

Stage de M2 Recherche

Segmentation automatiques basées sur le Deep Learning pour la quantification des atteintes structurelles et physiologiques du muscle squelettique issues d'acquisitions IRM multi-variables (champs magnétiques 1.5T ou 3T, hardware...)

Contexte de l'étude

Dans le cadre du projet transversal « Imagerie Multi-Modales des Dommages Musculaire et Myocardiaques » de CREATIS, des masses importantes d'images IRM de muscles des jambes (quadriceps, jambiers et ischiojambiers) sont acquises. Ces images sont réalisées en suivant des protocoles multi-cliniques ou pré-cliniques de l'imagerie par résonance magnétique (IRM) de recherche du CHU de Saint-Etienne en collaboration avec le LIBM et CREATIS. A ce jour plus de 200 patients ont été acquis ou sont inclus dans les protocoles SPECTROAMI (N=40), FATSEP (N=60), FATCOVID (N=40).

L'étape de segmentation des images est fondamentale et doit garantir la séparation précise des structures musculaires en différentes régions individuelles afin de permettre l'extraction d'index quantitatifs dérivés des données. La production massive des données image, la complexité des multiples structures anatomiques à contourner (et en 3D), rendent caduque une segmentation manuelle systématique faite par un expert médical en raison de la durée requise et de la démotivation au regard de la tâche. Dès lors, il apparaît nécessaire de mettre en place des méthodes de segmentation automatique adaptées.

Durant la thèse de Thu Nguyen, qui s'est nourrie des problématiques du projet de recherche MUST (<http://www.creatis.insa-lyon.fr/MUST/>) dont l'objectif a été d'aider à comprendre l'effet de l'ultra-endurance sur l'organisme des athlètes et son impact au niveau notamment musculaire, une méthode de segmentation automatique basées sur le couplage du recalage d'atlas [NGUYEN-21] et machine learning a été proposée. Pour le projet MUST, les acquisitions des athlètes ont été réalisées sur une IRM mobile (IRM 1.5T Avanto Siemens) lors de la course « le Tor des géants » (330km, 24000 m de dénivelé positif <http://www.tordesgeants.it/fr/>) sur le site de Courmayeur début Septembre 2014. Cette étude longitudinale unique a impliqué 3 sessions d'imagerie des coureurs: une avant l'épreuve, une immédiatement à la fin du Tor 2014, et une 3 jours après la course.

Néanmoins l'algorithme d'intelligence artificiel développé [NGUYEN-19] ne peut pas être appliqué tel quel à des données très similaires (acquisitions multi-écho haute résolution 3D isotropique) mais acquises à un champ magnétique plus élevé (IRM 3T Prisma Siemens) comme sur la machine du CHU de Saint-Etienne, et ayant des propriétés images (textures, rapport signal à bruit...) très différentes. Les algorithmes doivent donc être repensés et ré-entraînés puis comparés avec les segmentations manuelles de l'expert. De nouvelles segmentations expertes ont été faites sur les images IRM 3T et sont disponibles. Le travail réalisé par le consortium d'experts a aussi montré un besoin d'optimisation de l'approche de recalage multi-atlas de [WANG-13]. D'une part le recalage lui-même pourrait être amélioré [HEINRICH-15] et optimisé afin de faciliter la création de segmentations manuelles en proposant rapidement une pré-segmentation de qualité qui sera corrigée ensuite par les experts. Ainsi, la création d'une grande base d'images annotées, cruciale pour le développement des méthodes d'Intelligence Artificielle, serait plus facilement réalisée. D'autres part, l'étape de **corrective learning** qui pourrait être améliorée en exploitant la complémentarité des contrastes offerts par la méthode de DIXON : images co-registrées de graisse (F), d'eau (W), et à deux temps d'échos différents (IN & OPP) : voir figure. Ces méthodes optimisées feront ensuite l'objet d'une intégration sur notre plateforme de calcul distribué (VIP : Virtual Imaging Platform V.I.P couplée avec une interface d'utilisateur (UI)).

Justification scientifique:

A ce jour, malgré le fait que l'IRM est la technique d'imagerie médicale la plus versatile, capable de produire des données morphologiques mais également quantitatives et fonctionnelles, aucune méthode de segmentation automatique offre un robustesse multi-physique : multi-vendeur, multi-champ, multi-protocole d'acquisition. De par son caractère non-irradiant, elle permet en particulier les études temporelles et longitudinales et est au cœur des programmes de recherche sur le vivant. L'exploitation optimale de toutes ces potentialités requiert néanmoins la construction et l'optimisation de séquences mais aussi des processus automatiques de traitements et d'analyses des images résilients aux différences d'acquisitions.

Objectifs:

Le stagiaire sera amené à apprendre de nombreuses techniques de traitement d'image dont le recalage d'atlas, la segmentation qui peut en découler et les techniques d'apprentissage qui permettront d'améliorer la qualité des segmentations.

De nombreux outils existent et il s'agira de se les approprier afin de proposer une approche de segmentation des muscles couplant recalage et apprentissage.

Cette méthode segmentation sera utilisée pour traiter les données IRM acquises sur les protocoles pré-cliniques et cliniques en cours au CHU de Saint Etienne.

L'objectif ultime étant de développer une solution d'utilisation adaptée et répondant aux attentes des cliniciens, physiologistes et radiologues, spécialistes du muscle squelettique, c'est-à-dire un algorithme opérationnel de segmentation automatique des différents chefs musculaires résilients aux variances causées par l'acquisition des images.

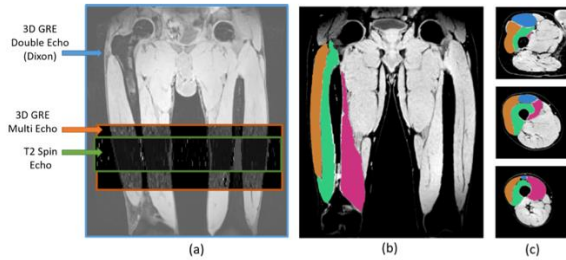


FIGURE 2.8 – MRI Input Sequences and result of Gilles et al.'s segmentation. 3D GRE and T2 Spin Echo sequences superposed on the 3D GRE Double Echo water image (a), the coronal (b) and axial (c) views of the manual segmentation the right leg displayed with the isotropic water image as background.

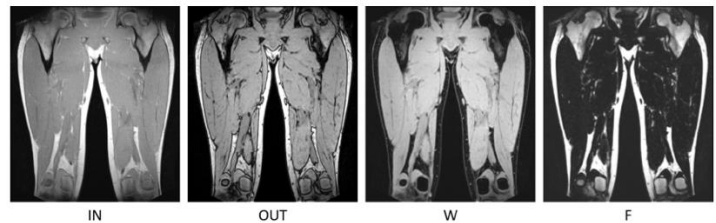


FIGURE 2.5 – Coronal view of the four T1-weighted images obtained with the Dixon approach: in-phase (IN), out-phase (OUT), water (W), and fat (F)

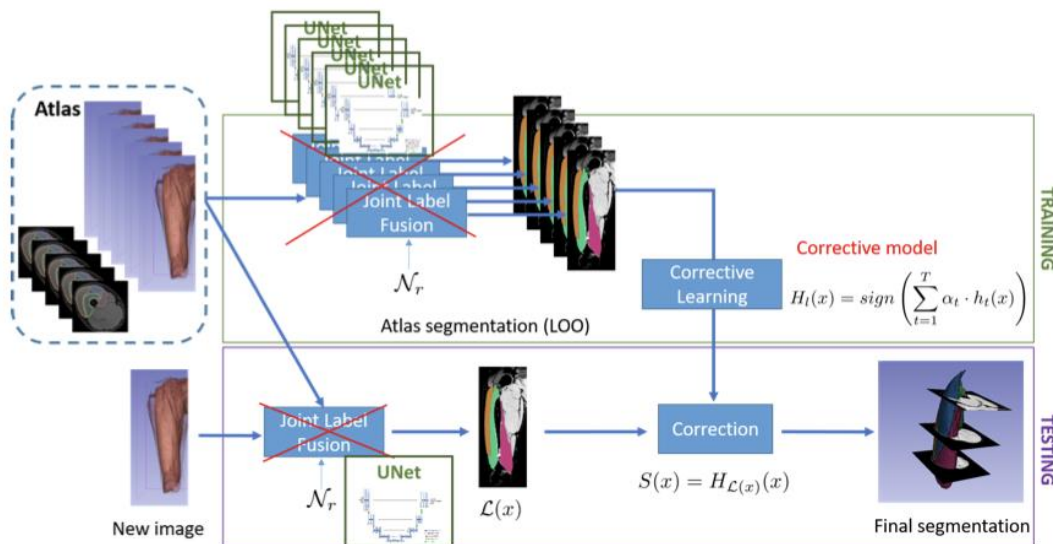


FIGURE 7.1 – Our segmentation framework based on Wang and Yushkevich's

Compétences et qualités requises :

Connaissance de l'IRM, maîtrise d'outils de programmation (python, C++, Matlab), traitement d'image dont deep learning, travail dans un milieu interdisciplinaire, autonomie, dynamisme, bon niveau en anglais.

Accueil :

Le stage de 5 à 6 mois sera effectué au laboratoire CREATIS sur le site de Lyon. La gratification sera celle en vigueur (~530€/mois). La conduite à bien de ce travail conduira à une valorisation scientifique. Une poursuite en thèse est envisagée.

Bibliographie :

[HEINRICH-15] Mattias P. Heinrich, Oskar Maier and Heinz Handels "Multi-modal Multi-Atlas Segmentation using Discrete Optimisation and Self-Similarities". VISCERAL Challenge@ ISBI, Pages 27-30
 [NGUYEN-19] Nguyen HT, Croisille P., Viallon M. et al. "Robustly segmenting quadriceps muscles of ultra-endurance athletes with weakly supervised U-Net", International Conference on Medical Imaging with Deep Learning, London, United Kingdom, 2019

[NGUYEN-21] Nguyen HT, Grenier T, Leporq B, Le Goff C, Gilles B, Grange S, Grange R, Millet GP, Beuf O, Croisille P, Viallon M. "Quantitative Magnetic Resonance Imaging Assessment of the Quadriceps Changes during an Extreme Mountain Ultramarathon." *Med Sci Sports Exerc.* 2021 Apr 1;53(4):869-881. doi: 10.1249/MSS.0000000000002535. PMID: 33044438.

[WANG-13] Wang, Hongzhi; Yushkevich, Paul: Multi-atlas segmentation with joint label fusion and corrective learning—an open source implementation. In: *Frontiers in Neuroinformatics* 7 (2013), 27. – DOI 10.3389/fn- inf.2013.00027. – ISSN 1662–5196

Encadrement:

Magalie Viallon (HDR, Physicienne médicale en IRM)

magalie.viallon@creatis.univ-lyon1.fr

Tél : 06 47 93 67 24

Thomas Grenier

Thomas.grenier@creatis.insa-lyon.fr

Tel: 04 72 43 64 70

L'équipe d'encadrement sera complétée de Thu Nguyen, d'Olivier Beuf et Pierre Croisille.