

THESE DE DOCTORAT

NANTES UNIVERSITE

ECOLE DOCTORALE N° 603

Education, Cognition, Langages, Interactions, Santé

Spécialité : Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives (STAPS)

Par

Titouan MORIN

**Estimation des forces musculaires individuelles des ischio-jambiers
lors d'entraînement contre résistance : vers une prédiction des
adaptations musculaires**

Thèse présentée et soutenue à Nantes, le 18 décembre 2025

Unité de recherche : UR 4334, « Motricité, Interactions, Performance »

Rapporteurs avant soutenance :

Laurence CHÈZE
Nicolas BABAULT

Professeure des Universités, Université de Lyon
Professeur des Universités, Université Bourgogne Europe

Composition du Jury :

Président : Stéphane PERREY
Examineurs : Enzo PIPONNIER
Stéphane PERREY

Professeur des Universités, Université de Montpellier
Maitre de conférences, Université Côte d'Azur
Professeur des Universités, Université de Montpellier

Dir. de thèse : Lilian LACOURPAILLE
Co-dir. de thèse : Antoine NORDEZ
Co-encadrement : Arnault CAILLET

Maitre de conférences, Nantes Université
Professeur des Universités, Nantes Université
Chercheur, CSO YNeuro, Paris

Invité(s)

Valentin DOGUET

Chercheur, Nantes Université

Titre : Estimation des forces musculaires individuelles des ischio-jambiers lors d'entraînement contre résistance : vers une prédiction des adaptations musculaires

Mots clés : Hypertrophie musculaire, Dommages musculaires, Electromyographie, Modélisation musculosquelettique

Résumé : L'entraînement contre résistance entraîne des adaptations musculaires majeures, mais leurs amplitudes et localisations varient fortement entre les muscles même pour un protocole identique. Cette variabilité pourrait s'expliquer par des différences neuromécaniques entre les chefs musculaires, notamment en termes de longueur ou de force produite pendant le mouvement. Les ischio-jambiers constituent un modèle pertinent pour explorer ces mécanismes, en raison de leurs comportements neuromécaniques distincts et du fait qu'ils sont fréquemment ciblés en entraînement contre résistance. Ce travail de thèse visait donc à estimer les forces musculaires individuelles des ischio-jambiers lors d'exercices de renforcement, afin de mieux comprendre les déterminants neuromécaniques des adaptations musculaires.

Une approche de modélisation neuromusculosquelettique guidée par électromyographie a été appliquée et confrontée à des mesures expérimentales de dommages et d'hypertrophie musculaires.

Les résultats montrent (i) que les ischio-jambiers sont soumis à des contextes neuromécaniques différents, même au sein d'un même exercice, (ii) que l'interaction entre longueur musculaire et activation influence fortement la localisation des adaptations, et (iii) que les estimations issues de la modélisation permettent de prédire avec précision le chef musculaire le plus impacté par l'entraînement.

Title: Estimation of hamstrings muscle forces during resistance training: insight into structural muscle alterations and adaptations

Keywords: Muscle Hypertrophy, Muscle damage, Electromyography, Musculoskeletal model

Abstract: Resistance training induces major muscular adaptations, yet their magnitude and localization vary widely across muscles, even under identical training protocols. This variability may result from neuromechanical differences between muscle heads, including variations in length or muscle force production. The hamstrings provide a relevant model to explore these mechanisms, given their distinct neuromechanical behavior and their frequent targeting in resistance training. This thesis aimed to estimate individual hamstring muscle forces during resistance exercises to better understand the neuromechanical determinants of structural adaptations.

A neuromusculoskeletal modeling approach driven by electromyographic data was applied and compared with experimental measures of muscle damage and hypertrophy.

The results show that (i) hamstring muscles experience markedly different neuromechanical conditions even within the same exercise, (ii) the interaction between length and activation strongly influences the location of training-induced adaptations, and (iii) model-based neuromechanical estimates accurately predict which hamstring head is most affected by training.