

Offre de thèse : Modélisation Multi-échelle et Prédiction par Intelligence Artificielle de la Consolidation Osseuse en Ostéotomie Fémorale par Ouverture Latérale

Mots clés : Biomécanique + Ostéotomie fémorale + Consolidation osseuse + Éléments finis + Intelligence Artificielle (IA) + Mécanobiologie

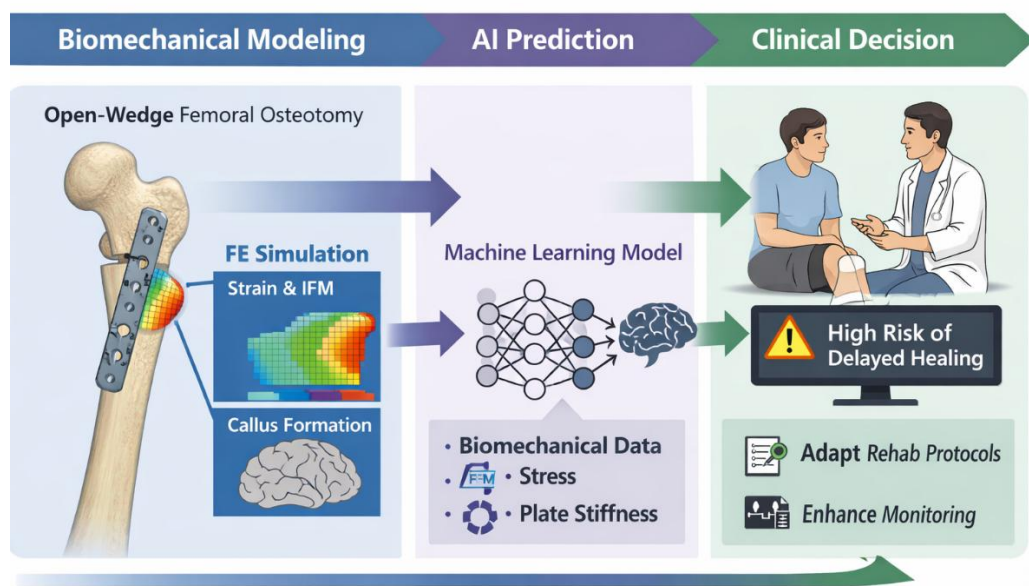
Key words : Biomechanics + Femoral Osteotomy + Bone Healing + Finite Element Analysis + Artificial Intelligence (AI) + Mechanobiology

Description du sujet de thèse :

Cette thèse s'inscrit dans le contexte des ostéotomies fémorales par ouverture latérale, largement utilisées pour corriger les désaxations du membre inférieur et retarder l'évolution de l'arthrose chez des patients jeunes et actifs. Bien que cette intervention permette de préserver l'articulation et d'améliorer la fonction, les retards de consolidation, les pertes de correction et les pseudarthroses demeurent des complications cliniquement importantes, entraînant douleurs prolongées et rééducation prolongée.

La première partie du projet vise à analyser l'environnement biomécanique du site d'ostéotomie à l'aide de la modélisation par éléments finis et d'essais mécaniques expérimentaux. Des modèles mécanobiologiques de consolidation, notamment ceux de Prendergast et d'Ulm, seront implémentés afin de simuler la différenciation tissulaire et l'évolution du cal osseux. L'influence de paramètres tels que la rigidité du système de fixation, la géométrie de coupe, l'intégrité de la charnière latérale et les protocoles de mise en charge sera étudiée.

Cependant, ces approches déterministes restent limitées pour intégrer la variabilité interindividuelle et les incertitudes biologiques. La seconde partie du projet mobilisera l'intelligence artificielle pour combiner indicateurs biomécaniques, données cliniques et imagerie, afin de prédire le risque évolutif de retard de consolidation. L'objectif final est de développer un outil d'aide à la décision favorisant une prise en charge postopératoire personnalisée et une amélioration des résultats cliniques.



Biomechanical modeling and IA prediction of delayed consolidation after open-wedge femoral osteotomy

PhD Project Description:

This PhD project is set in the context of lateral open-wedge femoral osteotomies, widely used to correct lower-limb malalignment and delay the progression of osteoarthritis in young and active patients. Although this procedure preserves the joint and improves function, delayed consolidation, loss of correction, and non-union remain clinically significant complications, leading to prolonged pain and extended rehabilitation.

The first part of the project aims to analyze the biomechanical environment of the osteotomy site using finite element modeling and experimental mechanical testing. Mechanobiological healing models, including the Prendergast and Ulm frameworks, will be implemented to simulate tissue differentiation and callus evolution. The influence of key parameters such as fixation stiffness, osteotomy geometry, lateral hinge integrity, and weight-bearing protocols will be investigated.

However, these deterministic approaches remain limited in capturing inter-patient variability and biological uncertainties. The second part of the project will integrate artificial intelligence methods to combine biomechanical indicators, clinical data, and imaging information in order to predict the evolutive risk of delayed consolidation. The ultimate objective is to develop a clinical decision-support tool enabling personalized postoperative management and improved patient outcomes.

Début de la thèse / Start of the PhD: 01/10/2026

Nature du financement/Funding

Contrat doctoral

Appel anticipé Concours ITI-HealthTech de l'université de Strasbourg

Présentation établissement et labo d'accueil

Université de Strasbourg / Laboratoire des sciences de l'ingénieur, de l'informatique et de l'imagerie (ICube UMR 7357)

Établissement délivrant le doctorat

Université de Strasbourg

Ecole doctorale

ED269 MSII (Mathématiques, Sciences de l'Information et de l'Ingénieur)

Equipe d'encadrement :

Directeur de thèse : Matthieu Ehlinger (PUPH, Chirurgie orthopédique).

Co-encadrants : Massamaesso Bilasse (EC), Yamen Othmani (EC), Farid Kacimi (EC)

Laboratoire d'accueil : ICube, Département Mécanique (D-M), Équipe Matériaux Multi-échelles et Biomécanique (MMB)

Établissements de rattachement : Université de Strasbourg

Collaborations : Hôpitaux Universitaires de Strasbourg (Service d'orthopédie)

Références

- [1] Coventry MB. Osteotomy of the upper portion of the tibia for degenerative arthritis of the knee. J Bone Joint Surg Am. 1965.
- [2] Miramini S., et al. The relationship between interfragmentary movement and cell differentiation in early fracture healing. Australas Phys Eng Sci Med. 2015.
- [3] Prendergast PJ., Huiskes R., Søballe K. Biophysical stimuli on cells during tissue differentiation. J Biomech. 1997.
- [4] Lacroix D., Prendergast PJ. A mechanoregulation model for tissue differentiation during fracture healing. Biomech Model Mechanobiol. 2002.
- [5] Engelhardt S., et al. In silico simulation of fracture healing. Biomech Model Mechanobiol. 2021.
- [6] Halbauer K., et al. Patient-specific simulation of bone healing and fixation stability. J Orthop Res. 2025.
- [7] Razavi A.H., et al. Mechanobiology-guided machine learning models for bone healing prediction. J Orthop Res. 2025.