
Effet du déplacement du centre des pression sur les efforts articulaires en cyclisme.

Thomas Chevallier*¹, Laetitia Fradet², Jean-Philippe Boucher³, and Nicolas Vignais⁴

¹Université Paris-Saclay – CIAMS, Univ. Paris-Sud, Université Paris-Saclay, 91405 Orsay Cedex, France – France

²Laboratoire Lab-STICC - CNRS, UMR 6285 – Université de Bretagne Sud – France

³Phyling – Entreprise – France

⁴Laboratoire Mouvement Sport Santé – Université de Rennes, École normale supérieure - Rennes, Université de Rennes 2, Structure Fédérative de Recherche en Biologie et Santé de Rennes – France

Résumé

Introduction

La dynamique de pédalage en cyclisme est caractérisée par des forces de réaction dans les trois dimensions entre les pieds et les pédales (Martín-Sosa et al., 2021). Cependant, la littérature sur le déplacement du centre de pression (CoP), le point d'application de la résultante des forces exercées par le pied sur la pédale, au cours du cycle de pédalage reste très limitée.

Dans les modélisations musculosquelettiques, plusieurs méthodes sont employées pour définir ce CoP, allant d'une application fixe de la force (Park et al., 2022) à des méthodes basées sur la mesure dynamique du CoP à l'aide de capteurs (Clancy et al., 2023). Or, le choix de la modélisation du CoP impacte les calculs des moments articulaires et des forces d'interaction entre les structures musculosquelettiques, ce qui soulève une question méthodologique importante dans les études biomécaniques.

Dans ce contexte, l'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact du déplacement du CoP durant le pédalage sur les valeurs maximales des moments articulaires obtenus par dynamique inverse, en particulier au niveau du genou.

Méthode

Deux participants ont effectué quinze répétitions de pédalage d'une minute à 150 watts. Le protocole incluait des capteurs de force intégrés aux pédales (PI3D, Phyling, France) afin d'obtenir les forces exercées sur les pédales, des semelles instrumentées (Noraxon, Scottsdale, USA) permettant de mesurer le déplacement du CoP, et un système optoélectronique (Qualisys, Göteborg, Suède) permettant d'obtenir les trajectoires de marqueurs réfléchissants positionnés sur les participants.

Les données ont été intégrées dans un logiciel de modélisation OpenSim afin d'estimer les moments articulaires par dynamique inverse. Cinq conditions sur le positionnement du CoP dans le repère du pied ont été appliquées dans la modélisation. Dans quatre cas, les positions extrêmes du CoP, identifiées à partir des mesures des semelles, ont été utilisées et dans un

*Intervenant

autre cas, une condition de CoP neutre correspondant au centre de la cale qui permet de relier le pied aux pédales a été testée afin d'évaluer l'impact de la position du CoP sur les moments de flexion au genou.

Les données ont été collectées, et l'analyse est en cours. Nous anticipons une variation des moments de flexion au genou selon la position du centre de pression modélisé.

Un test ANOVA à mesures répétées sera utilisé pour comparer l'influence de la position du CoP sur les moments maximaux du genou.

Résultats

En particulier, un déplacement du CoP vers l'avant ou vers l'extérieur du pied pourrait entraîner une augmentation des moments articulaires en raison d'un bras de levier plus important. À l'inverse, un CoP positionné plus en arrière ou plus médialement pourrait diminuer ces moments. Ces variations sont susceptibles d'atteindre plusieurs pour cent par rapport à la configuration neutre, soulignant l'influence potentielle de cette variable sur l'interprétation des résultats issus des modélisations musculosquelettiques.

Discussion

Cette étude présente plusieurs limites. Le faible nombre de participants (n=2) limite la généralisation des résultats. De plus, seuls des cas extrêmes de position du centre de pression ont été modélisés, ce qui ne reflète pas le déplacement réel du CoP au cours du cycle.

Conclusions / Perspectives Ces résultats indiquent que la position du centre de pression influence l'estimation des moments articulaires. Ignorer sa variabilité peut biaiser les interprétations biomécaniques. Intégrer sa mesure dynamique pourrait améliorer la précision des modélisations en cyclisme.

Références

- Clancy, C. E., Gatti, A. A., Ong, C. F., Maly, M. R., & Delp, S. L. (2023). Muscle-driven simulations and experimental data of cycling. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-47945-5>
- Martín-Sosa, E., Chaves, V., Alvarado, I., Mayo, J., & Ojeda, J. (2021). Design and validation of a device attached to a conventional bicycle to measure the three-dimensional forces applied to a pedal. *Sensors*, 21(4590). <https://doi.org/10.3390/s21134590>
- Park, S., Caldwell, G. E., & Umberger, B. R. (2022). A direct collocation framework for optimal control simulation of pedaling using OpenSim. *PLoS ONE*, 17(2 February). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0264346>