout par la simplification de l'utilisation des techniques échographiques nécessaire à sa réalisation.

2-Détection et caractérisation des lésions

2-1 Echographie

Les produits de contraste appliqués au foie notamment dans la détection des tumeurs hépatiques connaissent une nouvelle application avec l'échographie. Ils permettent en plus d'une meilleure détection et caractérisation des lésions hépatiques (1) : des méta-analyses européennes et américaines rapportent une augmentation de la sensibilité et de la spécificité des valeurs prédictives négatives et positives en comparaison avec l'utilisation de produit de contraste iodé notamment en cas de carcinome hépato-cellulaire (CHC), de cholangiocarcinome, de métastases, d'hémangiome et de macronodule de régénération.

Il existe alors une amélioration de la confiance diagnostique dans le cadre des lésions bénignes avec l'hyperplasie focale nodulaire (HNF), la stéatose focale entre autres.

Classiquement, l'hémangiome présente un rehaussement périphérique en motte à la phase artérielle avec progression centripète donnant un rehaussement uniforme ou presque à la phase portale et à la phase tardive ; l'hyperplasie nodulaire focale (HNF) présentant elle une visualisation radiaire des vaisseaux du centre vers la périphérie avec un remplissage homogène et rapide dès le temps artériel et un aspect isoéchogène au temps portal. Dans les tumeurs malignes et les métastases vascularisées, il est noté un rehaussement important au temps artériel par rapport au parenchyme sain du fait de la néovascularisation avec au temps tardif un aspect hypoéchogène du au « wash out » ou lavage du contraste.

2-2 TDM

Les performances de la tomodensitométrie hélicoidale sont moins bonnes pour la détection des petites tumeurs hypovasculaires notamment des métastases et l'IRM reste dans cette indication certainement supérieure du fait de sa meilleure résolution en contraste que le scanner aussi bien en T1 qu'en T2.

2-3 IRM

En ce qui concerne l'apport des moyens de contraste IRM spécifiques en pathologie hépato-biliaire(2), les études comparent le Résovist[®] (SHU 55A), Eovist[®] (Gd-EOB-DTPA) et le Multihance[®] (Gd-BOPTA) (3). Avec le scanner spiralé avec une triple acquisition (phases artérielle, portale et d'équilibre), les tumeurs hypervasculaires bénéficient surtout de cette technique pour la détection précoce du petit hépatocarcinome. Cependant, le plus de l'IRM dynamique après injection de gadolinium est d'obtenir à peu près les mêmes renseignements que le scanner hélicoïdal sur la vascularisation tout en apportant des précisions utiles sur le signal de la lésion : La majorité des macronodules de régénération et des petits hépatocarcinomes sont hyperintenses alors que sur la séquence pondérée en T2, les macronodules de régénération bénins sont hypo-intenses et les lésions tumorales hyper-intenses. L'hémangiome caverneux apparaît hyper-intense sur les échos tardifs des séquences pondérées en T2, l'injection de gadolinium retrouvant le remplissage progressif centripète. L'hyperplasie est en iso-signal en T1 et très légèrement hyper-intense en T2 avec une structure homogène, l'absence de capsule et la présence d'un hile vasculaire sous forme d'une petite zone stellaire centrale ou para-centrale hypo-intense en T1 et fortement hyper-intense T2. Après injection de gadolinium, la tumeur prend fortement le produit de contraste au temps artériel alors que le hile reste hypo-intense. Les tumeurs hépatocytaires (adénome et hépatocarcinome) ont une sémiologie IRM variable mais dans plus de la moitié des cas sont hyper-intenses ou iso-intenses en séquences pondérées en T1. Ces deux tumeurs peuvent avoir une sémiologie IRM identique ; un seul élément a un intérêt diagnostique à savoir la présence sur la séquence en T2 d'une zone centrale stellaire hypo-intense qui est fortement en faveur de l'existence d'un carcinome fibrolamellaire. En dehors des tumeurs

hépatiques, l'IRM en séquence d'écho de gradient T2 peut détecter de faible surcharge en fer et surveiller le traitement de l'hémochromatose. En pathologie bilio-pancréatique, l'IRM permet d'explorer les canaux biliaires et pancréatiques par la réalisation de coupes fines avec des séquences pondérées en T1 réalisées en apnée.

La cholangio-pancréatographie IRM (CPRM) avec des séquences fortement pondérées en T2 ne laisse subsister que le signal des liquides. L'apport de la CPRM est intéressant dans la cartographie des voies biliaires avec le diagnostic des sténoses bénignes où la dilatation des voies des voies biliaires est parfois très modérée, la cholangite sclérosante ainsi qu'une meilleure analyse des anastomoses bilio-digestives. Elle représente par ailleurs une alternative fiable à la cholangiographie rétrograde ou l'écho-endoscopie pour la mise en évidence de microlithiases de la voie biliaire principale dont la taille n'excède pas 3 à 5 mm. Une attention particulière a été accordée à l'utilisation du jus d'ananas en tant que contraste négatif dans la CPRM sous réserve d'une teneur suffisante en manganèse total (≥ 15 mg/l).

IMAGERIE DU GRELE (4)

1-Scanner

L'angioscanographie dynamique en balayage hélicoïdal puis l'imagerie volumique des scanners multidétecteurs ont considérablement accru les performances d'étude TDM de la pathologie du tube digestif(3). La tomодensitométrie évalue surtout l'extension intra-pariétale et péri-digestive des lésions muqueuses. Elle met en évidence par ailleurs les lésions d'origine sous-muqueuse ou extrinsèque. L'association entérocluse et TDM (entéroscanner) avec l'endoscopie virtuelle offrent de nouvelles perspectives d'étude à des indications jusque la réservées aux techniques endoluminales à savoir la radiologie conventionnelle et l'endoscopie. L'entéroscanner permettant une exploration du grêle avec distension optimale adéquate est réalisée sous hypotonie médicamenteuse sous réserve de contre-indication (antispasmodique ou glucagon) avec injection de contraste (300 à 350 mg d'iode /ml avec un débit d'injection de 2 ml/seconde pour une dose de 2 ml/kg .Le scanner conventionnel et l'entéroscanner quoique irradiant sont actuellement les méthodes de référence pour détecter les complications abdominales des maladies inflammatoires chroniques de l'intestin (MICI) notamment dans le cadre de l'urgence (abcès, fistule...) et permettent un geste interventionnel par guidage par exemple d'un drainage percutané des lésions abcédées. Grâce aux multidétecteurs, ils couvrent l'ensemble de la cavité abdomino-pelvienne en quelques secondes avec des images de qualité avec résolution spatiale très élevée.

2-IRM

L'IRM est supérieure au scanner pour la détection des rehaussements pathologiques de segments peu ou pas épaissis du fait de sa meilleure résolution en contraste. D'autre part,

une distension adéquate du grêle avec fenêtrage optimal permet une meilleure détection des lésions. Certaines séquences telles HASTE et des séquences pondérées en T1 permettent d'identifier 2 couches de signaux différents au sein de la paroi digestive. L'analyse de la paroi digestive ainsi que l'atmosphère périphérique et la vascularisation est maintenant assurée par l'IRM avec des appareils performants sous réserve de standardisation des protocoles. Les séquences en T2 permettent en objectivant l'hypersignal du contenu intestinal des segments de grêle (techniques single shot de type HASTE, SSFE, RARE) de se substituer à l'imagerie conventionnelle (transit du grêle) et d'estimer la longueur de l'atteinte intestinale dans les MICI. L'IRM permet de différencier lésions actives, de lésions fibro-sténotiques des complications telles les fistules, les perforations...Les séquences de type True FISP, FIESTA visualisant les ulcérations et les trajets fistuleux ; l'entéro-IRM augmente la sensibilité diagnostique. Les recommandations actuelles visant à une meilleure évaluation du «bénéfice-risque» avec principes de justification (justification de toute exposition aux rayonnements ionisants pour un patient donné) et d'optimisation (réalisation de l'examen au moindre coût radiologique sans altérer la qualité de l'information diagnostique) conduisent à reconsidérer les risques propres à la TDM pénalisée par son caractère irradiant et par le recours aux produits de contraste. En effet, dans de nombreuses indications (maladies inflammatoires chroniques du sujet jeune, examen de dépistage ou de surveillance, sujets à risque) l'IRM est privilégiée par rapport au scanner ; cependant, le recours à l'IRM est encore très limité du fait des conditions d'accès aux installations.

3-Perspectives d'avenir

L'avenir est dans le développement d'antennes endoluminales permettant une diminution du champ de vue et d'améliorer la résolution spatiale.

IMAGERIE CARDIAQUE (5)

1-Scanner cardiaque

1-1 Imagerie non invasive des coronaires

En matière de scanner cardiaque comme à l'instar de toute imagerie utilisant des rayons, l'objectif est d'améliorer la qualité des images tout en limitant au maximum la dose d'irradiation délivrée. Le voltage du tube est réglé à 120 Kv et l'intensité à 600 mAs par coupe. Le Scanner gaté (synchronisée à l'ECG) permet en une seule acquisition volumique de 20 secondes une étude en 2D (bidimensionnelle) et en 3D (tridimensionnelle) du massif cardiaque et il est injecté 350 mg/l d'iode en intraveineuse avec un débit de 5 ml/seconde). Il constitue une alternative séduisante aux examens invasifs à visée diagnostique du fait de sa grande spécificité et sensibilité de l'étude des coronaires et à sa résolution spatiale. Il réduit par ailleurs la morbi-mortalité ($\approx 5/1000$) et le coût de la coronarographie. Lorsque le rythme cardiaque n'est pas élevé (environ 60 battements/minutes), il peut être réalisée une acquisition séquentielle moins irradiante : « step and shoot ».L'étude est morphologique et fonctionnelle car en cas d'atteinte myocardique, elle doit préciser son atteinte réversible

(ischémie) ou irréversible (nécrose) et déterminer si une éventuelle revascularisation permet un bénéfice fonctionnel. Le traitement d'images en MIP, MPVR et MPR et l'endoscopie virtuelle aide au diagnostic lésionnel. Le scanner permet une détection d'une éventuelle anomalie congénitale des coronaires, une analyse des troncs, des lésions athéromateuses (altérations pariétales, occlusion et sténose dont le degré est précisé), un bilan pré-opératoire et surtout le contrôle des pontages coronaires. Le contrôle de la perméabilité des stents demeure encore peu satisfaisant et les artéfacts de blooming et cinétiques (difficultés de synchronisation à l'ECG) limitent quelque peu la technique.

1-2 Etude de la viabilité myocardique

L'injection de produit de contraste et la performance des scanners multidétecteurs actuels (64 barrettes) permet la mise en évidence au temps artériel de lésions ischémiques : une hypodensité myocardique, systématisée à un territoire vasculaire, sous-endocardique ou transmurale ; par des signes dyskinétiques avec amincissement de la paroi avec baisse des performances myocardiques systématisés à un territoire ancien est en rapport avec un infarctus ancien. Les diagnostics différentiels et la recherche des complications d'un infarctus sont facilités par l'injection de produit de contraste iodé : les anévrysmes et les faux-anévrysmes du ventricule gauche, les thromboses intra-cavitaires et les lésions valvulaires entre autres. Une notion fondamentale a été démontrée en acquisition tissulaire tardive : le « no-reflow ». L'infarctus se présente sous-forme de zone hyperdense entourant cette zone de « no-reflow » sous-endocardique ou transmurale non rehaussée qui est en fait localisée au centre de la rétention iodée intra-myocardique. L'étendue du rehaussement tardif du myocarde après infarctus est un facteur prédictif de la viabilité myocardique. Le no-reflow correspond à une absence de reperfusion du territoire coronaire après désobstruction en faveur d'une micro-obstruction vasculaire.

2-IRM cardiaque

Ces différents aspects sont retrouvés en IRM. Avec des agents de contraste paramagnétiques, l'IRM permet d'associer une étude morphologique du cœur et de sa fonction contractile à une analyse de la perfusion et de la rétention tardive.

IMAGERIE CEREBRALE (6) (7)

En matière d'angiogénèse des tumeurs cérébrales, en plus des séquences usuelles pondérées en T1, T2 SE et T2EG, FLAIR et IR, il est réalisée des séquences dites complémentaires comportant une suppression de graisse, l'angio-IRM mais également des séquences de diffusion, tenseur de diffusion, séquences de flux, des séquences dynamiques, de spectroscopie par résonance magnétique (SRM), de perfusion et d'IRM fonctionnelle. La séquence de diffusion reflète les mouvements de l'eau altérés dans les œdèmes cytotoxiques. Le tenseur de diffusion analyse la morphologie et la direction des faisceaux de fibres blanches à partir d'acquisition en diffusion dans de multiples plans. Cette technique est en plein développement. La séquence de flux permet de visualiser les structures circulant

lentement (Liquide cérébro-spinal...). La séquence de spectroscopie par résonance magnétique (SRM) analyse les différents métabolites cérébraux : N-acétyl-aspartate (NAA), choline (Cho), créatine (Cr), myoinositol (Mi), lipides et lactates. La séquence de perfusion s'acquiert en séquences pondérées en T2 EG après injection de gadolinium permettant l'analyse de différents paramètres tels : le volume sanguin cérébral (cérébral blood volume CBV), le flux sanguin cérébral (cérébral blood flow CBF) , le temps de transit moyen (mean transit time MTT) et le temps d'arrivée du bolus (time to peak TTP). Dans les tumeurs gliales, les zones hypoperfusées correspondent à des zones de prolifération cellulaires très actives avec un rCBV (regional cerebral blood volume) qui est augmenté en faveur de phase de dégénérescence. Le rCBV est diminué en cas de radionécrose du fait de la prise de contraste par rupture de la barrière hémato-encéphalique. La cartographie comparée à la zone contro-latérale permet de définir actuellement un algorithme dans le diagnostic des tumeurs intra-axiales. Le non rehaussement de la lésion après injection de gadolinium associé à une non-élévation de la Cho/NAA est en faveur d'une tumeur de bas grade, d'une pathologie démyélinisante ou d'une encéphalite. Si l'élévation du Cho/NAA (>2,2) est associée à une augmentation de la perfusion (rTBV >1,75), elle est en faveur d'une tumeur de haut grade ; sinon, il s'agit d'un bas grade.

En cas d'absence de rehaussement de la tumeur, la facilitation de la diffusion avec élévation de l'ADC si elle est associée à une prise de contraste annulaire est en faveur d'un lymphome ; sinon il faudra alors tenir compte du rTBV. Si la perfusion est augmentée avec un rTBV >1,75 il s'agit d'une tumeur de haut grade, dans le cas contraire la lésion correspond à une lésion démyélinisante ou un abcès. S'il existe d'emblée. Les métastases correspondent à une augmentation de la diffusion et de la perfusion associée à une infiltration significative.

TECHNIQUES RECENTES : TDM DOUBLE ENERGIE ET MORPHO TEP (8) (9)

La séance consacrée à la tomographie par émission de positons a mis en évidence que son association avec le scanner ou PETscan accroît significativement la détection des lésions primaires et secondaires avec bilan d'extension. De nouveaux traceurs spécifiques (métastases osseuse, prostate) ont été présentés et laissent présager de nouvelles applications cliniques du PET Scan.

NEPHROTOXICITE ET FIBROSE SYSTEMIQUE NEPHROGENIQUE (10) (11)

1-Produit de contraste iodé et néphrotoxicité

L'extraordinaire essor des techniques de radiologie diagnostique et interventionnelle conduit à exposer des sujets au potentiel néphrotoxique des produits de contraste iodé. Le facteur de risque le plus important est l'insuffisance rénale chronique (IRC avec une créatininémie >120 µmol/l chez l'homme et 108 chez la femme avec une clairance <60 ml/min selon la formule de Cockcroft), le risque d'IRA aux produits de contraste iodé (PCI) étant très fortement lié au degré d'insuffisance rénale. Les patients à faible risque ayant une

clairance >50 ml/mn sans autre facteur de risque ou dysfonction rénale, le risque faible ou moyen étant compris entre 30 et 50 ml sans diabète et le haut risque <30 ml/mn. Le meilleur traitement est surtout préventif et comporte différents aspects dont le dépistage des sujets à risque, des alternatives aux PCI (le CO₂, le gadolinium), la dose et la répétition des injections, la limitation du jeûne avant injection iodée, l'osmolalité des PCI (privilégier ceux de basse osmolalité), les apports en eau et en sodium, les agents pharmacologiques dont le N-acétylcystéine et l'épuration extracorporelle préventive. Cette prévention s'est précisée avec la détection des sujets à risques avec mesure de la créatinine surtout les patients porteurs de pathologie et terrains à risque : hypertension artérielle, diabète, protéinurie, antécédant de néphropathie, déshydratation et hypovolémie efficace, médicaments néphrotoxiques (Aminosides, AINS, IEC...), myélome multiple et gammopathie monoclonale si protéinurie. Les facteurs de risque liés à l'examen sont la répétition de l'examen (au moins une semaine entre deux injections), les doses élevées. Il faut dans tous les cas hydrater le patient avant et après l'examen, surveiller la diurèse pendant les 24 premières heures et doser la créatininémie 48 heures après l'examen. La carbocystéine est administrée en complément.

2-Gadolinium et Fibrose systémique néphrogénique

La fibrose systémique néphrogénique (FSN) est une maladie rare (<500 cas dans le monde répertoriés surtout chez des dialysés) et potentiellement très grave conduisant à discuter plus strictement les indications d'IRM avec produit de contraste à base de gadolinium. Quelle imagerie pour l'insuffisant rénal chronique ? Les hypothèses physiopathologiques tendant à incriminer le gadolinium (agent paramagnétique) dans cette dermopathie fibrosante rarissime avec atteinte multiviscérale (poumon, cœur, foie...) notamment chez l'insuffisant rénal sévère incite à la plus grande prudence sans pour autant verser dans la paranoïa.

IMAGERIE DE LA FEMME (12) (13)

1-Rôle de l'IRM dynamique dans le traitement néo-adjuvant du cancer du sein

L'imagerie chez les patientes traitées par des traitements néo-adjuvants pour néoplasie du sein est en plus d'évaluer la diminution de la masse tumorale de prédire la réponse histologique à la chimiothérapie, facteur qui est étroitement liée à la survie (11). La chirurgie associée à l'analyse anatomo-pathologique après le traitement anti-cancéreux permet de mieux évaluer la réponse aux différentes techniques d'imagerie morphologiques et fonctionnelles. En plus de l'examen clinique, de la mammographie et de l'échographie, les techniques d'imagerie actuelles permettent en plus de la mesure de la taille et du nombre des lésions une évaluation fonctionnelle mais aussi une mise en évidence de l'activité tumorale (scintigraphie et PET scan).

La mammographie est limitée par son caractère non reproductible lié aux distorsions architecturales de la lésion et elle ne permet pas une prévision de la réponse histologique.

Les calcifications tumorales dans le cadre d'un carcinome canalaire pouvant persister après guérison ou apparaître secondairement suite à une nécrose. L'échographie est plus sensible que la mammographie et la clinique dans les tumeurs hypoéchogènes mais fait défaut quand la lésion est fragmentée, plurinodulaire ou lorsque sa taille dépasse le champ des ultrasons.

L'IRM se présente comme la plus fiable pour les tumeurs multifocales et chez les femmes non ménopausées aux seins denses bien que la lésion soit surestimée dans les petites tumeurs. La mise en évidence de tumeurs à l'IRM dynamique est corrélée à la cinétique et l'intensité du renforcement du contraste (wash out). L'échographie-doppler montrant une majoration de la vascularisation et la mammoscintigraphie au technétium 99m-MIBI avec augmentation de la captation mammaire par la tumeur sont des indicateurs de l'inefficacité de la thérapeutique. La tomographie par émission de positons (TEP au 18FDG) associée au scanner permet une évaluation dès le premier cycle de chimiothérapie avant la réponse radiologique ; de plus, elle permet un staging préthérapeutique par la détection de localisations secondaires et d'adénopathies.

2-Moyens de contraste et grossesse

En ce qui concerne, les moyens de contraste et la grossesse l'exposition du fœtus aux produits de contraste constitue un dilemme du fait de son exposition tout d'abord à une irradiation pouvant être abortif dans les premières semaines d'aménorrhée (loi du tout ou rien) avec risque tératogène et mutagène lorsque la grossesse est avancée. Le risque majeur est l'atteinte de la fonction thyroïdienne avec la survenue d'une hypothyroïdie. La fonction thyroïdienne est importante pour le développement du système nerveux du fœtus. Toute médication contenant de l'iode est contre-indiquée chez la femme enceinte et toute exposition inévitable de cette dernière nécessite une surveillance du nouveau-né par des tests sanguins après la naissance pendant la première semaine de vie. Les tests in vivo lors de méta-analyses avec expérimentation animale n'ont pas mis en évidence d'effet dommageable avec mutation génétique ou de passage placentaire après administration d'iode ou de gadolinium. Pendant l'allaitement, le très faible passage de l'iode et du gadolinium dans le lait maternel avec une très faible absorption par l'enfant conduit à réviser la position des fabricants de contraste qui recommandaient un sevrage de 24 à 48 heures ; dans l'état actuel des connaissances, l'allaitement n'est plus interrompu.

Tous les supports des communications orales ainsi que les photographies de la manifestation sont disponibles sur les sites de l'AFIIM (14) (15) (16).

REFERENCES

1. Lucidarne O. Tumeurs hépatiques et moyens de contraste en échographie (Hôpital Pitié-Salpêtrière, Paris) A.F.I.I.M 2009
2. Vilgrain V. Les moyens de contraste IRM spécifiques en pathologie hépato-biliaire (Hôpital Beaujon, clichy) A.F.I.I.M 2009
3. Tsarfati I. Nouveaux agents de contraste ciblés en imagerie moléculaire : IRM et échographie (Tel Aviv University, Tel Aviv) A.F.I.I.M 2009
4. Amitai M. Intestin grêle et Moyens de contraste : TDM et IRM (Chaïm Sheba Medical Ceter, Tel Hashomer) A.F.I.I.M 2009
5. Sablayrolles J-L, Douek P. Contraste en TDM cardiaque (Centre cardiologique du Nord, Saint-Denis/Hôpital Cardiologique L. Pradel, Lyon) A.F.I.I.M 2009
6. Meder J-F. Produits de contraste et angiogénèse des tumeurs cérébrales (Hôpital Saint-Anne, Paris) A.F.I.I.M 2009
7. Assaf Y. Imagerie de diffusion de la substance blanche (Tel Aviv University, Tel Aviv) A.F.I.I.M 2009
8. Even-Sapir E. Moyen de contraste et Morpho-TEP (Sourasky Medical Center, tel-Aviv) A.F.I.I.M 2009
9. Benjaminov O. TDM double énergie : Résultats cliniques préliminaires (Rabin Medical Center, Petah Tikva) A.F.I.I.M 2009
10. Heyman S. Néphrotoxicité des produits de contraste (Hadassa Medical Center, Jerusalem) A.F.I.I.M 2009
11. Gauvrit J-Y. Fibrose systémique néphrogénique : Que savons-nous réellement ? (CHU Rennes) A.F.I.I.M 2009
12. Ollivier L. Evaluation du traitement néo-adjuvant du cancer du sein par IRM dynamique (Institut Curie, Paris) A.F.I.I.M 2009
13. Apter S, Hiller N. Moyens de contraste et grossesse : les questions fréquentes (Chaïm sheba Medical Center, tel Hashomer/Hadassa Medical Ceter, Jerusalem) A.F.I.I.M 2009
14. www.imagerieguilloz.com
15. afiim.free.fr
16. www.imaging.sheba.co.il