

THESE DE DOCTORAT

NANTES UNIVERSITE

ECOLE DOCTORALE N° 603

Education, Cognition, Langages, Interactions, Santé

Spécialité : Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives, 74^{ème} section

Par

Tristan TALLIO

Influence des propriétés mécaniques musculaires et tendineuses sur les interactions muscle-tendon et la performance lors de tâches plurisegmentaires

Thèse présentée et soutenue à Nantes, le 11 Décembre 2025

Unité de recherche : UR 4334, Laboratoire « Motricité – Interaction – Performance »
UFR STAPS – Nantes Université

Rapporteurs avant soutenance :

Alexandre FOURE Maître de conférence, HDR, Université Claude Bernard Lyon 1
Jean-Benoît MORIN Professeur des Universités, Université Jean Monnet Saint Etienne

Composition du Jury :

Président :

Examineurs : Gaël GUILHEM
Caroline NICOL
Pierre SAMOZINO

Directeur de recherche, HDR, INSEP
Professeur des Universités, Aix-Marseille Université
Maître de conférence, HDR, Université Savoie-Mont Blanc

Dir. de thèse : Sylvain Dorel
Co-dir. de thèse : Antoine Nordez

Professeur des Universités, Nantes Université
Professeur des Universités, Nantes Université

Titre : Influence des propriétés mécaniques musculaires et tendineuses sur les interactions muscle-tendon et la performance lors de tâches plurisegmentaires

Mots clés : échographie, relation moment-longueur, raideur tendineuse, saut vertical, entraînement excentrique, expertise

Résumé : Il est communément admis dans la littérature que les comportements du muscle et du tendon sont dissociés. De même, les propriétés mécaniques musculaires et tendineuses varient selon les individus et les systèmes muscle-tendon étudiés, et peu d'études se sont focalisées sur le rôle de ces dernières sur le comportement des faisceaux musculaires lors de tâches plurisegmentaires. Ce travail de thèse cherche à mieux comprendre comment les propriétés mécaniques musculaires et tendineuses influencent, voire modifient, les interactions muscle-tendon, et ainsi conduisent à une amélioration de la performance motrice. Pour répondre à ces objectifs, nous avons mis en place trois études expérimentales au cours desquelles nous avons mesuré le comportement des faisceaux musculaires du *gastrocnemius medialis* (GM) et/ou du *vastus lateralis* (VL) lors de tâches mono- et plurisegmentaires, à l'aide de l'échographie. Premièrement, nous avons mis en évidence qu'un entraînement excentrique en heel drop induisant un faible allongement des faisceaux du GM, couplé

à une augmentation du moment de force et de la raideur tendineuse, ne permettait pas de modifier le comportement des faisceaux lors de tâches explosives, de la course, ou du saut vertical. Deuxièmement, nous avons montré que lors d'un mouvement d'extension de genou, la vitesse articulaire n'altérait pas la longueur optimale du VL, tandis que l'angle optimal était modifié. Nous avons aussi mis en évidence que la réalisation d'une pré-activation avant la contraction pouvait induire des modifications de la longueur optimale, et une diminution du moment de force maximal dans le cas d'une pré-activation isométrique. Troisièmement, nous avons montré que la performance en saut vertical était influencée par une amélioration de l'effet catapulte sur le GM, ainsi qu'à une modification du comportement des faisceaux du VL, leur permettant d'être à des longueurs plus optimales pour produire de la force. Cette optimisation des interactions muscle-tendon était intimement liée à une modification de la cinématique de saut.

Title: Influence of muscle and tendon mechanical properties on muscle-tendon interactions and multi-articular task performance

Keywords: ultrasound, torque-length relationship, tendon stiffness, vertical jump, eccentric training, expertise

Abstract: It is generally known in the literature that the muscle and tendon display a dissociated behaviour during tasks. Also, muscle and tendon mechanical properties differ among individuals and among the muscle-tendon units analysed. Only a few studies have tried to determine the role of these properties in muscle fascicle behaviour during multi-articular tasks. Therefore, this work aimed to determine how the muscle and tendon mechanical properties affect muscle-tendon interactions, and enable an increase in performance. For that purpose, we conducted three experiments in which we measured with ultrasound the fascicle behaviour of the *gastrocnemius medialis* (GM) and/or the *vastus lateralis* (VL) during mono- and multi-articular tasks.

First, we highlighted that a heel drop eccentric training programme, inducing a slight increase in GM's fascicle length, paired with an increase in

maximal torque and tendon stiffness, did not modify the fascicle behaviour during explosive tasks, running, or vertical jumping.

Second, we found an alteration of the optimal angle at increased velocities during a knee extension task, without inducing changes in the VL optimal length. Also, we highlighted that pre-activation prior to an isokinetic contraction could induce changes in fascicle optimal length, but also a reduction in maximal torque in the case of an isometric pre-activation.

Third, we demonstrated that vertical jump performance is linked to an increase in the catapult effect on the GM, but also to an alteration of the VL's fascicle behaviour during the jump, enabling them to be at more favourable lengths to produce force. These muscle-tendon optimisations were closely linked to a change in kinematics during the task.