

Titre : Evaluation des capacités fonctionnelles motrices des personnes âgées en situation pathologique par technique HD-EMGs et intelligence artificielle.

Directeur : Prof. S. Boudaoud, UTC

Co-directeur : Prof. K. Kinugawa, AP-HP/SU

Co-encadrant : Dr. I. Rida, UTC

Contexte scientifique et clinique :

L'augmentation de la population vieillissante en France et en Europe est une réalité évidente (33% de la population EU >60 ans en 2050, Eurostat). Cette situation génère de nombreux défis tels que la façon de maintenir un vieillissement actif pour le bien-être et l'autonomie de la population à risque de fragilité. Les autres défis sont le manque d'activité physique et une alimentation déséquilibrée des citoyens (20% de la population EU, Eurostat) qui mènent à la sarcopénie, diminution à la fois de la masse et de la force musculaire, et la survenue d'une perte fonctionnelle motrice aux frais importants de santé et d'hospitalisation (frais liés à la sarcopénie, 18Mrds\$, USA, Beaudart 2014), (60% d'augmentation de frais d'hospitalisation liée à la sarcopénie pour les <65 ans, EU, Sousa 2016). Il n'existe pas à l'heure actuelle, malgré l'intérêt clinique, un outil unique évaluant en routine les aspects qualitatifs/fonctionnels et quantitatifs d'un muscle squelettique d'intérêt dans le cadre de la déficience musculaire et la sarcopénie (Correa-de-Araujo et al. 2017).

En complément à la sarcopénie, une autre pathologie d'intérêt en gériatrie est la fracture de l'extrémité supérieure du fémur (FESF) qui est une pathologie fréquente : en France, elle concerne près de 80 000 patients par an dont 83% âgés de ≥ 75 ans (DREES, 2011). La FESF est une pathologie aux conséquences graves, sur la mortalité mais aussi au niveau fonctionnel, puisque 40% des patients ne récupéreront pas leur capacité de marche antérieure à 6 mois (données UPOG, Pr J. Boddaert Pitié-Salpêtrière). La FESF est une pathologie coûteuse, dont les coûts liés aux soins aigus (hors prothèses et matériel d'ostéosynthèse), sont estimés à 475 millions d'euros. Actuellement, malgré une prise en charge post FESF optimisée, il est difficile de prévoir comment l'individu répondra ou récupérera fonctionnellement après le stress aigu lié à la FESF. Il devient nécessaire d'évaluer la qualité musculaire, facteur potentiellement associé à la récupération physique. Ces constatations ont permis de formaliser le concept de résilience musculaire qui évalue la capacité de récupération du système neuromusculaire suite à une FESF. L'hypothèse de travail est que le statut du patient (activité physique, état de sarcopénie, etc..) aurait un impact sur la récupération de ses capacités motrices après une FESF.

Projets collaboratifs en cours:

Une collaboration forte a été initiée sur ces thématiques entre l'équipe du Prof. S. Boudaoud, 61^{ème} section, du laboratoire BMBI UMR 7338 de l'Université de Technologie de Compiègne et le Prof. K. Kinugawa, neurogériatre de l'AP-HP/Hôpital Charles Foix et Sorbonne Université autour de l'analyse des signaux électromyographiques haute définition pour extraire des marqueurs du vieillissement musculaire et des défaillances motrices. Un projet européen EIT Health CHRONOS (porteur : K. Kinugawa, SU/AP-HP, co-porteur : S. Boudaoud, UTC) sur l'évaluation de l'âge fonctionnel moteur a permis de montrer l'impact de la sédentarité sur le vieillissement musculaire précoce (Imrani L, Boudaoud S, Lahaye C, Moreau C, Ghezal M, Ben Manaa S, Doulazmi M, Laforêt J, Marin F, Kinugawa K. *High-density Surface Electromyography as Biomarker of Muscle Aging. J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2023 Jan 26;78(1):25-33. doi: 10.1093/gerona/glac143. PMID: 35876634. Q1, IF: 6,07). Plus récemment, deux projets collaboratifs AP-HP/SU-UTC ont été lancés :

-Le projet CHRONOS-SARC a pour objectif le développement de marqueurs HD-sEMG de la sarcopénie. Les inclusions ont débuté sur le site de Charles Foix été 2022 et seront étendues aux autres sites courant 2023 notamment à Rothschild. Une étude ancillaire va également être rajoutée, avec analyse des signaux HD-sEMG avant et après une activité physique sur un tapis de marche adapté aux personnes âgées, et étudier la sensibilité de l'HD-sEMG à détecter la modification des signes musculaires suite à cette activité physique (monitoring). Ce projet va être proposé à l'appel d'offre AXA mutuelle.

-Concernant la FESF, le projet HIPRESM a été mis en place pour le développement de marqueurs musculaires prédictifs de la récupération fonctionnelle après une fracture du col du fémur en orthogériatrie (financement CRC Innovation/APHP et Fondation de l'Avenir). Les informations obtenues des signaux HD-EMGs permettront de développer un score de résilience basé sur la qualité musculaire, obtenue à partir de l'analyse de la

contraction du rectus femoris lors de l'extension du genou du membre inférieur (non opéré). Les inclusions seront terminées pour juillet 2023 pour analyse (50 patients, J7 et J30). Tous ces travaux sont le fruit d'une étroite collaboration entre les porteurs scientifique et clinique, initiée en 2015 grâce à l'IUIS.

Travail de thèse:

Dans le cadre du projet HIPRESM, le premier objectif de la thèse est en continuité de travaux récents (stage recherche UTC, D. Rubstein, A20) qui ont abouti à des résultats prometteurs par décomposition des signaux HD-EMGs par analyse en corrélation canonique et analyse spatiale de l'activation musculaire sur la grille HD-EMGs (32 signaux). Le but est de pouvoir identifier, chez les patients âgés après une intervention de FESF, la signature musculaire associée à la bonne récupération fonctionnelle (=résilience physique) à J7 et J30 en appliquant un protocole expérimental innovant. Une base de données de signaux HD-EMGs est déjà en construction pour HIPRESM pour une fin des acquisitions en juillet 2023 (50 sujets, 3 types de signaux, 32 voies, J7-J30).

Dans le cadre du projet CHRONOS-SARC, le second objectif de thèse, en continuité des travaux de thèse de L. Imrani (soutenue en novembre 2021) sur les données du projet CHRONOS, est le développement de marqueurs de la sarcopénie à partir des signaux HD-EMGs mesurés lors de lever de chaise ou allongé. Un développement logiciel est envisagé, complémentaire à celui en phase de finalisation sur le projet CHRONOS (contrat postdoctoral IUIS, 2021). Les signaux HD-EMGs permettront d'extraire des matrices de paramètres (temporels, fréquentiels, statistiques, énergétiques) issus des développements récents de l'équipe (Al Harrach et al. 2017, Boudaoud et al. 2014, Boudaoud et al. 2015, Imrani et al. 2021). Ces paramètres alimenteront différentes architectures d'apprentissage statistique en se basant sur la nature multidimensionnelle des données (temps, dimensions de la grille, nombre de paramètres, etc.). Pour le projet CHRONOS-SARC, la campagne de mesures a commencé en été 2022 et pourra s'appuyer sur les moyens mis à disposition par les différents projets en cours de dépôt (AXA Mutuelle). Une base de données multicentriques de 200 sujets est programmée (2023/2024).

Pour effectuer les mesures HD-sEMG (32 voies) plusieurs dispositifs ambulatoires, marqués CE, Mobita®, fabriqués par la société TMSi, seront utilisés et couplés à des mesures échographiques ambulatoires pour une analyse multimodale. Pour les deux projets, nous souhaitons développer un logiciel en routine clinique qui caractérise les signatures prédictives musculaires par traitement du signal et intelligence artificielle (machine learning/deep learning), en s'appuyant sur l'expertise du Dr. I. Rida, MCF UTC 61^{ème} section, expert en intelligence artificielle et co-encadrant de la thèse, sur les données issues de la technologie d'électromyographie de surface à haute définition (HD-sEMG), technologie non invasive et portable. Parmi les techniques d'apprentissage automatique, nous donnerons une attention particulière aux méthodes ensemblistes qui ont démontrées leur efficacité dans le cas des bases de données à taille relativement limitée (I. Rida et al. 2021, 19, 18). Une approche multimodale pourra être envisagée selon les résultats (couplage données d'accélérométrie du Mobita).

Plan de thèse :

Année 1 : M1-M12

- Revue bibliographique scientifique et médicale (technique HD-EMGs, FESF et sarcopénie)
- Familiarisation avec les techniques de traitement et de classification de signaux HD-EMGs
- Familiarisation avec les protocoles cliniques de mesures HD-EMGs et les bases de données HIPRESM et CHRONOS-SARC

Année 2 : M13-M24

- Développement de marqueurs musculaires prédictifs de la récupération fonctionnelle après une fracture du col du fémur et validation sur la base clinique HIPRESM
- Développement de marqueurs de la sarcopénie et validations sur la base clinique CHRONOS-SARC
- Développement d'outils prédictifs par intelligence artificielle
- Valorisation scientifique (journal et conférence internationaux)

Année 3 : M25-M36

- Développement d'un outil prédictif de l'état sarcopénique par intelligence artificielle
- Développement d'un outil prédictif de la résilience musculaire (en lien avec le premier outil)
- Rédaction de thèse et valorisation scientifique (journal et conférence internationaux)
- Réflexion sur une possible valorisation industrielle (licence logiciel)

Profil recherché :

- Traitement/classification de signaux biomédicaux et instrumentation associée
- Programmation et analyse statistique de données
- Physiologie du système neuromusculaire