



Images et modèles pour le guidage d'intervention par vidéo- thoroscopie

Proposition d'un sujet de thèse soutenu par le LABEX CAMI, <http://cami-labex.fr/>
Lieu de la thèse LTSI, Université de Rennes 1 et TIMC-IMAG, Université de Grenoble-Alpes
Personnes à contacter :
Directeur de thèse : Jean-Louis Dillenseger (jean-louis.dillenseger@univ-rennes1.fr) et Yohan Payan (yohan.payan@imag.fr)
Collaboration : Matthieu Chabanas (Matthieu.Chabanas@imag.fr) et Simon Rouzé (simon.rouze@chu-rennes.fr)
Démarrage de la thèse : septembre 2016.

1. Le contexte CAMI

Les interventions médicales ont encore une marge de progrès très significative en termes de planification personnalisée et de réalisation optimale. Pour répondre aux exigences du patient au niveau de la qualité, les opérateurs seniors veulent voir au-delà de l'immédiatement visible, être assistés dans leur prise de décisions vitales en temps réel, et accéder à une dextérité augmentée. Les opérateurs juniors demandent à « apprendre à voler » avant d'être laissés seuls, tandis que les autorités de Santé Publique et les industriels demandent la démonstration du service médical rendu par les innovations.

La vision stratégique du LABEX Computer Assisted Medical Interventions (CAMI) est qu'une approche intégrée des interventions médicales résultera en percées en termes de qualité des interventions médicales, observable en pratique par le service médical rendu et par le degré de pénétration de la technologie CAMI dans la pratique clinique de routine.

Parmi les différentes actions entreprises dans le cadre du LABEX CAMI figure le financement de 6 à 10 bourses de thèses démarrant chaque année. Sont privilégiés les sujets s'inscrivant dans le champ scientifique du LABEX et se déroulant en collaboration avec plusieurs partenaires CAMI. Le présent sujet de thèse s'inscrit dans ce cadre.

2. Contexte et objectifs

Du fait du développement, chez les patients à risque, des programmes de dépistage du cancer broncho-pulmonaire par le biais des scanners à faible dose, le nombre de nodules pulmonaires d'histologie indéterminée est amené à croître de manière considérable [1-2]. Du fait de la taille des nodules, la vidéo-thoroscopie (VATS) est un outil crucial dans l'obtention de l'histologie de ces lésions. Les méthodes actuelles de localisation per-opératoire des nodules en VATS nécessitent majoritairement une procédure invasive, avec des taux de complications et de non efficacité du dispositif de guidage non négligeables.

Parallèlement, la Cone Beam Computed Tomography (CBCT) est une modalité d'imagerie dont l'utilisation per-opératoire est croissante, en particulier pour les pathologies pulmonaires [3]. Des travaux préliminaires ont démontré l'intérêt et la faisabilité de son utilisation lors d'une VATS [4].

Le but du travail de Thèse est d'élaborer un système d'assistance par l'image qui permet de compléter en temps réel la vision limitée endoscopique en y projetant une reconstruction du nodule pulmonaire acquise en CBCT.

Un des problèmes majeurs de cette approche est que lors du temps chirurgical, le poumon porteur du nodule est non ventilé (le patient ne respire que sur le poumon sain). De même, lors de la procédure de VATS, des orifices sont réalisés dans la paroi thoracique pour insérer les instruments chirurgicaux. En conséquence, il va se créer un pneumothorax : l'apparition d'air entre le poumon et la paroi thoracique. La morphologie et la densité du poumon s'en trouvent donc fondamentalement changées. Les images CBCT du poumon obtenues en conditions per-opératoires sont donc très différentes de celles du scanner préopératoire. Ainsi, il peut être difficile de localiser le nodule à biopsier sur une image CBCT acquise en conditions per-opératoires (le nodule n'est pas forcément visible) alors qu'il est toujours visible sur le scanner pré-opératoire.

Un des points clés de cette Thèse sera d'intégrer la modification morphologique due au pneumothorax dans la solution de guidage

3. Sujet détaillé

La biopsie des nodules se fait actuellement en approche thoracoscopique (par 3 incisions thoraciques) guidée par la vidéo. Le geste est dans un premier temps planifié sur une image préopératoire scanner X (identification des nodules et élaboration de la stratégie de l'intervention). Le geste lui-même, par contre, provoque un affaissement du poumon qui a plusieurs incidences sur le guidage: déplacement des nodules, limitation du champ de vision, etc. Afin d'y remédier, l'idée forte de la thèse est de compléter le guidage à l'aide d'images CBCT qui vont permettre de localiser les nodules après affaissement.

L'idée générale de notre approche est de coupler et d'intégrer un modèle biomécanique du poumon [5-6] à la chaîne de traitements d'images nécessaire au guidage. Ce modèle, établi à partir des images préopératoires scanner X, sera actualisé durant l'intervention à partir des informations issues du CBCT. Le rôle de ce modèle sera double, d'une part, il permettra de prédire les changements en densité et homogénéité du parenchyme pulmonaire afin d'améliorer la détection des nodules sur les images CBCT durant l'intervention et, d'autre part, il sera un bon indicateur de l'évolution des tissus pulmonaires afin d'améliorer le guidage.

Du point de vue méthodologique, nous envisageons les actions suivantes :

- Le développement de techniques de traitements d'images pour a) extraire des données préopératoires scanner X et per-opératoires CBCT les structures anatomiques nécessaires à la création et à la réactualisation d'un modèle biomécanique et b) rehausser et compenser les pertes de contraste des images CBCT après le pneumothorax.

- De proposer un modèle biomécanique du poumon. L'objectif de ce modèle est de simuler et donc de prédire les déformations de l'ensemble de l'organe une fois le poumon déventilé et le pneumothorax créé.
- De coupler ce modèle aux images du scanner préopératoire où le poumon est ventilé et le CBCT peropératoire où le poumon est non ventilé, avec le pneumothorax. L'estimation des déformations du parenchyme devra permettre la localisation ainsi qu'une modélisation 3D du nodule sur l'image CBCT.
- De mettre en correspondance la vision de l'endoscope avec les informations issues du CBCT et du modèle. Cela nécessite : a) de localiser la pose et le repère caméra de l'endoscope de la vidéo-thoroscopie par le biais de localisateurs et d'un étalonnage de l'ensemble optique/caméra et b) de recalculer le repère CBCT, avec le nodule pulmonaire modélisé et localisé, et le repère de l'endoscope. L'idée est alors de proposer un guidage par réalité augmentée en projetant sur l'écran du vidéo-thoroscopie les informations actualisées de la position du nodule pulmonaire cible.

4. Déroulement proposé et mode de collaboration dans CAMI

La problématique médicale est portée par un Interne en chirurgie cardiaque et thoracique du CHU Pontchaillou, Rennes faisant partie du LTSI.

L'équipe GMCAO (Gestes Médico-Chirurgicaux Assistés par Ordinateur) du laboratoire TIMC-IMAG a de très fortes compétences en modélisation et simulation des déformations des tissus humains dans un contexte clinique [7].

L'équipe IMPACT du LTSI apporte ses compétences en traitement d'images appliquées à l'assistance chirurgicale.

En fonction de ces expertises complémentaires, il nous paraît important de proposer une thèse qui se déroulera physiquement sur le site de Grenoble et sur le site de Rennes. Le planning et la modalité des différentes périodes de travail entre les deux sites est encore en discussion et dépendra des besoins en expertise du travail de thèse. Une solution possible pourrait être un début et une fin de thèse sur le site de Rennes et le milieu de la thèse sur le site de Grenoble.

Le pilotage de la Thèse est mené par 3 personnes, Jean-Louis Dillenseger du LTSI, Université de Rennes 1 et Yohan Payan et Matthieu Chabanas du TIMC-IMAG, Université de Grenoble-Alpes. Un suivi de la thèse par visioconférence ou conférence téléphonique est envisagé selon un rythme bimensuel.

Références bibliographiques :

[1] The National Lung Screening Trial Research Team. Aberle DR, Adams AM, Berg CD, Aberle DR, Adams AM, Berg CD et al. Reduced lung- cancer mortality with low-dose computed tomographic screening. N Engl J Med 2011;365:395–409

[2] Mikita K, Saito H, Sakuma Y, Kondo T, Honda T, Murakami S, Oshita F, Ito H, Tsuboi M, Nakayama H, Yokose T, Kameda Y, Noda K, Yamada K. Growth rate of lung cancer recognized as small solid nodule on initial CT findings. Eur J Radiol. 2012 Apr;81(4):e548-53

- [3] Hohenforst-Schmidt W, Zarogoulidis P, Vogl T, Turner JF, Browning R, Linsmeier B, Huang H, Li Q, Darwiche K, Freitag L, Simoff M, Kioumis I, Zarogoulidis K, Brachmann J. Cone Beam Computertomography (CBCT) in Interventional Chest Medicine - High Feasibility for Endobronchial Realtime Navigation. *J Cancer*. 2014 Mar 9;5(3):231-41.
- [4] S.Rouzé, M. Castro, P. Haigron, J.P. Verhoye, B. de Latour. Small pulmonary nodule localization with intraoperative CBCT during video-assisted thoracic surgery. *SURGETICA proceedings*, Chambéry, France, Dec. 2014.
- [5] Uneri A, Nithiananthan S, Schafer S, Otake Y, Stayman JW, Kleinszig G, Sussman MS, Prince JL, Siewerdsen JH. Deformable registration of the inflated and deflated lung in cone-beam CT-guided thoracic surgery: initial investigation of a combined model- and image-driven approach. *Med Phys*. 2013 Jan;40(1):017501
- [6] Naini AS, Pierce G, Lee TY, Patel RV, Samani A. CT image construction of a totally deflated lung using deformable model extrapolation. *Med Phys*. 2011 Feb; 38(2):872-83.
- [7] M. Bucki, O. Palombi, M. Baillet, Y. Payan. Doppler Ultrasound Driven Biomechanical Model of the Brain for Intraoperative Brain-Shift Compensation: A Proof of Concept in Clinical Conditions. Y. Payan. *Soft Tissue Biomechanical Modeling for Computer Assisted Surgery*, Springer-Verlag, pp.135-165, 2012, *Studies in Mechanobiology, Tissue Engineering and Biomaterials*, 978-3-642-29013-8.