

## Analyse biomécanique de la course appareillée en pratique de loisirs

**Contexte :** A l'instar de la population générale, la pratique d'une activité physique régulière est recommandée chez les personnes amputées du.e membre.s inférieur.s. Par ailleurs, en plus de participer à la lutte contre la sédentarité et ses conséquences physiopathologiques, la pratique d'une activité sportive constitue un des meilleurs moyens de retrouver une vie sociale et de recouvrer à une certaine estime de soi, nécessaire à une bonne qualité de vie [1]. Parmi les différentes activités sportives, la course à pied est une activité largement pratiquée dans la population générale, que les personnes amputées pourraient partager avec des valides. Cependant, la reprise de la course avec une prothèse nécessite à la fois l'apprentissage de compétences techniques nouvelles, en particulier en cas d'amputation trans-fémorale, et l'acquisition d'une prothèse spécifique appelée lame de course dont les caractéristiques doivent être choisies méticuleusement. En effet, lors de la phase d'appui, la lame se comprime et emmagasine de l'énergie mécanique qu'elle restitue ensuite lors de l'initiation de la phase de vol en reprenant sa forme initiale. Ainsi, les propriétés mécaniques de la prothèse, notamment de raideur, affectent directement l'efficacité de la course. Au-delà des matériaux de la prothèse, cette raideur dépend également d'un ensemble de paramètres tels que la géométrie de la lame, l'angle lame/emboîture ou encore la vitesse de course [3,4]. Néanmoins, du fait de l'asymétrie de la course prothétique [2], le risque accru d'arthrose de hanche a également été souligné (14% des personnes amputées trans-tibial contre 1% des personnes valides) [5]. Par ailleurs, la propagation du choc de l'impact lame/sol le long du membre résiduel et du tronc pourrait également favoriser le risque de blessure et par suite l'arrêt de la pratique. De ce fait, le choix et les réglages de la prothèse de course doivent être faits au regard de la performance visée, mais aussi des risques de pathologie.

**Objectifs :** Compte tenu du peu de données actuellement disponibles dans la littérature, l'objectif général de cette thèse sera de caractériser la biomécanique de la course appareillée en pratique de loisirs pour produire des connaissances permettant le développement, par les industriels, de prothèses adaptées à cette pratique et favorisant une prescription et une mise en œuvre d'un appareillage adapté. Par ailleurs, ces travaux devraient permettre de favoriser cette pratique en limitant les risques de blessures. Pour cela, les objectifs plus spécifiques seront de réaliser 1) une analyse cinématique et dynamique des articulations des membres inférieurs pendant la course ; 2) de déterminer la raideur effective des prothèses pendant leur utilisation ; 3) quantifier la transmission du choc induit par l'appui lame/sol le long du squelette axial.

**Méthodes :** Le premier volet de la thèse sera expérimental, visant à caractériser la cinématique (amplitude articulaire) et la dynamique (e.g. forces et moments de force) articulaire lors de la course prothétique. Pour cela, des mesures associant la collecte des efforts appliqués au sol à l'aide de plateformes de force et de la cinématique des membres inférieurs à l'aide d'un système opto-électronique seront réalisées en laboratoire. Des mesures accélérométriques seront également effectuées afin de quantifier la propagation du choc le long du squelette axial, du sol jusqu'au tronc. Ces mesures seront réalisées sur une cohorte de patients de l'INI-CERAH, amputés trans-tibial et trans-fémoral. Le second volet contribuera au développement d'un modèle biomécanique couplé de l'interaction prothèse/utilisateur. Un tel modèle constituera un outil numérique d'aide à l'optimisation des réglages des prothèses favorisant la pratique de la course appareillée, y compris pour une pratique de loisirs.

[1] Bragaru M, Dekker R, Geertzen JHB, Dijkstra PU (2011) Amputees and sports: a systematic review. *Sports Med.*, 41(9):721-740.

[2] Burkett B, Smeather, J, Barker T (2003) Walking and running inter-limb asymmetry for Paralympic trans-femoral amputees, a biomechanical analysis. *Prosthet Orthot Int.* 27(1): 36-47.

[3] Beck ON, Taboga P, Grabowski AM (2017) How do prosthetic stiffness, height and running speed affect the biomechanics of athletes with bilateral transtibial amputations? *J R Soc Interface.* 14(131):20170230

[4] Migliore GL, Petrone N, Hobara H, Nagahara R, Miyashiro K, Costa GF, Gri, Cutti AG (2021) Innovative alignment of sprinting prostheses for persons with transfemoral amputation: Exploratory study on a gold medal Paralympic athlete. *Prosthet Orthot Int.* 45(1):46-53.

[5] Sepp AL, Baum BS, Nelson-Wong E, Silverman AK (2021) Hip Joint Contact Loading and Muscle Forces During Running With a Transtibial Amputation. *J Biomech Eng.* 143(3):031012.

**Laboratoire :** Institut de Biomécanique Humaine Georges Charpak (IBHGC)

**Laboratoire partenaire :** Centre d'Etudes et de Recherche sur l'Appareillage des Handicapés, Institution Nationale des Invalides (INI-CERAH)

**Encadrement :** Patricia Thoreux (HDR, PUPH USPN, patricia.thoreux@aphp.fr) ; Delphine Chadefaux (MCF USPN) ; Christophe Sauret (DR INI-CERAH).

