

Titre : Représentations neuronales implicites pour la segmentation des muscles des membres inférieurs et l'analyse de leur forme.

Mots clés : Segmentation, INR, Muscles, IRM, Echographie 3D, analyse de formes.

Résumé : L'imagerie des muscles des membres inférieurs est essentielle en sciences du sport, en gériatrie et en médecine physique et de réadaptation. Si le volume musculaire est un biomarqueur largement utilisé, la forme du muscle apporte une information complémentaire pour caractériser des pathologies telles que la sarcopénie. Cependant, l'extraction de biomarqueurs à partir de l'IRM et de l'échographie 3D (3DUS) reste difficile en raison de la complexité anatomique, du manque de données annotées et des contraintes cliniques. Cette thèse explore l'apport de l'apprentissage profond pour l'analyse musculaire à partir de l'IRM et de la 3DUS. Elle s'articule autour de trois questions scientifiques : (i) comment réduire l'effort d'annotation pour la segmentation des muscles ; (ii) com-

ment concevoir des méthodes légères et interprétables adaptées à un usage clinique ; (iii) comment identifier et valider des biomarqueurs basés sur la forme. Pour y répondre, ce travail propose des méthodes de segmentation automatiques et semi-automatiques, notamment basées sur des représentations neuronales implicites, ainsi que des approches d'analyse de forme pour détecter des altérations musculaires. Il contribue également à la définition de biomarqueurs de forme pour la sarcopénie et à l'amélioration de l'interprétabilité des modèles. Les méthodes sont validées sur des données réelles d'IRM et de 3DUS acquises en contexte clinique et sportif. Cette thèse propose ainsi des outils efficaces et interprétables pour la segmentation et l'analyse de la forme musculaire.

Title: Implicit Neural Representations for Lower-Limb Muscle Segmentation and Shape Analysis.

Keywords: Segmentation, INR, Muscle, MRI, 3DUS, shape analysis.

Abstract: Lower-limb muscle imaging is widely used in sports science, geriatrics, and physical and rehabilitation medicine. While muscle volume is a key biomarker, muscle shape may provide complementary information for characterizing pathological changes such as sarcopenia. However, extracting quantitative biomarkers from Magnetic Resonance Imaging (MRI) and 3D Ultrasound (3DUS) remains challenging due to complex anatomy, limited annotated datasets, and clinical constraints. This thesis investigates how deep learning can support efficient and clinically applicable muscle analysis from MRI and 3DUS. It addresses three questions: (i) how to reduce annotation effort for muscle segmentation; (ii) how to develop lightweight and interpretable methods suitable for clinical use; and (iii) how to identify and validate

shape-based biomarkers beyond volumetric measures. To address these challenges, this work proposes automatic and semi-automatic segmentation methods, including Implicit Neural Representation (INR)-based approaches, as well as shape analysis frameworks for detecting and quantifying abnormal muscle morphology. It also contributes to the development of shape-based biomarkers for sarcopenia and improves interpretability through integration of clinical information. The proposed methods are evaluated on real MRI and 3DUS datasets acquired in clinical and sports research settings. Overall, this thesis provides practical tools for muscle segmentation and shape analysis, and demonstrates the potential of muscle shape as a clinically relevant biomarker.

