

THESE DE DOCTORAT

NANTES UNIVERSITE

ECOLE DOCTORALE N° 603

Education, Cognition, Langages, Interactions, Santé

Spécialité : *Neurophysiologie et biomécanique*

Par

Julian COLARD

Caractérisation des réponses neurophysiologiques aiguës et chroniques à l'exercice excentrique : Influence de la longueur musculaire

Thèse présentée et soutenue à Nantes, le 22/11/2024

Unité de recherche : UR 4334, Laboratoire Motricité, Interactions, Performance

Rapporteurs avant soutenance :

Véronique MARCHAND-PAUVERT - *Directrice de Recherche, INSERM, Paris*

Stéphane BAUDRY - *Professeur, Université Libre de Bruxelles, Belgique*

Composition du Jury :

Président :

Examineurs : Ken Kazunori NOSAKA - *Professeur, Université Edith Cowan, Australie*

Alain MARTIN - *Professeur, Université Bourgogne*

Dir. de thèse : Marc JUBEAU - *Professeur, Université de Nantes*

Co-dir. de thèse : Thomas CATTAGNI - *Maitre de conférences, Université de Nantes*

Invité : Julien DUCLAY - *Professeur, Université de Toulouse III*

Titre : Caractérisation des réponses neurophysiologiques aiguës et chroniques à l'exercice excentrique : Influence de la longueur musculaire

Mots clés : longueur musculaire, excentrique, stimulation électrique nerveuse percutanée, réflexe H, stimulation magnétique transcrânienne, excitabilité corticospinale, électromyographie

Résumé : Les contractions excentriques engendrent un contrôle nerveux distinct par rapport aux contractions isométriques et concentriques. Bien que certains mécanismes postsynaptiques, tels que l'inhibition récurrente, aient été identifiés comme jouant un rôle dans cette commande spécifique, l'implication des mécanismes présynaptiques reste à démontrer. Comme les contraintes mécaniques augmentent particulièrement en phase finale des contractions excentriques, les variations de longueur musculaire peuvent entraîner des retours afférents (Ia et II) différents vers la moelle épinière, affectant alors l'activité du motoneurone. L'objectif de cette thèse était d'explorer (i) les caractéristiques du système nerveux pendant les contractions excentriques, (ii) d'évaluer l'influence de la longueur musculaire sur le contrôle nerveux lors d'allongements musculaires passifs et actifs (contractions excentriques), et (iii) de déterminer si la longueur musculaire peut moduler les réponses adaptatives à long terme observées après un entraînement excentrique.

Quatre études ont contribué à ce travail de thèse. Ces études ont mesuré des paramètres mécaniques, tels que le moment de force et la longueur des faisceaux musculaires, ainsi que des paramètres nerveux, incluant l'excitabilité corticospinale, l'efficacité de la transmission de l'influx nerveux entre les fibres afférentes Ia et les motoneurones α , le gain réflexe, les mécanismes régulateurs sous-jacents et l'activité électromyographique des muscles. Les résultats montrent que les mécanismes présynaptiques constituent un facteur déterminant dans le contrôle nerveux des contractions excentriques. Les variations de longueur musculaire, notamment lors des phases à grande longueur, influencent distinctement l'activité des mécanismes inhibiteurs spinaux durant les allongements passifs et actifs. Enfin, la longueur musculaire pourrait favoriser la plasticité neurale à long terme, en optimisant plus efficacement les mécanismes sous-jacents pour des contractions sous-maximales. Cependant, pour des contractions maximales, le système nerveux semble limiter les adaptations, reflétant peut-être un mécanisme protecteur.

Title : Characterisation of acute and chronic neurophysiological responses to eccentric exercise: Influence of muscle length

Keywords : muscle length, eccentric, percutaneous electrical nerve stimulation, H reflex, transcranial magnetic stimulation, corticospinal excitability, electromyography

Abstract : Eccentric contractions induce distinct neural control compared to isometric and concentric contractions. Although some postsynaptic mechanisms, such as recurrent inhibition, have been identified as playing a role in this specific control, the involvement of presynaptic mechanisms remains to be demonstrated. As mechanical constraints increase particularly in the final phase of eccentric contractions, variations in muscle length may lead to different afferent feedback (Ia and II) to the spinal cord, thereby affecting motoneuron activity. The aim of this thesis was to explore (i) the characteristics of the nervous system during eccentric contractions, (ii) to assess the influence of muscle length on neural control during passive and active (eccentric contractions) muscle elongations, and (iii) to determine whether muscle length can modulate the long-term adaptive responses observed following eccentric training.

Four studies contributed to this thesis. These studies measured mechanical parameters, such as torque and muscle fascicle length, as well as neural parameters, including corticospinal excitability, the efficiency of synaptic transmission between Ia afferent fibres and α -motoneurons, reflex gain, underlying regulatory mechanisms, and electromyographic activity of the muscles. The results indicate that presynaptic mechanisms play a crucial role in the neural control of eccentric contractions. Variations in muscle length, particularly during phases at long length, distinctly influence the activity of spinal inhibitory mechanisms during both passive and active elongations. Finally, muscle length may promote long-term neural plasticity by more effectively optimising the underlying mechanisms for submaximal contractions. However, for maximal contractions, the nervous system appears to limit adaptations, potentially reflecting a protective mechanism.