

# HABILITATION A DIRIGER DES RECHERCHES HDR

NANTES UNIVERSITE

Spécialité : Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives

Par

**Lilian LACOURPAILLE**

**« Caractérisation des stratégies individuelles d'activation musculaire et de leurs conséquences mécaniques et structurelles »**

Travaux présentés et soutenus à l'UFR STAPS de Nantes Université, le 15 mars 2024  
Unité de recherche : Motricité, Interactions, Performance (UR 4334)

## **Rapporteurs :**

Laurence CHÈZE	Professeure des Universités, Université de Lyon 1
Nicola MAFFIULETTI	Chercheur, Schulthess Klinik
Vincent MARTIN	Professeur des Universités, Université Clermont Auvergne

## **Composition du Jury :**

Président :	Arnaud GUÉVEL	Professeur des Universités, Nantes Université
Examineurs :	François HUG	Professeur des Universités, Université Côte d'azur
	Antoine NORDEZ	Professeur des Universités, Nantes Université
	Gaël GUILHEM	Chercheur, Institut National du Sport, de l'Expertise et de la Performance

**Titre :** Caractérisation des stratégies individuelles d'activation musculaire et leurs conséquences mécaniques et structurales

**Mots clés :** force, dommages musculaires, hypertrophie, électromyographie de surface, élastographie

**Résumé :** Chaque individu est unique, c'est-à-dire qu'il existe des caractéristiques distinctives permettant d'identifier un individu parmi d'autres, que l'on peut considérer comme une signature. La première partie de mes travaux de recherche a permis de démontrer l'existence de signatures individuelles de l'activation musculaire pendant différentes tâches motrices (e.g., marche, pédalage, exercices de renforcement/rééducation). Ces travaux démontrent que certains individus favorisent l'activation de certains muscles par rapport à d'autres, pour un mouvement donné. La deuxième partie de mes travaux de recherche a démontré que ces stratégies individuelles de l'activation musculaire pouvaient participer à un déséquilibre de force entre des muscles synergistes, l'amplitude duquel variait considérablement d'un individu à l'autre. Aussi, ces travaux révèlent une relation étroite entre la distribution de l'activation et la distribution des dommages à l'échelle d'un muscle. Toutefois, la distribution de l'activation musculaire ne permet pas de comparer les dommages entre les muscles puisqu'elle ne considère pas les relations force-vitesse et force-longueur des différents muscles. Nous avons donc développé et breveté une approche qui considère les différentes contraintes imposées aux muscles afin d'estimer l'intensité et le volume d'un effort musculaire.

Le produit de ces deux variables permet de calculer une charge interne musculaire qui devrait être étroitement liée à la distribution des altérations et des adaptations structurelles subséquentes respectivement, à un effort musculaire aiguë et chronique. Cette hypothèse constitue le support scientifique de mes perspectives de recherche qui s'articulent en deux niveaux. Le premier vise à déterminer en conditions de laboratoire si la distribution de la charge interne musculaire i) permet de prédire la distribution des dommages musculaires, ii) permet de prédire la distribution de l'hypertrophie musculaire, iii) est altérée chez des individus ayant un historique de blessure musculaire ou de tendinopathie d'Achille. Le second vise à développer un textile connecté permettant d'estimer la charge interne musculaire en condition écologique. Son développement permettra de mener des études prospectives sur de larges cohortes à travers un suivi continu des données dans des environnements pertinents. Ces travaux permettront de mieux comprendre l'étiologie des tendinopathies et de la blessure musculaire, et de proposer une solution technique permettant d'optimiser les stratégies de prévention et de rééducation.

**Title:** Characterization of individual muscle activation signatures and their mechanical and structural consequences

**Keywords:** force, muscle damage, hypertrophy, surface electromyography, elastography

**Abstract:** Each individual is unique, with distinctive characteristics by which he/she can be identified, leading to the notion of a personal signature. The first part of my research demonstrated the existence of individual signatures of muscle activation during different motor tasks (e.g., walking, pedaling, strengthening/rehabilitation exercises). It demonstrates that certain individuals favor the activation of certain muscles over others, for a given movement. The second part of my research demonstrated that these individual muscle activation signatures could contribute to a force imbalance between synergist muscles, the amplitude of which varied greatly between individuals. In addition, a close relationship was observed between the distribution of activation and the distribution of damage for a given muscle. However, the absence of consideration of the force-velocity and force-length relationships by muscle activation limits our ability to predict the distribution of damage between muscles. We have developed and patented an approach that considers those muscle constraints for estimating the intensity and volume of a muscular effort.

The product of these two variables enables us to calculate an internal muscular load that should be closely linked to the amplitude of structural alterations and adaptations subsequent to acute and chronic muscular effort respectively. This hypothesis forms the scientific basis of my research perspectives, which are articulated on two levels. The first is to determine in laboratory settings whether the distribution of internal muscle load i) predicts the distribution of muscle damage, ii) predicts the distribution of muscle hypertrophy, iii) is altered in individuals with a history of tendinopathy and muscle strain injury. The second is to develop a smart textile that can be used to estimate internal muscle load under ecological conditions. Its development will enable prospective studies to be carried out on large cohorts through continuous data monitoring in relevant environments. This work will provide a better understanding of the etiology of tendinopathy and muscle strain injury, and offer a technical solution for optimizing prevention strategies and rehabilitation programs.