

*COLLÈGE NATIONAL  
DES GYNÉCOLOGUES ET OBSTÉTRICIEUS FRANÇAIS  
Président : Professeur J. Lansac*

**Extrait des  
Mises à jour  
en Gynécologie  
Médicale**

—

**Volume 2008  
publié le 3.12.2008**



*TRENTE-DEUXIÈMES JOURNÉES NATIONALES  
Paris, 2008*

# IRM mammaire et carcinome intracanalair

C. EL-KHOURY \*  
(Paris)

## INTRODUCTION

L'utilisation de l'IRM dans l'exploration du sein a débuté à la fin des années 80. Elle a été utilisée en complément de la mammographie et de l'échographie. Les auteurs ont tenté de différencier les lésions bénignes des lésions malignes et ont souligné le manque de spécificité de cette technique [1-13]. Depuis, l'accès plus large par la diffusion des machines a contribué à son utilisation en routine.

Les années 90 et 2000 ont été marquées par les progrès techniques et les tentatives d'améliorer la spécificité de l'IRM :

- par l'utilisation de séquences dynamiques. En effet, la mise en évidence du phénomène de wash-out augmente le degré de suspicion de malignité avec une spécificité de l'ordre de 85 % [14-16].
- Par d'autres techniques comme la spectroscopie par résonance magnétique (SRM) et l'étude de la perméabilité capillaire qui sont toutefois restées dans le domaine de la recherche clinique du fait d'un manque de reproductibilité [2, 17-23].

\* Service de Radiologie - Institut Curie - 26 rue d'Ulm - 75248 Paris Cedex 05  
Centre d'Imagerie Pierre Louÿs - 6 rue Pierre Louÿs - 75016 Paris  
E-mail : carl.el-khoury@curie.net

Les progrès techniques ont abouti à un excellent compromis entre la qualité de l'image (résolution spatiale) et la rapidité d'acquisition des séquences entre une et deux minutes (résolution temporelle). Ceci permet une meilleure analyse morphologique, des contours et de l'architecture interne des prises de contraste, tout en gardant les renseignements sur le profil des courbes de prise de contraste [24, 25].

L'arrivée du lexique BI-RADS a favorisé l'homogénéisation des protocoles d'examen et des bases d'interprétation avec une terminologie permettant de décrire les rehaussements anormaux, d'avoir un compte rendu structuré, de classer l'anomalie en catégories de VPP croissantes de malignité et de dicter une conduite à tenir en fonction du type d'anomalie [26].

L'IRM a prouvé son intérêt dans le suivi des cancers du sein sous chimiothérapie, par la mise en évidence de manière précoce des modifications des profils de prise de contraste et par une excellente corrélation au volume tumoral résiduel [27-35].

Enfin, l'apparition sur le marché d'antenne mammaire avec système de guidage stéréotaxique a permis l'accès aux repérages préopératoires, aux microbiopsies et plus récemment aux macrobiopsies guidées par IRM [36-39]. Ces gestes se font sur des machines à aimant fermé, en deux temps : le temps d'acquisition des images dans la machine et le temps du repérage à l'extérieur de l'aimant. Ceci permet de réaliser des biopsies sans avoir recours obligatoirement à une IRM dédiée à l'interventionnel avec un champ magnétique ouvert, machines très peu répandues en raison du plus faible champ magnétique par rapport aux machines à champ fermé.

Les macrobiopsies sous IRM ont été évaluées par une étude multicentrique européenne, et ont une bonne fiabilité équivalente à celle des repérages sous IRM. Ceci permet de corrélérer les prises de contraste à l'histologie. Malgré tout, ces techniques en deux temps sont disponibles uniquement dans une dizaine de centres en France à l'heure actuelle, et nécessitent un certain savoir faire technique, et une coopération de la part des patientes en raison du temps d'examen (60 à 90 min).

L'IRM est donc une technique permettant l'exploration du sein et la corrélation des anomalies aux données histologiques.

Nous verrons comment et dans quel cas cette technique peut s'intégrer dans le bilan préopératoire du carcinome intracanalair (CIC).

## PHYSIOPATHOLOGIE ET ASPECT IRM DU CIC

La détection des cancers en IRM est basée sur la présence d'une prise de contraste anormale au sein du parenchyme mammaire. Ces prises de contraste sont liées à une augmentation locale de la perméabilité capillaire et de la densité microvasculaire [40].

La détection du CIC en IRM est liée à l'angiogénèse tumorale. Les études ont en effet démontré une majoration de la densité microvasculaire autour des canaux atteints par la maladie. Cette augmentation de la densité microvasculaire est plus marquée dans le CIC de haut grade avec ou sans nécrose [8, 41, 42].

Les prises de contraste qui ont la plus forte valeur prédictive positive de CIC sont les prises de contraste sans masse, de morphologie canalaire (figures 1 et 2) ou segmentaire, souvent asymétriques [43, 44]. Ces carcinomes in situ peuvent être purs ou associés à des lésions infiltrantes. Alors que les prises de contrastes, associées à une masse à contours irréguliers ou spiculés (visible avant injection), sont plus souvent en rapport avec un carcinome infiltrant.

La valeur prédictive positive de l'IRM est dans les deux cas de l'ordre de 60% [24].

Figure 1

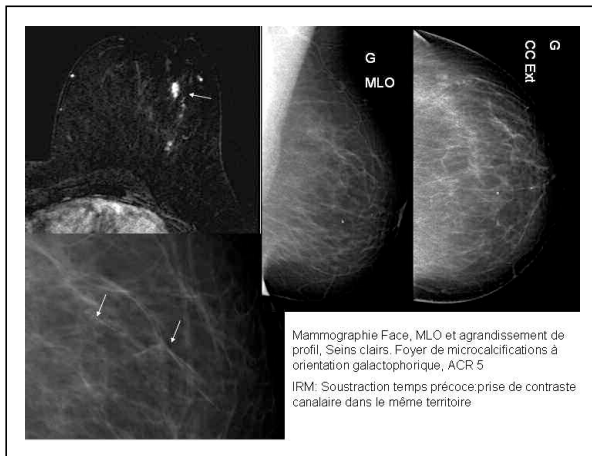


Figure 2a

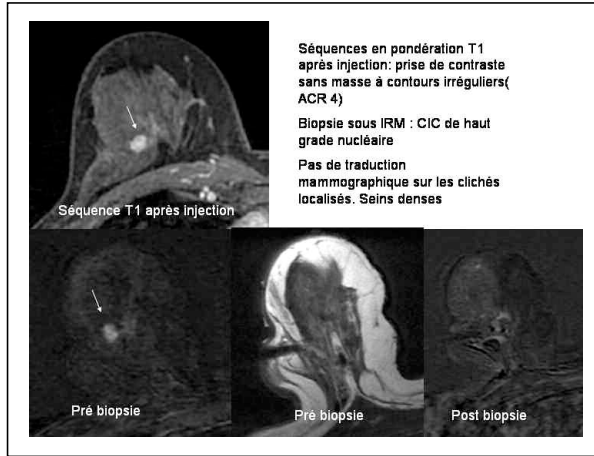
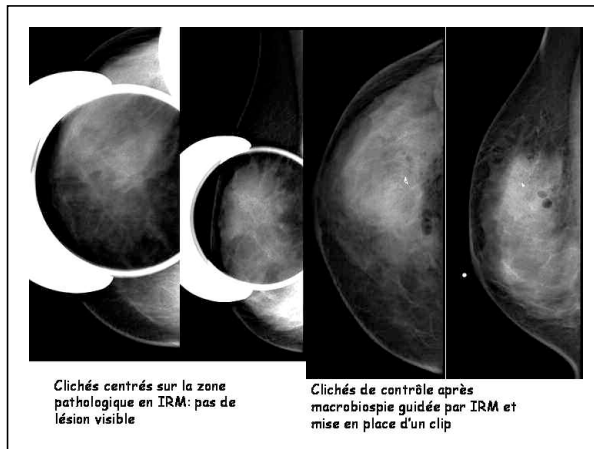


Figure 2b



## L'IRM MAMMAIRE : TECHNIQUE TRÈS SENSIBLE SURTOUT DANS LES SEINS DENSES

L'IRM est la technique la plus sensible pour la mise en évidence des cancers du sein. Dans les séries récentes, la sensibilité de l'IRM dépasse celle de la mammographie et de l'échographie, surtout dans les seins denses.

L'étude de Berg montre une sensibilité de l'IRM de 95% pour les carcinomes canaux infiltrants (CCI), de 96% pour les carcinomes lobulaires infiltrants (CLI) et 89% pour les carcinomes intracanaux (CIC). Tous types de tumeurs confondus, et dans les seins non graisseux, cette étude montre que l'IRM a une sensibilité supérieure à celle de la mammographie ( $p < 0,1$ ) [45].

Ces données ont été confirmées par d'autres études prospectives ayant comparé la sensibilité de la mammographie et de l'IRM dans le dépistage systématique chez les patientes porteuses d'une altération génétique, patientes parmi lesquelles on rencontre plus souvent des seins denses en raison de leur jeune âge. La sensibilité de l'IRM dans ces études varie de 79 à 98% alors que celle de la mammographie oscille entre 28 et 59% [45-53].

Nous savons également que l'IRM permet de diagnostiquer des cancers occultes aux techniques standards. Une de ces situations est la présence d'une adénopathie axillaire métastatique d'un carcinome mammaire sans traduction clinique, mammographique ou échographique. Dans cette situation, l'IRM permet de retrouver le primitif dans 70 à 80% des cas [54-56].

L'autre situation est la maladie de Paget du mamelon, dans une étude rétrospective récente sur 34 cas, l'IRM a permis de détecter des cancers intramammaires occultes à la mammographie (4/8 cas). Il faut noter toutefois que les deux techniques n'ont détecté que 15 des 32 cancers vus à la chirurgie. Une imagerie négative n'élimine donc pas la possibilité d'un cancer sous-jacent [57].

En effet, si l'IRM a une grande sensibilité pour les carcinomes infiltrants, sa sensibilité est inférieure pour le CIC. Selon une étude multicentrique récente, le taux de faux négatifs de l'IRM en présence de microcalcifications suspectes à la mammographie est de l'ordre de 16% (12/77 CIC ne sont pas visibles en IRM) [24]. Ces données sont confirmées par une autre étude multicentrique italienne qui a analysé la valeur de l'IRM devant un foyer de microcalcifications suspectes. Sur 33 CIC, 4 n'avaient aucune traduction en IRM (12%). La sensibilité de l'IRM pour le CIC est de 79% dans cette étude [58].

Il est donc impératif d'obtenir systématiquement une preuve histologique devant tout foyer de microcalcifications indéterminées ou suspectes (ACR 4 ou 5).

À noter une autre étude récente [59] qui remet en question le dogme selon lequel le diagnostic de carcinome intracanaux repose exclusivement sur la mammographie (puisqu'il est basé sur la visualisation de microcalcifications). Cette étude a comparé la mammographie à l'IRM de manière prospective sur une période de 5 ans et a

inclus 7319 patientes parmi lesquelles 167 ont un diagnostic final de CIC, et étudiées par les deux techniques. 93 CIC (56 %) sont visibles à la mammographie et 153 (92 %) à l'IRM. Sur 89 CIC de haut grade, 43 sont méconnus par la mammographie mais vus en IRM, et seulement 2 ne sont pas détectés en IRM et vus uniquement en mammographie. Cette étude montre que l'IRM détecte des carcinomes canauxaires in situ occultes à la mammographie, (n = 72) souvent de haut grade (n = 43, 60 %).

Les auteurs de cet article concluent que l'IRM n'est pas appropriée au dépistage systématique dans la population générale car l'étude comporte un biais lié au recrutement des patientes, avec une prévalence de cancer de l'ordre de 9% dans cette population, ce qui n'est pas le cas de la population féminine dans le cadre du dépistage systématique, ni dans une population à risque (2%) [60].

De plus, il faut rappeler que cette étude est réalisée par des équipes expertes en IRM mammaire, ayant accès au guidage et biopsies sous IRM.

## L'IRM DANS LE BILAN PRÉOPÉRATOIRE

La première étape du traitement conservateur est basée sur l'exérèse chirurgicale qui vise à obtenir une excision tumorale avec des berges saines.

La visibilité de l'étendue des lésions est donc capitale.

Les enseignements tirés par les études sur l'IRM dans le suivi des cancers sous chimiothérapie, notamment la bonne corrélation entre la taille de la prise de contraste et la taille histologique ( $r = 0,75$  à  $0,89$ ) [61-63], ont encouragé l'utilisation de l'IRM dans le bilan préopératoire des carcinomes mammaires invasifs.

Plusieurs études ont porté sur l'intérêt de l'IRM dans le bilan préopératoire du carcinome invasif. Elles sont toutes concordantes et montrent une modification de la prise en charge des patientes. En effet, l'IRM montre mieux que la mammographie et que l'échographie l'étendue des lésions. Elle montre des lésions multifocales ou multicentriques dans 20% des cas environ et des lésions dans le sein controlatéral dans 5% environ. Elle modifie la prise en charge dans 24% des CCI et dans 45 à 50% des CLI (carcinomes lobulaires infiltrants) [64-81].

Toutefois, la plupart des études démontrent le caractère peu spécifique des prises de contraste additionnelles avec un taux de faux positifs plus élevé en IRM par rapport à la mammographie et à l'échographie : 23 % contre 12,5 et 13 % [79].

Quant à l'IRM dans le cadre du CIC, les études montrent une plus grande sensibilité de l'IRM par rapport à la mammographie, mais un risque de surestimation de la taille lésionnelle.

Dans l'étude de Berg, la sensibilité de la mammographie passait de 100 % dans les seins gras à 45 % dans les seins denses. La sensibilité de la mammographie pour les CIC était de 55 % (21/38) contre 89 % (34/38) en IRM. L'IRM surestimait la taille du CIC dans 50 % (6/12) [45].

Hwang, dans une série de 51 patientes avec un CIC prouvé par biopsie, montre que l'IRM joue un rôle dans la détection de la multicentricité, de la maladie résiduelle et de la composante infiltrante associée [73].

Une autre étude portant sur 54 patientes avec un CIC et 12 patientes avec un CIC associé à un CCI de 10 mm a confronté l'IRM (n = 22) et la mammographie (n = 64) aux données histologiques. Le coefficient de corrélation de la taille mammographique à la taille histologique était de 0,44 et de 0,49 pour l'IRM. La mammographie sous-estimait la taille lésionnelle (de 5 mm ou plus) dans 47 %, alors que l'IRM estimait correctement la taille tumorale dans 43 % et la surestimait dans 38 %.

Le rôle de l'IRM dans le CIC prouvé histologiquement reste à définir ; il doit faire l'objet d'études prospectives, en ciblant les patientes, sachant que la sensibilité de l'IRM est supérieure à la mammographie dans les seins denses [45, 82].

Une telle étude sous-entend, en raison du risque de surestimation des lésions, le recours aux biopsies sous IRM d'une manière systématique en cas de lésions surnuméraires.

Il faudra également définir la conduite à tenir en cas de lésions frontières découvertes suite à ces biopsies : une double tumorectomie du CIC connu et de la lésion frontière, avec le risque d'avoir à faire une mastectomie dans un deuxième temps en cas de sous-estimation, ou une mastectomie avec le risque de « surtraiter » des lésions frontières ?

Selon l'étude prospective de Kuhl, l'IRM détecte des CIC de haut grade non vus par la mammographie, autrement dit des CIC sans calcification et ce, indépendamment de la densité mammaire [59]. Ceci implique qu'un CIC de haut grade de découverte fortuite sans traduction mammographique devrait faire l'objet d'un examen complémentaire par IRM afin de mieux préciser l'étendue des lésions.



## L'IMPACT SUR LE LONG TERME

L'effet sur le long terme, c'est-à-dire sur le taux de survie sans récurrence et le taux de survie globale, par l'adjonction de l'IRM au bilan préthérapeutique n'est pas clairement connu à l'heure actuelle.

Nous disposons de quelques éléments de réponse :

Une seule étude rétrospective montrant un taux significativement plus élevé de récurrences locales chez les femmes n'ayant pas bénéficié d'une IRM dans le bilan initial de leur cancer, 6,8% contre 1,2% pour celles qui ont bénéficié d'une IRM.

Cette étude comporte cependant un biais puisqu'il y avait un plus grand nombre de stades avancés, de haut grade histologique, et d'envahissement ganglionnaire dans le groupe sans IRM, pouvant en partie expliquer le pourcentage important de récurrences locales après un suivi moyen de 3,3 ans [83].

Une autre étude sur 756 patientes traitées entre 1992 et 2001 a évalué l'apport de l'IRM chez 215 patientes. Aucune différence significative n'a été mise en évidence dans les taux de récurrence locale (3% avec IRM contre 4% sans IRM,  $P = 0,32$ ), ni dans le taux de survie à 8 ans (86% contre 87%,  $P = 0,51$ ) ni dans le taux de récurrence controlatérale (6% dans les deux groupes). Les auteurs de cette étude soulignent la possibilité que le caractère rétrospectif de l'étude ait pu introduire un biais, d'une part du fait que des patientes plus jeunes aient pu avoir plus fréquemment des IRM devant les difficultés rencontrées en mammographies. Et du fait que le rôle de l'IRM puisse être sous-estimé car l'étude n'inclut pas les patientes qui ont eu une mastectomie à la place d'une tumorectomie en raison des données de l'IRM [84].

La méta-analyse récente de Jatoi et coll. reprenant les résultats de 6 essais, ayant comparé traitement conservateur et mastectomie avec un recul de 15 ans, a montré l'équivalence des 2 traitements en termes de survie globale, avec cependant un taux significativement plus important de récurrence locale dans le bras traitement conservateur dans 4 des 6 essais ( $p < 0,001$ ) [85].

L'IRM a potentiellement un rôle à jouer dans le cadre de patientes à haut risque de récurrence ou en cas de suspicion de lésions multifocales en cas de traitement conservateur.

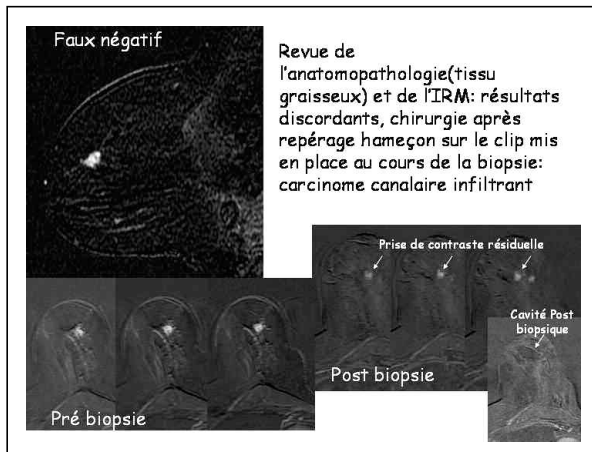
Son impact sur les résultats à long terme sera difficile à prouver car les taux de récurrence sont faibles et nécessitent un suivi de 10 à 15 ans. De plus, une randomisation paraît difficile éthiquement.

## LES DIFFICULTÉS SOUS IRM

Si la macrobiopsie guidée par IRM est une technique utile, elle n'est pas fiable à 100%.

La revue et la corrélation des données histologiques à l'IRM sont primordiales afin de ne pas méconnaître des carcinomes. La figure 3 montre un carcinome canalaire infiltrant faussement négatif en macrobiopsie sous IRM. Le cas a été jugé discordant. La mise en place d'un clip a permis au chirurgien, après repérage par hameçon, de réaliser l'exérèse de cette lésion.

Figure 3



Une étude rapporte 6 cas de faux négatifs (2 CIC, 4 invasifs) sur 20 dossiers discordants vérifiés par chirurgie (30%) parmi 342 lésions prélevées par macrobiopsies à l'aiguille 9 G. Le taux de discordance de 7% (24/342) étant plus élevé que celui rapporté après macrobiopsie sous stéréotaxie ou microbiopsie sous échographie qui est de l'ordre de 3% [86]. Il faut souligner que cette équipe pratique très peu d'échantillons (8 en moyenne) par biopsie, ce qui peut expliquer en partie ces résultats.

Cette corrélation est rendue difficile par l'absence de preuve formelle sur les cylindres biopsiques du bon échantillonnage de la prise de contraste prélevée. La seule preuve que cette prise de contraste a bien été prélevée est sa disparition sur le contrôle réalisé immédiatement après la macrobiopsie. Or, cette zone est parfois le siège

d'un saignement, et peut se rehausser par la suffusion de produit de contraste à travers une barrière capillaire rompue au cours de la biopsie.

Ceci masquant potentiellement une lésion incorrectement prélevée. Il est donc important de :

- Pratiquer un nombre élevé de prélèvements, en général en Europe 20 à 24 avec une aiguille de 10 ou 11 G.
- Marquer systématiquement le site de biopsie par un repère métallique.
- Revoir les dossiers en réunion multidisciplinaire.
- Demander une exérèse chirurgicale en cas de discordance importante (ACR 5 et histologie bénigne).
- Refaire un contrôle IRM rapproché au moindre doute.

Les difficultés techniques sous IRM sont une cause d'échec. Parmi ces difficultés, on notera l'absence de prise de contraste en raison d'une trop forte compression mammaire au cours de la biopsie. Il est donc important de vérifier la disparition de la prise de contraste par une IRM mammaire de contrôle sans compression [87, 88].

Les autres causes d'échec le plus fréquemment rencontrées sont liées à la petite taille du sein ou à la position de la prise de contraste, trop profonde par rapport à la paroi thoracique, en particulier dans les quadrants internes.

## CONCLUSION

L'IRM est une technique sensible dont les indications doivent être ciblées en raison d'une faible spécificité. L'apport de l'IRM dans le CIC n'est pas clairement établi.

Il semble toutefois plus judicieux de faire appel à l'IRM dans les cas où on hésite entre un traitement conservateur et un traitement radical. Sachant que l'IRM surestime l'étendue des lésions, la décision de mastectomie devra être prise en fonction des résultats histologiques après macrobiopsie. Ceci sous-entend une grande disponibilité de la machine avec des créneaux horaires dédiés aux biopsies et repérages sous IRM.

L'étude de l'impact sur les récidives locales et sur la survie nécessitera un grand nombre de patientes, et un suivi à long terme et ce, en raison du faible taux de récurrence et de mortalité dans ce type de cancer.

## Bibliographie

- [1] Kaiser W et al. MRI of the female breast. First clinical results. Arch Int Physiol Biochim 1985;93(5):67-76.
- [2] Degani H, Horowitz A, Itzchak Y. Breast tumors: evaluation with P-31 MR spectroscopy. Radiology 1986;161(1):53-55.
- [3] Heywang SH et al. MR imaging of the breast using gadolinium-DTPA. J Comput Assist Tomogr 1986;10(2):199-204.
- [4] Lamarque JL et al. Breast pathology in MRI. First results. Eur J Radiol 1986;6(1):42-7.
- [5] Kopans DB. Nonmammographic breast imaging techniques. Current status and future developments. Obstet Gynecol Clin North Am 1987;14(3):651-65.
- [6] Stelling CB, Powell DE, Mattingly SS. Fibroadenomas: histopathologic and MR imaging features. Radiology 1987;162(2):399-407.
- [7] Beomonte Zobel B et al. Magnetic resonance of the breast. Clinical experience with a dedicated coil. Radiol Med (Torino) 1988;76(3):146-51.
- [8] Ottinetti A, Sapino A. Morphometric evaluation of microvessels surrounding hyperplastic and neoplastic mammary lesions. Breast Cancer Res Treat 1988;11(3):241-8.
- [9] Turner D et al. Carcinoma of the breast: detection with MR imaging *versus* xeromammography. Radiology 1988;168(1):49-58.
- [10] Gordenne W, Bauduin E. Diagnostic accuracy of new imaging techniques in breast diseases. J Belge Radiol 1989;72(1):35-8.
- [11] Heywang S et al. MR imaging of the breast with Gd-DTPA: use and limitations. Radiology 1989;171(1):95-103.
- [12] Kaiser W, Zeitler E. MR imaging of the breast: fast imaging sequences with and without Gd-DTPA. Preliminary observations. Radiology 1989;170(3):681-686.
- [13] Kaiser WA. [Magnetic resonance tomography of the breast. The results of 253 examinations]. Dtsch Med Wochenschr 1989;114(36):1351-7.
- [14] Kuhl CK et al. Dynamic breast MR imaging: are signal intensity time course data useful for differential diagnosis of enhancing lesions? Radiology 1999;211(1):101-10.
- [15] Sherif H et al. Peripheral washout sign on contrast-enhanced MR images of the breast. Radiology 1997;205(1):209-13.
- [16] Warren RML et al. Evaluation of a prospective scoring system designed for a multicenter breast MR imaging screening study. Radiology 2006;239(3):677-685.
- [17] Bakken IJ et al. External standard method for the in vivo quantification of choline-containing compounds in breast tumors by proton MR spectroscopy at 1.5 Tesla. Magn Reson Med 2001;46(1):189-92.
- [18] Cecil KM et al. The evaluation of human breast lesions with magnetic resonance imaging and proton magnetic resonance spectroscopy. Breast Cancer Res Treat 2001;68(1):45-54.
- [19] Du W et al. Breast MR imaging with high spectral and spatial resolutions: preliminary experience. Radiology 2002;224(2):577-85.
- [20] Yeung DK, Yang WT, Tse GM. Breast cancer: in vivo proton MR spectroscopy in the characterization of histopathologic subtypes and preliminary observations in axillary node metastases. Radiology 2002;225(1):190-7.
- [21] Sterin M et al. Levels of phospholipid metabolites in breast cancer cells treated with antimetabolic drugs: a 31P-magnetic resonance spectroscopy study. Cancer Res 2001;61(20):7536-43.
- [22] Park JM, Park JH. Human in-vivo 31P MR spectroscopy of benign and malignant breast tumors. Korean J Radiol 2001;2(2):80-6.
- [23] Lewin M et al. In vivo assessment of vascular endothelial growth factor-induced angiogenesis. Int J Cancer 1999;83(6):798-802.
- [24] Schnell MD et al. Diagnostic architectural and dynamic features at breast MR imaging: multicenter study. Radiology 2006;238(1):42-53.
- [25] Kuhl CK, Schild HH, Morakkabati N. Dynamic bilateral contrast-enhanced MR imaging of the breast: trade-off between spatial and temporal resolution. Radiology 2005;236(3):789-800.
- [26] ACR-BI-RADS-IRM, Première édition Française basée sur la 1<sup>e</sup> édition américaine, 2004. American College of Radiology (ACR). ACR-BI-RADS- Magnetic Resonance Imaging. In: ACR Breast imaging reporting and data system, Breast Imaging Atlas, 2003, Reston, Va: American College of Radiology.
- [27] Bonadonna G et al. Primary chemotherapy in operable breast cancer: eight-year experience

- rience at the Milan Cancer Institute. *J Clin Oncol* 1998;16(1):93-100.
- [28] Balu-Maestro C et al. Imaging in evaluation of response to neoadjuvant breast cancer treatment benefits of MRI. *Breast Cancer Res Treat* 2002;72(2):145-52.
- [29] Drew PJ et al. Evaluation of response to neoadjuvant chemoradiotherapy for locally advanced breast cancer with dynamic contrast-enhanced MRI of the breast. *Eur J Surg Oncol* 2001;27(7):617-20.
- [30] El-Khoury C et al. MR quantification of the washout changes in breast tumors under preoperative chemotherapy: feasibility and preliminary results. *AJR Am J Roentgenol* 2005;184(5):1499-504.
- [31] Esserman L et al. MRI phenotype is associated with response to doxorubicin and cyclophosphamide neoadjuvant chemotherapy in stage III breast cancer. *Ann Surg Oncol* 2001;8(6):549-59.
- [32] Makris A et al. Reduction in angiogenesis after neoadjuvant chemoendocrine therapy in patients with operable breast carcinoma. *Cancer* 1999;85(9):1996-2000.
- [33] Rieber A et al. Breast MRI for monitoring response of primary breast cancer to neoadjuvant chemotherapy. *Eur Radiol* 2002;12(7):1711-9.
- [34] van der Hage JA et al. Preoperative chemotherapy in primary operable breast cancer: results from the European Organization for Research and Treatment of Cancer trial 10902. *J Clin Oncol* 2001;19(22):4224-37.
- [35] Newman LA et al. A prospective trial of preoperative chemotherapy in resectable breast cancer: predictors of breast-conservation therapy feasibility. *Ann Surg Oncol* 2002;9(3):228-34.
- [36] Heywang-Kobrunner S et al. Contrast-enhanced MR imaging of the breast: comparison of two different doses of gadopentetate dimeglumine. *Radiology* 1994;191(3):639-646.
- [37] Heywang-Kobrunner SH et al. MR-guided percutaneous excisional and incisional biopsy of breast lesions. *Eur Radiol* 1999;9(8):1656-65.
- [38] Kuhl CK et al. Interventional breast MR imaging: clinical use of a stereotactic localization and biopsy device. *Radiology* 1997;204(3):667-75.
- [39] Warren RM, Hayes C. Localization of breast lesions shown only on MRI—a review for the UK Study of MRI Screening for Breast Cancer. Advisory Group of MARIBS. *Br J Radiol* 2000;73(866):123-32.
- [40] Furman-Haran E et al. Magnetic resonance imaging reveals functional diversity of the vasculature in benign and malignant breast lesions. *Cancer* 2005;104(4):708-18.
- [41] Brown LF et al. Vascular stroma formation in carcinoma in situ, invasive carcinoma, and metastatic carcinoma of the breast. *Clin Cancer Res* 1999;5(5):1041-56.
- [42] Guidi AJ et al. Vascular permeability factor (vascular endothelial growth factor) expression and angiogenesis in patients with ductal carcinoma in situ of the breast. *Cancer* 1997;80(10):1945-53.
- [43] Rosen EL et al. BI-RADS MRI enhancement characteristics of ductal carcinoma in situ. *Breast J* 2007;13(6):545-50.
- [44] Menell JH et al. Determination of the presence and extent of pure ductal carcinoma in situ by mammography and magnetic resonance imaging. *Breast J* 2005;11(6):382-90.
- [45] Berg WA et al. Diagnostic Accuracy of Mammography, Clinical Examination, US, and MR Imaging in Preoperative Assessment of Breast Cancer. *Radiology* 2004;233(3):830-849.
- [46] Kriege M et al. Efficacy of MRI and mammography for breast-cancer screening in women with a familial or genetic predisposition. *N Engl J Med* 2004;351(5):427-37.
- [47] Kuhl CK et al. Breast MR imaging screening in 192 women proved or suspected to be carriers of a breast cancer susceptibility gene: preliminary results. *Radiology* 2000;215(1):267-79.
- [48] Kuhl CK et al. Mammography, breast ultrasound, and magnetic resonance imaging for surveillance of women at high familial risk for breast cancer. *J Clin Oncol* 2005;23(33):8469-76.
- [49] Leach MO et al. Screening with magnetic resonance imaging and mammography of a UK population at high familial risk of breast cancer: a prospective multicentre cohort study (MARIBS). *Lancet* 2005;365(9473):1769-78.
- [50] MARIBS-Study-Group. Screening with magnetic resonance imaging and mammography of a UK population at high familial risk of breast cancer: a prospective multicentre cohort study (MARIBS). *The Lancet* 365(9473):1769-1778.
- [51] Sardaneli F et al. Multicenter comparative multimodality surveillance of women at genetic-familial high risk for breast cancer (HIBCRIT study): interim results. *Radiology* 2007;242(3):698-715. Epub 2007 Jan 23.
- [52] Warner E et al. Surveillance of BRCA1

- and BRCA2 mutation carriers with magnetic resonance imaging, ultrasound, mammography, and clinical breast examination. *JAMA* 2004;292(11):1317-25.
- [53] Tilanus-Linthorst MM et al. First experiences in screening women at high risk for breast cancer with MR imaging. *Breast Cancer Res Treat* 2000;63(1):53-60.
- [54] Schorn C et al. MRI of the breast in patients with metastatic disease of unknown primary. *Eur Radiol* 1999;9(3):470-3.
- [55] Morris EA et al. MR imaging of the breast in patients with occult primary breast carcinoma. *Radiology* 1997;205(2):437-40.
- [56] Lee CH. Problem solving MR imaging of the breast. *Radiol Clin North Am* 2004;42(5):919-34,vii.
- [57] Morrogh M et al. MRI identifies otherwise occult disease in select patients with Paget disease of the nipple. *J Am Coll Surg* 2008;206(2):316-21. Epub 2007 Oct 29.
- [58] Bazzocchi M et al. Contrast-enhanced breast MRI in patients with suspicious microcalcifications on mammography: results of a multicenter trial. *AJR Am J Roentgenol* 2006;186(6):1723-32.
- [59] Kuhl CK et al. MRI for diagnosis of pure ductal carcinoma in situ: a prospective observational study. *Lancet* 2007;370(9586):485-92.
- [60] Yu J et al. MRI screening in a clinic population with a family history of breast cancer. *Ann Surg Oncol* 2008;15(2):452-61. Epub 2007 Nov 17.
- [61] Rosen EL et al. Accuracy of MRI in the Detection of Residual Breast Cancer After Neoadjuvant Chemotherapy. *Am. J. Roentgenol* 2003;181(5):1275-1282.
- [62] Thibault F et al. MRI for Surgical Planning in Patients with Breast Cancer Who Undergo Preoperative Chemotherapy. *Am. J. Roentgenol* 2004;183(4):1159-1168.
- [63] Partridge SC et al. Accuracy of MR Imaging for Revealing Residual Breast Cancer in Patients Who Have Undergone Neoadjuvant Chemotherapy. *Am. J. Roentgenol* 2002;179(5):1193-1199.
- [64] Bedrosian I et al. Changes in the surgical management of patients with breast carcinoma based on preoperative magnetic resonance imaging. *Cancer* 2003;98(3):468-73.
- [65] Boetes C et al. Breast tumors: comparative accuracy of MR imaging relative to mammography and US for demonstrating extent. *Radiology* 1995;197(3):743-747.
- [66] Liberman L et al. MR Imaging of the Ipsilateral Breast in Women with Percutaneously Proven Breast Cancer. *Am. J. Roentgenol* 2003;180(4):901-910.
- [67] Liberman L et al. MR Imaging Findings in the Contralateral Breast of Women with Recently Diagnosed Breast Cancer. *Am. J. Roentgenol* 2003;180(2):333-341.
- [68] Lee SG et al. MR Imaging Screening of the Contralateral Breast in Patients with Newly Diagnosed Breast Cancer: Preliminary Results. *Radiology* 2003;226(3):773-778.
- [69] Quan ML et al. Magnetic resonance imaging detects unsuspected disease in patients with invasive lobular cancer. *Ann Surg Oncol* 2003;10(9):1048-53.
- [70] Kneeshaw PJ et al. Dynamic contrast enhanced magnetic resonance imaging aids the surgical management of invasive lobular breast cancer. *Eur J Surg Oncol* 2003;29(1):32-7.
- [71] Munot K et al. Role of magnetic resonance imaging in the diagnosis and single-stage surgical resection of invasive lobular carcinoma of the breast. *Br J Surg* 2002;89(10):1296-301.
- [72] Ikeda O et al. Magnetic resonance evaluation of the presence of an extensive intraductal component in breast cancer. *Acta Radiol* 2004;45(7):721-5.
- [73] Hwang ES et al. Magnetic resonance imaging in patients diagnosed with ductal carcinoma-in-situ: value in the diagnosis of residual disease, occult invasion, and multicentricity. *Ann Surg Oncol* 2003;10(4):381-8.
- [74] Lampe D et al. The clinical value of preoperative wire localization of breast lesions by magnetic resonance imaging—a multicenter study. *Breast Cancer Res Treat* 2002;75(2):175-9.
- [75] Rieber A et al. MRI of histologically confirmed mammary carcinoma: clinical relevance of diagnostic procedures for detection of multifocal or contralateral secondary carcinoma. *J Comput Assist Tomogr* 1997;21(5):773-9.
- [76] Tillman GF et al. Effect of breast magnetic resonance imaging on the clinical management of women with early-stage breast carcinoma. *J Clin Oncol* 2002;20(16):3413-23.
- [77] Van Goethem M et al. Enhancing area surrounding breast carcinoma on MR mammography: comparison with pathological examination. *Eur Radiol* 2004;14(8):1363-70. Epub 2004 Mar 26.
- [78] Van Goethem M et al. MR mammography is useful in the preoperative locoregional sta-

- ging of breast carcinomas with extensive intraductal component. *Eur J Radiol* 2007;62(2):273-82. Epub 2007 Jan 12.
- [79] Van Goethem M et al. MR mammography in the pre-operative staging of breast cancer in patients with dense breast tissue: comparison with mammography and ultrasound. *Eur Radiol* 2004;14(5):809-16. Epub 2003 Nov 13.
- [80] Schelfout K et al. Contrast-enhanced MR imaging of breast lesions and effect on treatment. *Eur J Surg Oncol* 2004;30(5):501-7.
- [81] Weinstein SP et al. MR imaging of the breast in patients with invasive lobular carcinoma. *AJR Am J Roentgenol* 2001;176(2):399-406.
- [82] Sardanelli F et al. Sensitivity of MRI *versus* Mammography for Detecting Foci of Multifocal, Multicentric Breast Cancer in Fatty and Dense Breasts Using the Whole-Breast Pathologic Examination as a Gold Standard. *Am. J. Roentgenol* 2004;183(4):1149-1157.
- [83] Fischer U et al. The influence of preoperative MRI of the breasts on recurrence rate in patients with breast cancer. *Eur Radiol* 2004;14(10):1725-31. Epub 2004 Jul 10.
- [84] Solin LJ et al. Relationship of Breast Magnetic Resonance Imaging to Outcome After Breast-Conservation Treatment With Radiation for Women With Early-Stage Invasive Breast Carcinoma or Ductal Carcinoma in Situ. *J Clin Oncol* 2008;26(3):386-391.
- [85] Jatoi I, Proschan MA. Randomized trials of breast-conserving therapy versus mastectomy for primary breast cancer: a pooled analysis of updated results. *Am J Clin Oncol* 2005;28(3):289-94.
- [86] Lee JM et al. Underestimation of DCIS at MRI-guided vacuum-assisted breast biopsy. *AJR Am J Roentgenol* 2007;189(2):468-74.
- [87] Prat X et al. European quadricentric evaluation of a breast MR biopsy and localization device: technical improvements based on phase-I evaluation. *Eur Radiol* 2002;12(7):1720-7. Epub 2002 Mar 23.
- [88] Perlet C et al. Multicenter study for the evaluation of a dedicated biopsy device for MR-guided vacuum biopsy of the breast. *Eur Radiol* 2002;12(6):1463-70. Epub 2002 Apr 24.