

運動力学解析に特化した足部モデル開発による
ドロップジャンプ動作時の足部機能解明
埼玉県立大学大学院保健医療福祉学研究科 博士論文
指導教員 金村尚彦 北畠義典 国分貴徳
2022年3月
2191005 松本優佳

ヒトの足部は、他の霊長類と比較しても非常に特異的な構造をしており、それゆえに、歩行やスポーツ動作といったさまざまな動作を効率的に達成している。しかし足部は軟組織に覆われているために、動作中の足部内の運動は未解明であった。これまでの動作解析研究においても、足部は一つの剛体として扱われてきたが、2000年代に入り足部を3~4つの剛体として分けたマルチセグメントフットモデルが提唱され、ブレイクスルーとなった。筆者らは、一般的に広く用いられている足部モデルを用いて、歩行よりも力発揮を要するドロップジャンプ動作の運動学を調査し、健全な足部構造であっても足部運動に性差が存在すること、また足部アーチの運動がジャンプの高さに影響する可能性を示唆した。しかし、足部内の運動を発生させる力学的要因については、足部モデルの限界により解明に至らなかった。

本論文では、足部の運動学だけでなく運動力学的解析にも特化した新たな足部モデルを作成するために、まずは足部を3つの剛体に分けた際の運動学の妥当性と信頼性について、足部模擬模型を用いて調査し、生体にも適用することで運動学的特徴を検出した。その結果、運動学的解析に有効な妥当性と信頼性を有しており、動的タスクにおいても有用であることが証明された。

次に、足部CTデータを用いて、足底腱膜の影響を考慮した足部力学モデルを構築した。本モデルを健全成人の歩行動作に適用した結果、足部内で生じる関節モーメントを推定することに成功し、push-off時の足部内関節モーメントに寄与する足底腱膜の張力を定量化できた。

最後に、構築した足部モデルを健全成人におけるドロップジャンプ動作に適用した。その結果、足部ダイナミクスにおける性差が確認され、足部傷害/障害に関わりうる力発揮パターンを明らかにした。また、ドロップジャンプ動作のpush-offに関与する力学的要因を明らかにした。

本論文では、動作中に足部内部で生じている力について、より解剖学的に正確な足部モデルを構築し、健全成人における歩行やより力発揮が要求されるドロップジャンプ動作に適用することで、構築した足部モデルの妥当性を示すだけでなく、動作中における足部機能を解明することができた。健全な足部であっても、動作中に足部内部で生じる傷害/障害リスクや、足部の安定化機構について、非侵襲的な評価が可能となったことは、予防的な理学療法介入において非常に有用性の高い知見である。