

Titre Thèse (subject)	Modélisation neuro-musculosquelettique du risque de blessure ligamento-tendineux	
Directeur (supervisor)	Christophe Maréchal	E-mail : christophe.marechal@uphf.fr
Co-Directeur (co-supervisor)	Mathias Blandeau Emilie Mathieu	E-mail : mathias.blandeau@uphf.fr , Emilie.Mathieu@uphf.fr
Laboratoire (research unit)	LAMIH	Web : https://www.uphf.fr/lamih
Equipe (research team)	BMH (ex : SHV)	Web :
Financement prévu <input type="checkbox"/>	Contrat Doctoral Etablissement <input type="checkbox"/> Région <input type="checkbox"/> – Autre <input type="checkbox"/> Contrat de recherche <input type="checkbox"/> Préciser :	ULille <input type="checkbox"/> UPHF <input type="checkbox"/> Centrale Lille <input type="checkbox"/> UGE <input type="checkbox"/> IMT <input type="checkbox"/> Autre <input type="checkbox"/>
Financement acquis ? <input checked="" type="checkbox"/>	Contrat Doctoral Etablissement <input checked="" type="checkbox"/> Région <input type="checkbox"/> – Autre <input type="checkbox"/> Contrat de recherche <input type="checkbox"/> Préciser :	ULille <input type="checkbox"/> UPHF <input checked="" type="checkbox"/> Centrale Lille <input type="checkbox"/> UGE <input type="checkbox"/> IMT <input type="checkbox"/> Autre <input type="checkbox"/>

Résumé du sujet : Modélisation neuro-musculosquelettique du risque de blessure ligamento-tendineux

Contexte :

La plupart des études publiées sur les lésions tendineuses ou ligamentaires ont exploré des questionnements tels que le diagnostic, le traitement chirurgical, la rééducation postopératoire, les procédures pour faciliter une récupération rapide et la biomécanique post-lésion. Quelques études cadavériques ont porté sur les propriétés mécaniques et structurales des ligaments du genou. Bien que ces informations soient précieuses, des limitations existent telles que des différences dans les sources de tissus cadavériques, les modes de préservation, les conditions in vitro, la conception expérimentale et les paramètres de charge. Comprendre le comportement mécanique des complexes tendineux en accord avec la cinématique et les conditions de charge réelles nous aidera à mieux saisir la relation contrainte-déformation et les mécanismes de blessure.

La charge appliquée sur les tendons dépend directement des efforts développés par les muscles qui y sont reliés. L'estimation précise de ces efforts musculaires est donc essentielle pour caractériser le risque de blessure. Cette estimation ne peut être dissociée des stratégies de commande motrice mises en jeu par le système nerveux, qui influencent la coordination intermusculaire et la répartition des charges. Intégrer ces dimensions dans la modélisation permettrait de mieux comprendre la variabilité interindividuelle face au risque lésionnel.

Objectifs :

Les tendons se situent à l'intersection de groupes musculaires volontairement recrutés et des os au niveau des enthèses osseuses, une modélisation neuro-musculo-squelettique est donc nécessaire afin de prendre autant en considération la microstructure de l'enthèse que la géométrie anatomique ainsi que les stratégies de recrutement musculaires.

Cette thèse se situera à la jonction entre la modélisation biomécanique et l'analyse du mouvement. L'objectif principal est de créer la première brique de calcul prenant en compte des paramètres personnel d'un sujet, des données de mouvement et de recrutement musculaire afin de calculer des efforts musculaires et les injecter dans un modèle éléments-finis d'enthèse afin de calculer un risque de blessure personnalisé.

Les travaux se baseront sur une modélisation musculosquelettique pour l'estimation des efforts musculaires intégrant la cohérence intermusculaire développés au sein du LAMIH ainsi que sur des modèles éléments-finis biomécaniques. Concernant la modélisation musculosquelettique, l'utilisation du logiciel OpenSim est envisagée mais nécessitera dans un premier temps de réaliser une analyse de la sensibilité de l'algorithme de calcul aux variations des paramètres internes (modèle de Hill, nombre de fibres...). Les processus neurophysiologiques seront par la suite modélisés afin de prendre en compte la cohérence intermusculaire. Un modèle éléments finis paramétrable et personnalisable de l'enthèse sera enfin développé sur le logiciel Abaqus.

Les étapes de modélisation seront ponctuées de vérifications et de validations expérimentales. Des protocoles expérimentaux basés sur du matériel d'analyse du mouvement seront à développer.

Profil recherché :

Le (la) candidat (e) aura un niveau BAC + 5 master ou ingénieur. Il (elle) aura une expérience significative en biomécanique et en modélisation mécanique. Il (elle) maîtrisera les procédures expérimentales d'analyse du mouvement et les outils de simulation par méthodes d'éléments finis. Il (elle) devra faire preuve d'une appétence pour les approches multidisciplinaires, combinant modélisation numérique, biomécanique expérimentale et neurosciences. Des compétences en programmation

scientifique (Matlab, Python, ...) seront fortement appréciées.. Il (elle) sera à l'aise avec les outils de communication et de rédaction en anglais nécessaires à la valorisation des travaux. Une expérience préalable en modélisation musculosquelettique (ex. via des logiciels tels qu'OpenSim) et en traitement de données expérimentales (cinématique, EMG, etc.) constituera un atout majeur.

Mots-clés

Analyse du mouvement, Modélisation biomécanique, Cohérence intermusculaire, Eléments finis, Enthèse

Title : Neuromusculoskeletal modelling of tendinous and ligament injury risk

Context:

Most published studies of tendon or ligament injuries have addressed issues such as diagnosis, surgical treatment, post-operative rehabilitation, procedures to facilitate rapid healing and post-injury biomechanics. A few cadaveric studies have focused on the mechanical and structural properties of knee ligaments. While this information is valuable, there are limitations such as differences in cadaveric tissue sources, preservation modes, in vitro conditions, experimental design and loading parameters. Understanding the mechanical behavior of tendon complexes as a function of kinematics and actual loading conditions will help us to gain a better grasp of stress-strain relationships and injury mechanisms.

The load applied to tendons depends directly on the forces developed by the muscles connected to them. Precise estimation of these muscular efforts is therefore essential to characterize the risk of injury. This estimation cannot be dissociated from the motor control strategies implemented by the nervous system, which influence intermuscular coordination and load distribution. Integrating these dimensions into the modelling process would enable a better understanding of inter-individual variability in the face of injury risk.

Goals:

As tendons lie at the intersection of voluntarily recruited muscle groups and bone at the level of bony entheses, neuro-musculoskeletal modeling is required to take into account enthesis microstructure, anatomical geometry and muscle recruitment strategies.

This thesis will focus on the interface between biomechanical modeling and movement analysis. The main objective is to create the first computational brick to take into account a subject's personal parameters, movement and muscle recruitment data in order to calculate muscular efforts and inject them into an enthesis finite-element model to calculate a personalized injury risk.

The work will be based on a musculoskeletal model for estimating muscular effort, integrating intermuscular coherence, developed at LAMIH, and on biomechanical finite-element models. For musculoskeletal modeling, we plan to use OpenSim software, but will first need to analyze the sensitivity of the calculation algorithm to variations in internal parameters (Hill model, number of fibers, etc.). Neurophysiological processes will then be modeled to take intermuscular coherence into account. Finally, a customizable finite element model of enthesis will be developed using Abaqus software.

The modeling stages will be punctuated by experimental verification and validation. Experimental protocols based on motion analysis equipment will be developed.

Applicant profile:

The candidate will have a master's degree or an engineering degree. He/she will have significant experience in biomechanics and mechanical modeling. He/she will be familiar with experimental motion analysis procedures and finite element simulation tools. He/she will have an appetite for multidisciplinary approaches, combining numerical modeling, experimental biomechanics and neuroscience. Scientific programming skills (Matlab, Python, etc.) are highly appreciated. He/she will be at ease with the English-language communication and writing tools needed to promote the work. Previous experience in musculoskeletal modeling (e.g. via software such as OpenSim) and experimental data processing (kinematics, EMG, etc.) will be a major asset.

Key-words

Motion analysis, Intermuscular coherence, Biomechanical Modelling, Finite Element analysis, Entese