

Détection de contours des organes pelviens dans des images médicales par modèles de B-spline

Z. JIANG^b, J.-F. WITZ^{b,d,e}, P. LECOMTE-GROSBRAS^{b,d,e}, J. DEQUIDT^{b,c}, C. DURIEZ^{b,c}, M. COSSON^{a,b,e}, S. COTIN^{b,c}, M. BRIEU^{b,d,e}

a. Centre Hospitalier Régional Universitaire de Lille (CHRU), F-59000, Lille, France,
Michel.COSSON@chru-lille.fr

b. Univ Lille Nord de France, F-59000, Lille, France, jeremie.dequidt@univ-lille1.fr

c. INRIA Lille-Nord Europe, F-59650, Villeneuve d'Ascq, France, zhifan.jiang@inria.fr ;
christian.duriez@inria.fr ; stephane.cotin@inria.fr

d. ECLille, F-59650, Villeneuve d'Ascq, France, jean-francois.witz@ec-lille.fr ;
pauline.lecomte@ec-lille.fr ; mathias.brieu@ec-lille.fr

e. LML, CNRS, UMR8107, F-59650, Villeneuve d'Ascq, France

Résumé :

A ce jour, en routine clinique, grâce aux technologies avancées d'imagerie par résonance magnétique (IRM), le diagnostic des troubles du système pelvien chez la femme dépend de l'analyse d'images IRM par les médecins avec un risque de subjectivités. La simulation éléments finis est un outil prometteur pour l'aide à la compréhension qui, entre autre basée sur l'IRM, peut réduire la subjectivité des analyses. Pour cela, nous introduisons une méthode permettant d'identifier semi-automatiquement les organes pelviens observables sur des images IRM. Ce travail permet de mettre en place des mesures objectives et quantitatives, qui aide à la modélisation géométrique du système pelvien et à l'analyse des mobilités pour les études plus approfondies. Un modèle paramétré de B-spline est utilisé comme descriptif de géométries dédiées. Ce modèle initial est recalé sur l'organe présenté dans l'image réelle par corrélation d'images virtuelles. Nous avons validé la détection (de la vessie, du vagin et du rectum) sur un jeu de données de 19 patientes, présentant des mobilités physiologiques ou pathologiques.

Abstract :

Nowadays, in the clinical routine, magnetic resonance imaging (MRI) is widely used for the diagnosis of female pelvic floor disorders. The diagnosis rely largely on human interpretation of medical images, on the experience of physicians, with the risk of subjective interpretations. The finite element model simulation is a powerful tool for understanding based on the MRI, which can reduce the subjectivity of analysis. For this we introduce a method that performs semi-automatic detection of the pelvic organs from MR images. This work enables physicians to provide objective and quantitative analyses, which is also dedicated to geometry reconstruction and further studies of the pelvic system mobilities. A parametric B-spline model is used as the geometry descriptor. The approach consists on fitting the initial B-spline model to the organ shapes in real images by virtual image correlation. We validated our detection results (of the bladder, the vagina and the rectum) on a dataset of 19 patient images (healthy and pathological).

Mots clefs : B-spline, corrélation d'images virtuelles, détection des organes pelviens, images IRM

1 Introduction

Dans le contexte du diagnostic des troubles du système pelvien chez la femme, nous nous intéressons à la détection de mobilités anormales. La simulation biomécanique a permis d'obtenir des résultats [4] permettant une meilleure compréhension des mobilités physiologiques et pathologiques (*ex.* prolapsus). Ces simulations, prometteuses, requièrent cependant un travail important de reconstruction des modèles géométriques spécifiques. Dans ce résumé, nous introduisons une méthode de détection des contours des organes pelviens dans des images IRM pour effectuer des contourages semi-automatiques qui ne nécessitent pas un travail fastidieux et répétitif des radiologues. Cette méthode est basée sur des modèles analytiques de B-spline et de la corrélation d'images virtuelles. Grâce à cette approche, la reconstruction des géométries devient efficace et les études des mobilités seront effectuées sur les résultats issus de la méthode. La méthode a été testée sur un jeu de données d'images de 19 patientes saines et pathologiques (atteintes de prolapsus et endométrioses).

2 Méthode de Recalage

Les images médicales pour cette étude sont des images IRM pondérées en T_2 . Ce sont des images spécifiques des patientes, classiquement effectuées pour le diagnostic des pathologies pelviennes (IRM statique et IRM dynamique). Elles consistent en :

IRM statique (patiente immobile) série d'images obtenue dans les trois plans (sagittal, transversal et coronal) pour montrer les organisations anatomiques en 3-D

IRM dynamique (patiente sous effort de poussée) séquence temporelle d'images 2-D de la coupe sagittale médiane pour suivre le mouvement des organes (Fig 1)

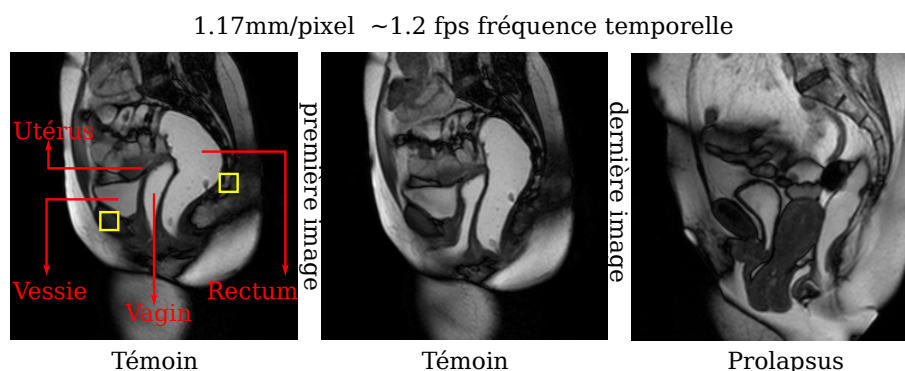


FIGURE 1 – Images IRM dynamiques pondérées en T_2

2.1 Modèles des Organes

Afin de modéliser les organes (la vessie, le vagin et le rectum) dans des images, les modèles paramétrés de B-spline sont utilisés [3]. Chaque organe est représenté par une courbe B-spline fermée de degré 3,

calculée par des fonctions de B-spline $\mathcal{N}_{i,3} : u \in [0, 1] \rightarrow \mathcal{N}_{i,3}(u) \in \mathbb{R}^2$ et un ensemble de points de contrôle $[\mathbf{P}_0, \mathbf{P}_1, \dots, \mathbf{P}_{n-1}]$ (Eq 1).

$$\mathcal{C}(u, [\mathbf{P}_0, \mathbf{P}_1, \dots, \mathbf{P}_{n-1}]) = \sum_{i=0}^{n-1} \mathcal{N}_{i,3}(u) \mathbf{P}_i. \quad (1)$$

La forme géométrique a une continuité de \mathcal{C}_2 sauf au point final de la courbe. Le modèle géométrique étant déterminé par les points de contrôle, dans le processus d'optimisation, leurs positions et nombres seront mis à jour grâce à une formulation analytique.

2.2 Algorithme et Optimisation

Cette détection de contours est réalisée par le recalage de modèles de B-spline sur l'IRM par l'intermédiaire d'une image virtuelle générée à partir de ces modèles (définie au voisinage des contours avec une certaine épaisseur) [1, 2]. Le processus de corrélation de cette image virtuelle et de l'image IRM permet d'optimiser les positions de points de contrôle de la B-spline. En même temps, l'ajout et la suppression de points de contrôle sont également effectués automatiquement pour garantir la convergence et le nombre optimal des degrés de liberté (Fig 2). Les segmentations effectuées sur les images IRM statiques permettront de reconstruire ensuite le modèle numérique spécifique de la patiente.

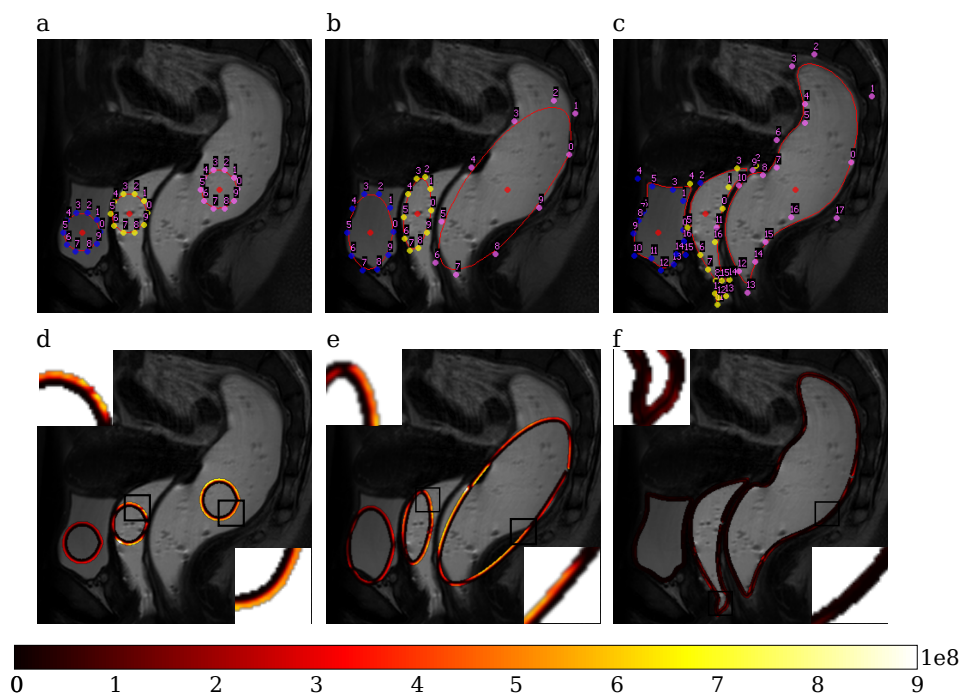


FIGURE 2 – Détection semi-automatique des contours avec les B-spline. Initialisation avec trois cercles (10 points de contrôle chacune), suivie d'une transformation de ces trois contours et les contours finaux. (d'après [5])

3 Résultats

Nous avons validé notre méthode de détection sur un jeu de données des images de 19 patientes. A la fin de chaque processus d'optimisation, un médecin corrige manuellement le contourage des organes en

modifiant les positions de points de contrôle de sorte à ce qu'ils soient bien recalés en cohérence avec son expertise médicale. Nous avons comparé ensuite les deux contours par trois métriques : le coefficient de Dice, la distance de Hausdorff et la distance d'écart moyenne. Sur les 19 patients, nous avons eu une similarité supérieure à 90% pour la vessie et de 80% à 90% pour le vagin et le rectum [5].

4 Conclusion

Dans ce résumé étendu, nous présentons une méthode de détection de contours des organes pelviens dans des images IRM, qui est efficace, semi-automatique et qui fournit des géométries continues et adaptatives. Les techniques de modélisation B-spline et de corrélation d'images virtuelles sont utilisées. La méthode présentée peut aussi être étendue pour reconstruire des géométries 3-D à partir d'images en 3-D nécessaire pour la simulation biomécanique du système pelvien.

Références

- [1] B. Semin, M. L. M. François, H. Auradou, Analytical shape determination of fiber-like objects with Virtual Image Correlation, *European Physical Journal : Applied Physics*, 56 (2011).
- [2] J. Réthoré, M. L. M. François, Curve and boundaries measurement using B-splines and virtual images, *Optics and Lasers in Engineering*, 52 (2014) 145–155.
- [3] L. Piegl, W. Tiller, *The NURBS Book* (2nd Ed.), Monographs in visual communication, Springer, 1995.
- [4] P. Lecomte-Grosbras, M. Nassirou-Diallo, J.-F. Witz, D. Marchal, J. Dequidt, S. Cotin, M. Cosson, C. Duriez, M. Brieu, Towards a better understanding of pelvic system disorders using numerical simulation, *MICCAI*, 2013.
- [5] Z. Jiang, J.-F. Witz, P. Lecomte-Grosbras, J. Dequidt, C. Duriez, M. Cosson, S. Cotin, M. Brieu, B-spline Based Multi-organ Detection in Magnetic Resonance Imaging, *Strain*, 51 (2015) 235–247.