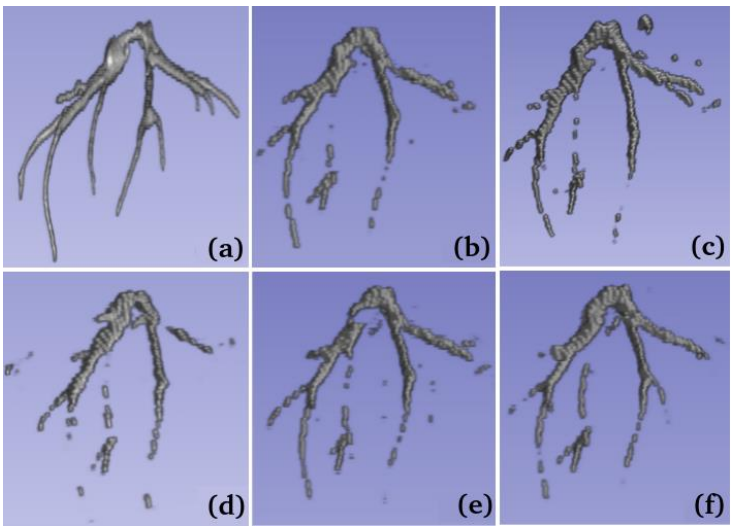
DEEP TOPOLOGY-AWARE SEGMENTATION OF LIVER VESSELS IN MRI

Marie-Ange LEBRE[A], Guillaume GARRET[A], Fatma KRIKID[A], Antoine VACAVANT[A]

[A]Université Clermont Auvergne, CNRS, SIGMA Clermont, Institut Pascal, F-63000, Clermont-Ferrand, France

La segmentation précise des structures anatomiques allongées et ramifiées, comme les vaisseaux sanguins, est cruciale en imagerie médicale. Leur intégrité topologique, notamment la connectivité, doit être préservée pour garantir une analyse fiable. En imagerie par résonance magnétique (IRM), couramment utilisée pour la détection du cancer, la segmentation vasculaire joue un rôle essentiel dans le diagnostic et la planification des traitements. Par exemple, en chirurgie hépatique, le schéma de segmentation de Couinaud, fondé sur les axes de la veine porte et de la veine cave inférieure, guide les interventions chirurgicales. Dans ce travail, les performances d'un réseau 3D U-Net sont étudiées en utilisant différentes fonctions de perte dérivées de la *Centerline Dice loss* (ClDice loss), une métrique qui évalue le chevauchement entre les masques segmentés et leurs squelettes morphologiques. Des techniques de squelettisation différentiables sont intégrées afin de permettre une optimisation de bout en bout. Pour améliorer les performances, une fonction de perte combinée est proposée, incluant un terme de régularisation visant à stabiliser l'entraînement et réduire les artefacts en bordure. Les variantes de la fonction *ClDice* sont évaluées sur deux jeux de données : un jeu public synthétique (Vascusynth) et un jeu privé d'IRM hépatique (30 patients avec segmentation des veines porte et cave inférieure), ce dernier étant particulièrement bruité. Huit métriques sont utilisées, couvrant des aspects volumétriques, géométriques et topologiques. Les résultats démontrent l'efficacité des fonctions de perte basées *ClDice* avec régularisation.



Résultats 3D de la prédiction de la veine cave inférieure selon des variantes *ClDice*. (a) Vérité terrain (b) *ClDice* (Squelette avec caractéristique booléenne [1]) (c) *ClDice* (Squelette avec caractéristique d'Euler [1]) (d) *ClDice* (Soft-Skeleton [2]) (e) *ClDice* (Squelette avec caractéristique booléenne) et régularisation (f) ClDice (Squelette avec caractéristique d'Euler) et régularisation.

[1] Shit, S. et al. Cldice-a novel topology-preserving loss function for tubular structure segmentation. In: IEEE/CVF conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). pp. 16560–16569 (2021)

[2] Menten, M.J. et al. : A skeletonization algorithm for gradient-based optimization. In: IEEE/CVF conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). pp. 21394–21403 (2023)