

TITRE DU PROJET : Étude des mécanismes nerveux de la fatigue lors de différents modes de contractions musculaires.

1) Renseignements administratifs sur la direction de thèse¹ (1 page maximum) :

Directeur de thèse HDR :
Nom : LEPERS
Prénom : Romuald

2) Descriptif du projet de thèse (devra inclure les rubriques suivantes) :

- Nom et label de l'unité de recherche (ainsi que l'équipe interne s'il y a lieu) :
INSERM U1093 – Cognition Action Plasticité Sensorimotrice
- Localisation : Université de Bourgogne
- Nom du directeur de thèse et du co-directeur :
Directeur de thèse : Pr. Romuald LEPERS
- Adresse courriel du contact scientifique
romuald.lepers@u-bourgogne.fr /
- Description du projet (2 pages maximum) :

Immédiatement après un exercice sollicitant un groupe musculaire, la force diminue, c'est ce que l'on appelle la fatigue neuromusculaire. Celle-ci comprend des mécanismes centraux et périphériques. Lors de la fatigue neuromusculaire, l'activation centrale augmente pour maintenir le niveau de force pendant l'exercice. Les entrées nerveuses provenant du système nerveux central, telles que le taux de décharge des unités motrices sont affectées par la fatigue neuromusculaire et cette modulation varie en fonction des différents modes de contraction musculaire. Il est également connu que les courants entrants persistants (PICs) amplifient et prolongent les effets de l'entrée synaptique, jouant ainsi un rôle important dans les caractéristiques de décharge des motoneurones (Lapole et al. 2023). On pense que ces entrées neuromodulatrices descendantes sont renforcées par une augmentation de l'entraînement volontaire mais leurs modulations lors d'exercices fatigants restent mal connues (Kirk et al. 2019).

Alors que l'analyse de ces mécanismes nécessitent des techniques invasives, une méthode a récemment été mise au point afin de mesurer les propriétés du système nerveux central à l'aide de l'électromyographie de surface à haute densité (HDsEMG) de manière non-invasive (Farina et al. 2009). Le signal électromyographique est décomposé afin de détecter l'activité des différentes unités motrices engagées durant la contraction musculaire. Divers paramètres peuvent alors être mesurés tels que le seuil de recrutement et de dérecrutement des unités motrices, leur fréquence de décharge ou encore l'intensité des entrées neuromodulatrices.

¹ ATTENTION : selon l'article 16 de l'arrêté du 25 mai 2016, le total d'encadrants ne peut pas dépasser 2, sauf si l'un des encadrants appartient au monde socio-économique, qui peut venir en sus, ou en cas de co-tutelle; Le décompte des co-encadrements se fera au prorata du nombre d'encadrants : 1 pour 1 encadrant, ½ pour deux encadrants.

Hirono et al. (2022) ont montré, en comparant la fatigue induite par des contractions concentriques et excentriques mono-articulaires que les contractions concentriques contribuaient à une plus grande augmentation de l'entrée neuronale (i.e. plus grande augmentation de la fréquence de décharge des unités motrices) dans le muscle que les contractions excentriques. Cependant, l'effet d'exercices pluri-articulaires (pédalage, marche, course) tels que ceux réalisés lors de séances de réentraînement chez les sportifs ou les patients sur les modifications de la fréquence de décharge des unités motrices et des courants entrants persistants sont inconnus à ce jour.

Une des limites dans les études actuelles concerne le mode de contraction et l'intensité qui ont été utilisés pour les tâches d'enregistrement du signal électromyographique. Pendant l'exercice fatiguant, les participants effectuent une contraction concentrique ou excentrique volontaire, mais l'évaluation des propriétés des unités motrices par HDsEMG s'effectue lors d'une contraction isométrique, qui n'est donc pas spécifique à l'exercice fatiguant préalable. Il paraît dès lors nécessaire de mettre au point une méthodologie permettant d'enregistrer l'HDsEMG pendant une contraction dynamique et pas seulement pendant des contractions isométriques (Oliveira & Negro, 2021).

L'objectif de ce projet de thèse est d'analyser les effets d'exercices fatigants concentriques vs. excentriques sur les entrées neuronales du SNC à partir des modulations de la fréquence de décharge des unités motrices et des courants entrants persistants en utilisant l'HDsEMG. Notre hypothèse, sous-tendue par les résultats obtenus par Hirono et al. (2022), est que les modifications de la fréquence de décharge des unités motrices liées à la fatigue seront plus importantes après/lors des contractions concentriques qu'après/lors des contractions excentriques. Ce travail de thèse devrait permettre d'améliorer notre compréhension des mécanismes d'adaptation du système nerveux à la suite d'exercices fatigants, étape nécessaire au développement de méthodes de reconditionnement musculaire innovantes.

Trois études sont envisagées.

Etude 1. L'objectif de cette étude est de déterminer les effets d'exercices fatigants pluri-articulaires sollicitant des modes contractions différents (i.e. exercice de pédalage concentrique versus excentrique ; marche en montée versus en descente) sur la commande nerveuse. L'analyse de la fréquence de décharge d'unités motrices du muscle vastus lateralis sera réalisée lors de contractions sous-maximales avant et immédiatement après l'exercice fatiguant d'une durée de 30 min. L'analyse des modulations des courants entrants persistants sera aussi réalisée avant et après l'exercice lors de contractions sous-maximales isométriques en rampe. Nous faisons l'hypothèse que l'augmentation de la fréquence de décharge des unités motrices sera plus importante après des contractions concentriques fatigantes qu'après des contractions excentriques (Hirono et al. 2022).

Etude 2. L'objet de la seconde étude est de mettre au point une méthodologie permettant de réaliser des analyses du suivi de la fréquence de décharge des unités motrices lors de contractions dynamiques mono-articulaires à faibles vitesses. A ce jour, les analyses ne sont réalisées que lors de contractions isométriques. Un traitement du signal adéquat, éliminant des artefacts liés aux déplacements des électrodes sur la peau lors des contractions, devrait résoudre le problème.

Etude 3. L'objectif de la troisième étude est de déterminer les effets d'exercices fatigants dynamiques mono-articulaires sollicitant des modes contractions différents (i.e. concentrique versus excentrique) sur la commande nerveuse. A la différence de l'étude 1, l'analyse de la fréquence de décharge d'unités motrices du muscle vastus lateralis sera réalisée pendant les contractions sous-maximales fatigantes (série de 50 contractions

dynamiques à vitesse lente 15°/s). Nous faisons l'hypothèse que l'augmentation de la fréquence de décharge des unités motrices sera plus importante lors des contractions concentriques fatigantes que pendant les contractions excentriques.

Références

- Farina D, Holobar A, Gazzoni M, Zazula D, Merletti R, Enoka RM. Adjustments differ among low-threshold motor units during intermittent, isometric contractions. *J Neurophysiol.* 2009 Jan;101(1):350-9.
- Hirono T, Kunugi S, Yoshimura A, Holobar A, Watanabe K. Acute changes in motor unit discharge property after concentric versus eccentric contraction exercise in knee extensor. *J Electromyogr Kinesiol.* 2022 Dec;67:102704.
- Kirk BJC, Trajano GS, Pulverenti TS, Rowe G, Blazevich AJ. Neuromuscular Factors Contributing to Reductions in Muscle Force After Repeated, High-Intensity Muscular Efforts. *Front Physiol.* 2019 Jun 24;10:783.
- Lapole T, Mesquita RNO, Baudry S, Souron R, Brownstein CG, Rozand V. Can local vibration alter the contribution of persistent inward currents to human motoneuron firing? *J Physiol.* 2023 Apr;601(8):1467-1482.
- Oliveira AS, Negro F. Neural control of matched motor units during muscle shortening and lengthening at increasing velocities. *J Appl Physiol (1985).* 2021 Jun 1;130(6):1798-1813.

- Financement du projet – partie Recherche (montants acquis, type de contrat)
Équipement (ergométrie, électromyographie HD, stimulodétection) : financement acquis (financement Plateforme Région Bourgogne Franche-Comté, ANR).
Consommables, informatique, petit matériel : financement acquis (financement récurrent Inserm).

Ce projet nécessite une allocation de recherche de 3 ans.

- Connaissances et compétences requises

Le candidat devra avoir des connaissances en neurophysiologie, biomécanique et physiologie musculaire et maîtriser les techniques de stimulodétection électrique du système neuromusculaire (ergométrie, électromyographie de surface, neurostimulation électrique).

Résumé en français et anglais (limité chacun à 1800 caractères)

Titre : Étude des mécanismes nerveux de la fatigue lors de différents modes de contractions musculaires

Il est possible d'analyser les propriétés du système nerveux central à l'aide de l'électromyographie de surface à haute densité (HDsEMG) de manière non-invasive. La décomposition du signal électromyographique permet d'évaluer l'activité des différentes unités motrices engagées durant la contraction musculaire. Divers paramètres peuvent alors être mesurés tels que le seuil de recrutement et de dérecrutement des unités motrices, leur fréquence de décharge ou encore l'intensité des entrées neuromodulatrices. L'objectif de ce projet de thèse est d'analyser les effets d'exercices fatigants concentriques vs. excentriques sur les entrées neuronales du SNC à partir des modulations de la fréquence de décharge des unités motrices et des courants entrants persistants, en utilisant l'HDsEMG. Notre hypothèse est que les modifications de la fréquence de décharge des unités motrices liées à la fatigue seront plus importantes après/lors des contractions concentriques qu'après/lors des contractions excentriques. Ce travail de thèse comprend trois études. L'objectif de cette étude est de déterminer les effets d'exercices fatigants pluri-articulaires sollicitant des modes contractions différents (i.e. exercice de pédalage concentrique versus excentrique ;

marche en montée versus en descente) sur la commande nerveuse (fréquence de décharge des unités motrices et courants entrants persistants). L'objet de la seconde étude est de mettre au point une méthodologie permettant de réaliser des analyses du suivi de la fréquence de décharge des unités motrices lors de contractions dynamiques mono-articulaires à faibles vitesses. L'objectif de la troisième étude est de déterminer les effets d'exercices fatigants dynamiques mono-articulaires sollicitant des modes contractions différents (i.e. concentrique versus excentrique) sur la commande nerveuse.

Title: Analysis of the neural mechanisms of fatigue during different modes of muscle contraction.

The properties of the central nervous system can be analyzed non-invasively using high-density surface electromyography (HDsEMG). Decomposition of the electromyographic signal allows to evaluate the activity of the different motor units engaged during muscle contraction. Various parameters can then be measured such as the recruitment and de-recruitment threshold of motor units, their discharge rate or the intensity of neuromodulatory inputs. The aim of this thesis project is to analyze the effects of concentric vs. eccentric fatiguing exercise on CNS neural inputs from modulations of motor unit discharge rate and persistent inward currents, using HDsEMG. Our hypothesis is that fatigue-related changes in motor unit discharge rate will be greater after/during concentric contractions than after/during eccentric contractions. This thesis includes three studies. The aim of the first study is to determine the effects of fatiguing multi-joint exercises involving different contraction modes (i.e. concentric versus eccentric cycling exercise, uphill versus downhill walking) on neural control (motor unit discharge rate and persistent inward currents). The aim of the second study is to develop a methodology for monitoring motor unit discharge rate during dynamic single-joint contractions at low speeds. The aim of the third study is to determine the effects of fatiguing dynamic single-joint exercises involving different contraction modes (i.e. concentric versus eccentric) on neural control.

Préciser le domaine de compétence dans la liste ci-dessous (2 choix possibles maximum – ne pas modifier les intitulés : ils sont imposés par certains sites web) :

Santé, médecine humaine, vétérinaire

Mots clés : potentiels évoqués, électrophysiologie, excitabilité corticospinale