

Evaluation quantitative de la densité et de la structure fibroglandulaire en mam-mographie numérique et application à la stratification du risque et à la dosimétrie

Mots clés :

- **Directeur de thèse** : ISABELLE BLOCH
- **Co-encadrant(s)** :
- **Unité de recherche** : Laboratoire Traitement et Communication de l'Information
- **Ecole doctorale** : École Doctorale Informatique, Télécommunications, Électronique de Paris
- **Domaine scientifique principal**: Divers

Résumé du projet de recherche (Langue 1)

Le cancer du sein est le cancer le plus fréquent chez la femme et la première cause de mortalité par cancer chez la femme avec 410 000 décès annuels dans le monde en 2002. En France, pour l'année 2005 le nombre de nouveaux cas de cancers du sein a été estimé à 49 814, et le nombre de décès liés à ces cancers a été de 11 201 avec une mortalité prématurée importante (4 354 décès avant 65 ans en 2000) [1] [2]. Le cancer du sein représente donc un problème majeur pour la santé publique. L'imagerie radiographique du sein, ou mammographie, a permis de faire des progrès très importants dans la détection précoce du cancer du sein, améliorant le pronostic fortement corrélé au stade de la tumeur au moment du diagnostic [1]. Le conseil de l'Union Européenne a recommandé dans son Journal Officiel de décembre 2003 le « dépistage par mammographie pour le cancer du sein chez les femmes âgées de 50 à 69 ans, conformément aux lignes directrices européennes sur l'assurance qualité du dépistage par mammographie, » [3]. Dans les critères d'évaluation des « Epidemiological guidelines for quality assurance in breast cancer screening » [1], il est considéré comme acceptable que le taux de cancers d'intervalle atteigne 30% au cours des 11 mois suivant l'examen de dépistage et 50% entre 12 et 23 mois après le dernier examen de dépistage [4]. Malgré les contrôles de qualité rigoureux qui ont été mis en place, la sensibilité du dépistage par mammographie n'est toujours que légèrement supérieure à 60% [1]. Déjà en 1976 J. Wolfe a décrit une classification des seins en quatre catégories selon leur texture et l'importance des tissus fibroglandulaires présents sur les clichés de mammographie et associé ces catégories au risque de ne pas voir une lésion lors de la lecture des clichés [5]. D'autres auteurs ont décrit un lien entre les cancers non détectés en dépistage par mammographie et la densité du sein [6], la superposition de tissu fibroglandulaire étant susceptible de masquer la présence de micro-calcifications ou de masses, signes potentiels de la présence d'un cancer. En outre, l'évaluation quantitative de la densité chez les femmes ayant des seins denses a conduit à déterminer un risque relatif plus élevé, de développer un cancer du sein [7]. Enfin, plusieurs études ont rapporté une relation entre la texture des images et le risque de développer un cancer du sein [8] [9]. Une évaluation précise de la densité et de la texture devrait permettre une individualisation du dépistage, afin de diminuer le taux de cancers non détectés. L'organisation du dépistage du cancer du sein est réalisée en considérant les bénéfices et les risques découlant d'un examen mettant en œuvre des rayons X. Le consensus actuel est d'évaluer le risque radiologique au moyen du concept de dose glandulaire moyenne (DGM) [10] [11]. L'exposition automatique des équipements de mammographie numérique est également basée sur l'optimisation de la qualité des images pour une DGM donnée [12] [13] [14]. La définition de cette métrique est donc particulièrement critique. En conjonction avec ce qui précède une évaluation précise du risque afférent à l'irradiation permettra d'optimiser l'efficacité du dépistage du cancer du sein. Etat de l'art : L'évaluation de la densité mammaire est habituellement réalisée visuellement par les radiologues. Cette densité subjective est basée sur le rapport de la surface fibroglandulaire à la surface du sein dans l'image [15], que l'on peut désigner par densité surfacique. Grâce aux acquisitions numériques il est possible de déterminer ce rapport de manière quantitative, et de l'étendre à la notion de densité volumique, rapport du volume fibroglandulaire au volume total du sein. Il existe actuellement deux produits sur le marché réalisant cette mesure [16] [17]. Le risque individuel peut être évalué au moyen de modèles statistiques, le plus fréquemment utilisé étant celui proposé par Gail en 1989 [18] et basé sur des facteurs de risque comme l'âge des premières règles, l'âge de la première grossesse, l'âge de la ménopause et le risque familial. D'autres modèles ont été introduits par la suite incluant la densité du sein comme facteur de risque [19] [20] [21] mais en utilisant uniquement des valeurs de densité estimées par le radiologue et basés sur des données provenant des Etats-Unis. Il n'existe pas de produit commercial qui détermine la texture glandulaire dans l'image ou la structure glandulaire dans le sein dans le but de les utiliser comme facteurs de risque. Cependant, plusieurs travaux d'analyse de texture d'images mammographiques sur films numérisés ont été publiés: H.Li a évalué les caractéristiques de texture dans des régions d'intérêt [22] par analyse fractale [23] et par analyse de la densité spectrale de puissance [24], C. Castella a utilisé la reconnaissance de formes dans des régions d'intérêt [25]. La caractérisation de texture a également été récemment introduite en tomosynthèse [26]. Le calcul de la DGM est réalisé par la méthode de Monte-Carlo sur des modèles de seins homogènes de densité volumique spécifiée [27]. Cette quantité est tout à fait acceptable au niveau épidémiologique sur la population soumise au dépistage. Par contre la tendance actuelle est d'étendre ce calcul au suivi individuel des personnes soumises au rayonnement à fins médicales (concept de carnet d'irradiation) et pour l'optimisation des paramètres d'exposition. Une des limites des méthodes actuelles est que le calcul de la DGM nécessite la connaissance de la densité, à laquelle on ne peut accéder que par l'estimation visuelle de la densité surfacique (dont les valeurs sont significativement plus élevées que celles de la densité volumique) ou en fonction de l'âge des patientes à partir de statistiques sur une population particulière [28] [29]. Cependant, la DGM est homogène à une quantité d'énergie par unité de masse. Elle est donc indépendante de la masse de glande présente, ce qui peut laisser penser que son utilisation comme seul

indicateur du risque radique est contestable. Une grandeur alternative qui ne présente pas ce problème est l'énergie impartie [30], mais elle ne peut pas être déterminée sans la connaissance détaillée de la quantité et de la distribution de la glande. Pour cette raison elle n'a jamais été développée dans le domaine de la mammographie. La connaissance précise de la masse de glande mammaire et de sa localisation suivant deux dimensions (par rapport aux projections) ou trois dimensions (grâce à la tomosynthèse) devrait permettre de mieux connaître le risque radique individuel de chaque patiente. Les travaux de recherche proposés en partenariat entre GE Healthcare et les laboratoires TSI (Télécom ParisTech) et LUCMFR (KU Leuven) seront décrits selon 3 axes : 1. Physique & Traitement d'images : perfectionnement de la mesure de densité volumique et introduction de nouvelles métriques basées sur l'analyse de texture de la structure glandulaire 2. Epidémiologie : définition de facteurs de risque dérivés des métriques proposées 3. Radioprotection : proposition de nouvelles métriques de l'irradiation en mammographie Pour mener ces travaux de recherche sous Convention CIFRE, seules des données cliniques rétrospectives et ne constituant pas des « données personnelles » au sens de la Loi 78-17 du 6 janvier 1978 (dite « Loi informatique et Libertés ») seront utilisées. Références 1 Estimation de l'impact du dépistage organisé sur la mortalité par cancer du sein, Contexte, méthodologie et faisabilité Groupe collaboratif : Structures de gestion du dépistage, Réseau français des registres de cancers Francim, Centres de lutte contre le cancer, Institut de veille sanitaire http://www.invs.sante.fr/publications/2007/dépistage_cancer_sein/dépistage_cancer_sein.pdf 2 Présentation des dernières données d'incidence et de mortalité par cancer en France et des tendances des 25 dernières années (1980-2005) Conférence de presse du 21 février 2008 Ministère de la Santé, de la Jeunesse et des Sports (Dossier de presse) http://www.invs.sante.fr/presse/2008/communiqués/cancer_evolution/DPCancer21FEV08bd.pdf 3 RECOMMANDATION DU CONSEIL du 2 décembre 2008 ing breast cancer John N. Wolfe Am. J Roentgenol 126:1130-1139, 1976 6 Analysis of Cancers Missed at Screening Mammography Richard E. Bird, Terry W. Wallace, Bonnie C. Yankaskas Radiology 1992; 184:613-617 7 Breast Density and Parenchymal Patterns as Markers of Breast Cancer Risk: A Meta-analysis Valerie A. McCormack and Isabel dos Santos Silva Cancer Epidemiol Biomarkers Prev 2006;15(6). June 2006 8 The risk of breast cancer associated with mammographic parenchymal patterns: a meta-analysis of the published literature to examine the effect of method of classification. Warner E, Lockwood G, Math M, Tritchler D, Boyd NF. Cancer Detect Prev 1992;16: 67–72. 9 New diagnostic method for breast cancer based on clinical mammographic data and its clinical validation. Nomura T, Arita S, Sonoo H. Breast Cancer. 2011 Jan;18(1):56-63. Epub 2010 Apr 10. 10 Absorbed radiation dose in mammography G. Richard Hammerstein, Daniel W. Miller, David R. White, Mary Ellen Masterson, Helen Q. Woodard, and John S. Laughlin Radiology 130:485 - 491, february 1979 11 Arrêté du 22 septembre 2006 relatif aux informations dosimétriques devant figurer dans un compte rendu d'acte utilisant les rayonnements ionisants, NOR : SANY0623888A, article 4 12 Optimized Exposure Control in Digital Mammography Nataliya Shramchenko, Philippe Blin, Claude Mathey, Remy Klausz Medical Imaging 2004: Physics of Medical Imaging, Proceedings of SPIE Vol. 5368 p 445 13 Dose to population as a metric in the design of optimised exposure control in digital mammography R. Klausz and N. Shramchenko Radiation Protection Dosimetry (2005), Vol. 114, Nos 1-3, pp. 369–374 14 Proposition and large scale verification of optimized dose settings for 2D and 3D digital mammography Elena Salvagnini Thèse de doctorat 2009-2013, KU Leuven 15 The ACR Breast Imaging Reporting and Data System American College of Radiology Fourth Edition – 2003 http://www.acr.org/SecondaryMainMenuCategories/quality_safety/BIRADSAtlas/BIRADSAtlasexcerptedtext/BIRADSMammographyFourthEdition/TheACRBreastImagingReportingandDataSystemDoc9.aspx 16 Une méthode automatique et reproductible pour déterminer la densité mammaire B MARTINS, A SMITH, Z JING, A LAZARE, JM ARTONNE JFR 2008 17 Robust Breast Composition Measurement - Volpara™ Ralph Highnam, Sir Michael Brady, Martin J. Yaffe, Nico Karssemeijer, and Jennifer Harvey Lecture Notes in Computer Science 6136 10th International Workshop, IWDM 2010 Proceedings 18 Projecting individualized probabilities of developing breast cancer for white females who are being examined annually Gail MH, Brinton LA, Byar DP, Corle DK, Green SB, Schairer C, Mulvihill JJ. J Natl Cancer Inst. 1989 Dec 20;81(24):1879-86 19 Projecting absolute invasive breast cancer risk in white women with a model that includes mammographic density Chen J, Pee D, Ayyagari R, et al.. Journal of the National Cancer Institute 2006;98:1215–1226. 20 Prospective breast cancer risk prediction model for women undergoing screening mammography Barlow WE, White E, Ballard-Barbash R, et al.. Journal of the National Cancer Institute 2006;98:1204–1214 21 Using clinical factors and mammographic breast density to estimate breast cancer risk: development and validation of a new predictive model. Tice JA, Cummings SR, Smith-Bindman R, Ichikawa L, Barlow WE, Kerlikowske K. Annals of Internal Medicine 2008;148:337–347 22 Computerized Texture Analysis of Mammographic Parenchymal Patterns of Digitized Mammograms Hui Li, Maryellen L. Giger, Olufunmilayo I. Olopade, Anna Margolis, Li Lan, Michael R. Chinander Academic Radiology, Vol. 12, Issue 7, Pages 863-873, 2004 23 Fractal analysis of mammographic parenchymal patterns in breast cancer risk assessment. Li H, Giger ML, Olopade OI, Lan L J Digit Imaging. 2008 Jun;21(2):145-52 24 Power spectral analysis of mammographic parenchymal patterns for breast cancer risk assessment Li H, Giger ML, Olopade OI, Chinander MR. J Digit Imaging. 2008 Jun;21(2):145-52 25 Semiautomatic Mammographic Parenchymal Patterns Classification Using Multiple Statistical Features Cyril Castella, Karen Kinkel, Miguel P. Eckstein, Pierre-Edouard Sottas, Francis R. Verdun, François O. Bochud Academic radiology, Volume 14, Issue 12, Pages 1486-1499 (December 2007) 26 Quantification of texture in Tomosynthesis Despina Kontos, Emily F Conant, Andrew D.A. Maidment RSNA 2009 27 Handbook of glandular tissue doses in mammography Rosenstein M, Andersen LW, Warner C. HHS (FDA) Publication no. 85- 8239. Washington. DC: U.S. Government Printing Office, 1985. 28 Dosimetric implications of age related glandular changes in screening mammography J R Beckett and C J Kotre Phys. Med. Biol. 45 (2000) 801–813 29 Additional factors for the estimation of mean glandular breast dose using the UK mammography dosimetry protocol D R Dance, C L Skinner, K C Young, J R Beckett and C J Kotre Phys. Med. Biol. 45 (2000) 3225–3240 30 Computation of energy imparted in diagnostic radiology Nikolaos A. Gkanatsios and Walter Huda Med. Phys. 24, 571 (1997) 31 Automated Analysis of Breast Glandularity in Digital Mammography Nausikaa Geeraert Internship report to obtain the diploma of Postgraduaat in Medische Stralingsfysica, June 2010 32 A hybrid active contour model for mass detection in digital breast tomosynthesis Gero Peters; Serge Muller; Bénédicte Grosjean; Sylvain Bernard; Isabelle Bloch SPIE Medical Imaging 2007: 65141 33 Fuzzy segmentation of masses in digital breast tomosynthesis images based on dynamic programming Louis Appfel, Giovanni Palma, Serge Muller and Isabelle Bloch IMAGAPP 2010 34 3D density estimation in digital breast tomosynthesis: application to needle path planning for breast biopsy L. Vancanberg, N. Geeraert, R. Lordache, G. J. Palma, R. Klausz, S. Muller SPIE Medical Imaging 2011 Proceedings 7964-12 35 Comparison of density estimates from (3D) chest CT and 2D mammography Marieke Durnez Mémoire de maîtrise KUL (2011) 36 Computer-aided Detection for Digital Breast Tomosynthesis Détection Automatique des Signes Radiologiques pour la Mammographie Numérique Tridimensionnelle Gero PETERS thèse présentée pour l'obtention du Grade de Docteur, Spécialité : Signal et Images, Soutenue le : 21 juin 2007 37 Détection automatique des opacités et distorsions architecturales en tomosynthèse du sein Giovanni Palma. thèse présentée pour l'obtention du Grade de Docteur, Spécialité : Signal et Images, Soutenue le : 23 février 2010

Résumé du projet de recherche (Langue 2)

1. Physique & Traitement d'images : perfectionnement de la mesure de densité volumique et introduction de nouvelles métriques basées sur l'analyse de texture de la structure glandulaire 2. Epidémiologie : définition de facteurs de risque dérivés des métriques proposées 3. Radioprotection : proposition de nouvelles métriques de l'irradiation en mammographie

Informations complémentaires (Langue 1)

Co-tutelle avec le Centre Universitaire de Leuven pour la Physique Médicale en Radiologie (LUCMFR) de la KULeuven.
Encadrement : Hilde Bosmans.