

Biomechanics, functional morphology, and evolution of the digits in arboreal mammals

Abstract

This PhD project investigates the biomechanics, functional morphology, and evolution of digital adaptations associated with arboreal locomotion in mammals. Arboreality is considered the ancestral condition of placental mammals and is associated with major morphological changes, particularly digit elongation and grasping abilities. While these adaptations have been extensively studied in primates and small-bodied arboreal mammals, the combined effects of body mass, digit posture, and intrinsic musculoskeletal morphology remain poorly understood across the full diversity of arboreal mammals, including large-bodied taxa and fossil species. The central aim of this project is to integrate, for the first time, quantitative locomotor posture data with intrinsic morphological and biomechanical parameters of the digits in both fore- and hindlimbs, within a broad comparative and evolutionary framework. Two main questions will be addressed: (1) whether large-bodied arboreal mammals exhibit digit postures comparable to those documented in smaller species during arboreal locomotion, and (2) whether extant and fossil arboreal mammals display increased ranges of motion at the metapodiophalangeal joints, reflecting enhanced mechanical capacities to cope with arboreal constraints. The project combines complementary methodological approaches: First, an ethological study will quantify limb and digit postures during locomotion in medium- to large-bodied arboreal mammals housed in French zoological parks, using established video-based protocols; Second, a large-scale 3D morphometric analysis will be conducted on metapodials and phalanges from extant and fossil mammals spanning multiple clades, using micro-CT scanning and advanced methods to quantify joint range of motion. By integrating behavioral, morphological, biomechanical, ecological, and phylogenetic data, this project aims to identify convergent and lineage-specific patterns of digital adaptation, explore functional differences between fore- and hindlimbs, and infer locomotor postures in fossil taxa. Ultimately, it will provide new insights into the evolutionary history of arboreal locomotion and grasping abilities across Mammalia, well beyond traditional primate-centered models.

Résumé

Ce projet de thèse porte sur la biomécanique, la morphologie fonctionnelle et l'évolution des adaptations digitales associées à la locomotion arboricole chez les mammifères. L'arboricolie est considérée comme la condition ancestrale des mammifères placentaires et s'accompagne de profondes transformations morphologiques, en particulier l'allongement des doigts et le développement des capacités de préhension. Bien que ces adaptations aient été largement étudiées chez les primates et chez de petits mammifères arboricoles, les effets combinés de la masse corporelle, des postures digitales et de la morphologie intrinsèque du système musculo-squelettique des doigts demeurent mal compris à l'échelle de la diversité des mammifères arboricoles, notamment chez les taxons de grande taille et les espèces fossiles. L'objectif central de ce projet est d'intégrer, pour la première fois, des données quantitatives de postures locomotrices à des paramètres morphologiques et biomécaniques intrinsèques des doigts, au niveau des membres antérieurs et postérieurs, dans un cadre comparatif et évolutif large. Deux questions principales seront abordées : (1) les mammifères arboricoles de grande taille présentent-ils des postures digitales comparables à celles observées chez les espèces de plus petite taille lors de la locomotion arboricole ? et (2) les mammifères arboricoles actuels et fossiles présentent-ils des amplitudes de mouvement accrues au niveau des articulations métapodio-phalangiennes, traduisant de meilleures capacités mécaniques pour faire face aux

contraintes du milieu arboré ? Le projet combine des approches méthodologiques complémentaires. Dans un premier temps, une étude éthologique quantifiera les postures des membres et des doigts lors de la locomotion chez des mammifères arboricoles de taille moyenne à grande hébergés dans des parcs zoologiques français, à l'aide de protocoles vidéo déjà établis. Dans un second temps, une analyse morphométrique 3D à grande échelle sera menée sur les métapodes et les phalanges de mammifères actuels et fossiles appartenant à plusieurs clades, à partir de données de microtomographie aux rayons X et de méthodes de morphométrie géométrique permettant de quantifier les amplitudes articulaires. En intégrant des données comportementales, morphologiques, biomécaniques, écologiques et phylogénétiques, ce projet vise à identifier des convergences et des spécificités de lignée dans les adaptations digitales, à explorer les différences fonctionnelles entre membres antérieurs et postérieurs, et à inférer les postures locomotrices chez les taxons fossiles. Il apportera ainsi un éclairage inédit sur l'histoire évolutive de la locomotion arboricole et des capacités de préhension chez les mammifères, bien au-delà des modèles traditionnels centrés sur les primates.