

SARPIA - Segmentation Automatique de Reins Polykystiques par Intelligence Artificielle. Exploration d'approches semi-supervisées.

Contexte clinique

La polykystose rénale autosomique dominante (PKRAD), maladie génétique affectant plus de 12 millions de personnes dans le monde, présente une variabilité clinique significative, notamment en termes de vitesse de déclin des fonctions rénales. Cette pathologie se caractérise par une hypertrophie des reins due au développement progressif de kystes rénaux. Quatrième cause d'insuffisance rénale, elle nécessite la dialyse ou la transplantation rénale pour la majorité des patients [1]. La croissance continue des kystes dans la PKRAD entraîne une augmentation progressive du volume rénal total (VRT). Biomarqueur d'imagerie permettant de prédire le déclin futur de la fonction rénale, le VRT est utilisé en routine pour évaluer le risque de progression de la maladie et sélectionner les patients présentant une progression rapide. L'obtention du TKV requiert une étape de segmentation des reins polykystiques à partir d'images par résonance magnétique (IRM). En routine, cette tâche est effectuée manuellement. En plus d'être chronophage, la délimitation manuelle est sujet à une forte variabilité inter-opérateur en raison de fortes altérations de la morphologie, de la formation non-uniforme des kystes ainsi que de la présence de kystes hépatiques adjacents.

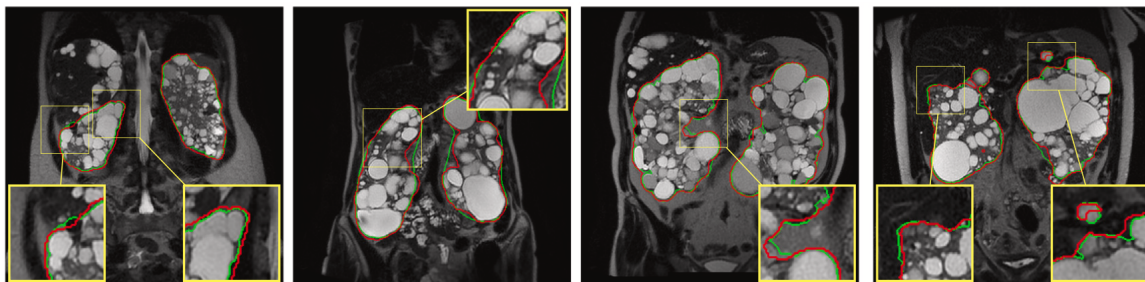


FIGURE 1 – Segmentation vérité-terrain (-) et automatique (-) de reins polykystiques [2].

Travaux déjà réalisés

Ces dernières années, les réseaux de neurones convolutifs ont été utilisés avec succès pour la segmentation d'images médicales et en particulier pour la délimitation d'organes de l'abdomen. C'est grâce à cette méthodologie que IMT Atlantique a remporté la 1^{ère} place du challenge international CHAOS portant sur la segmentation multi-organes. La délimitation de reins polykystiques à partir d'images IRM a également bénéficié de cette avancée. La collaboration entre IMT Atlantique et le CHRU de Brest a mené au développement d'un premier outil automatique de délimitation rénale (Fig.1) et d'obtention du VRT. Du point de vue méthodologique, cette collaboration a également donné lieu à l'étude de modèles basés Transformers [2], nouveau paradigme de l'intelligence artificielle (IA) permettant une meilleure prise en compte de l'information contextuelle des images.

Objectif du stage

Nous souhaitons améliorer la robustesse des modèles de segmentation automatique de reins polykystiques par l'intermédiaire de nouvelles bases d'images disponibles issues des essais cliniques CRISP et HALT. Ces données sont fournies par le NIDDK dans le cadre d'un accord

de transfert de données signé entre IMT Atlantique et le NIH. Les modèles profonds pourront ainsi bénéficier d'une grande quantité de données représentatives de la variabilité des structures anatomiques et des caractéristiques kystiques observées dans la PKRAD.

Méthodologie

Les travaux viseront à dépasser le paradigme habituel de l'apprentissage complètement supervisé en exploitant à la fois des données annotées et non-annotées par le biais d'un apprentissage semi-supervisé. Dans cette perspective, trois stratégies [3] pourront être analysées et mises en œuvre :

- Apprendre un modèle à l'aide des données annotées puis l'exploiter pour générer des pseudo-labels à partir des données non-annotées. Ces pseudo-labels sont ensuite intégrés aux données labélisées afin de raffiner le modèle de segmentation [4].
- Utiliser les données non-annotées pour effectuer une régularisation non-supervisée [5]. En pratique, un réseau de type *teacher student* sera exploité. Une fonction de coût sera utilisée entre les sorties des modèles, forçant ces dernières à être cohérentes.
- Apprendre des connaissances a priori sur la base des données non-annotées, par le biais de tâches pré-textes auto-supervisées [6].

L'enjeu sera de trouver un équilibre entre quantité et qualité des données annotées d'une part et le choix de l'approche semi-supervisée d'autre part.

Profil recherché

Nous recherchons un(e) étudiant(e) M2 motivé(e) par l'analyse d'images médicales par apprentissage profond. Une formation en imagerie biomédicale et/ou IA et une expérience du langage de programmation Python sont un plus. De bonnes capacités de communication et de travail en équipe sont également requises car le stage sera mené en collaboration avec le CHRU de Brest. Il est également nécessaire de posséder de bonnes compétences en anglais pour la lecture et la rédaction d'articles scientifiques.

Informations pratiques

- Début entre février et avril 2025. Durée : 6 mois.
- Localisation : IMT Atlantique, Technopôle Brest-Iroise, Brest, France
- Encadrement : Pierre-Henri Conze (IMT Atlantique, LaTIM)
- Candidatures par mail à pierre-henri.conze@imt-atlantique.fr incluant : curriculum vitæ, lettre de motivation, relevés de notes et lettre(s) de recommandation

Bibliographie

- [1] E. Cornec-Le Gall et al., *Autosomal dominant polycystic kidney disease*. The Lancet, 2019.
- [2] P.-H. Conze et al., *Dual-task kidney MR segmentation with Transformers in autosomal-dominant polycystic kidney disease*. Computerized Medical Imaging and Graphics, 2024.
- [3] R. Jiao et al. *Learning with limited annotations : a survey on deep semi-supervised learning for medical image segmentation*. Computers in Biology and Medicine, 2023.
- [4] Y. Shi et al. *Inconsistency-aware uncertainty estimation for semi-supervised medical image segmentation*. IEEE Transactions on Medical Imaging, 2021.
- [5] A. Tarvainen, A. et al. *Mean teachers are better role models : Weight-averaged consistency targets improve semi-supervised deep learning results*. Advances in Neural Information Processing Systems, 2017.
- [6] C. You al. *SimCVD : Simple contrastive voxel-wise representation distillation for semi-supervised medical image segmentation*. IEEE Transactions on Medical Imaging, 2022.