

Referent/in

Heitzmann, Daniel (Heidelberg DE) | Dipl. Ing. (FH)
Orthopädische Universitätsklinik Heidelberg - Bewegungsanalytik

Titel

Das Abrollverhalten eines 3D-gedruckten Prothesenfuß im Vergleich zu konventionellen Designs

Coauthors

Högerle V S, Trinler U, Wolf S I, Alimusaj M,

Zusammenfassung

Der 3D Druck ist eine vielversprechende Technik und ermöglicht die Fertigung von komplexen Strukturen in Kombination mit unterschiedlichen Materialien. In dieser Studie werden die Abrolleigenschaften von einem 3D gedruckten Prothesenfuß mit denen von etablierten Designs verglichen.

Hintergrund

Passive Prothesenfüße können aus unterschiedlichen Materialien hergestellt werden. Angefangen bei sehr einfachen Konstruktionen wie dem Jaipur-Fuß [1], oder unter Verwendung von Polyurethan-Schäumen in Kombination mit einem Holzkern und einer weichen Ferse (SACH-Fuß)[2], bis hin zum heute dem etablierten Standard der energiespeichernden Karbonfaserfüße. In jüngster Zeit findet die additive Fertigung, bzw. der 3D-Druck in der Pro- und Orthetik immer mehr Anwendung [3], zum Beispiel auch bei der Herstellung von Prothesenfüßen. Neben den Vorteilen die dieses Verfahren bietet bleibt unklar, ob ein 3D-gedruckter Prothesenfuß (NexStep 2.0) vergleichbare biomechanische Charakteristika aufweist wie etablierte Prothesenfußkonstruktionen.

Material Methode; Durchführung/ Prozess

Zwei NexStep 2.0 Modelle mit unterschiedlichen Steifigkeitseigenschaften wurden mit einem Prüfstand in Anlehnung an Curtze [4] getestet. Bei diesem Aufbau wurde ein umgekehrtes Pendel, mit einer Masse proximal (70 kg, ca. 1 m Höhe) verwendet, an dem der untersuchte Prothesenfuß distal befestigt war. Die Bodenreaktionskraft und der Kraftangriffspunkt (CoP) wurden mit einer Kraftmessplatte (AMTI @1080Hz) ermittelt. Die Trajektorien des Pendels und des Prothesenfußes wurden mittels eines 3D-Bewegungsanalysesystem (Vicon, T40s,

@120Hz) erfasst. Zur Berechnung der Kinematik wurde ein individuelles Biomechanisches Model auf der Grundlage von Simon et al. [5] entwickelt. Der anteriore-posteriore CoP-Verlauf wurde in einem pendelbasierten Koordinatensystem berechnet. Trägt man diesen Wert gegen die sagittale Pendelneigung (SPN) ab ergibt sich der „Forward-Travel“ (FT) [4].

Ergebnisse

Der Forward Travel (FT) und seine erste numerische Ableitung (dFT) wurde zwischen 7 Prothesenfüßen (NexStep in einer härteren und weicheren Version [Mecuris]; VariFlex; VariFlex LP; ProFlex Pivot [Össur]; Promenade [Freedom]; Echelon [Blatchford]) verglichen. Sowohl die härtere als auch die weichere Version des NexStep 2.0 zeigten höhere Maxima in der ersten Ableitung des dFT (weich 16,1 mm/Grad bei 4,9° [SPN]; hart 21,0 mm/Grad bei 3,7° [SPN]) und eine eher stufenförmigen Graphen beim FT (Abbildung). Alle anderen Füße hatten ein durchschnittliches Maximum von 10,2 mm/Grad im dFT.

Diskussion/ Schlussfolgerung; Fazit für die Praxis

Individualisierte, 3D-gedruckte Prothesenfüße eröffnen die Möglichkeit von maßgeschneiderten Abrolleigenschaften. Sowohl die weiche, als auch die harte Version des NexStep erfüllen die generellen Anforderungen an einen Prothesenfuß, indem er den Vor- und Rückfußhebel adäquat wiederherstellt. Dies wird durch einen relativ kontinuierlichen CoP-Verlauf belegt. Allerdings wurde eine generell höhere Steifigkeit im Vergleich zu etablierten Prothesenfuß-Designs festgestellt, mit steileren Steigungen im FT und höheren Maxima im dFT. Dies kann zu einem erhöhten Widerstand in der Standphase führen [6]. Eine andere Materialauswahl oder -kombination, strukturelle Anpassungen oder eine angepasste Geometrie könnten dazu beitragen, die Abrolleigenschaften weiter zu verbessern. Weitere Messungen mit neuen Modellen, bei denen die vorgeschlagenen Verbesserungen berücksichtigt werden, wären vielversprechend.

Literaturreferenzen

- [1] AP Arya und L Klenerman, The Journal of bone and joint surgery. 90 (11), 1414 (2008).
- [2] F. Prince et al., Journal of rehabilitation research and development 35 (2), 177 (1998).
- [3] J. Barrios-Muriel et al., Werkstoffe (Basel) 13 (2) (2020).
- [4] C Curtze, Dissertation, Rijksuniversiteit Groningen, 2012.

[5] J Simon et al, Gait Posture 23 (4), 411 (2006).

[6] AR De Asha et al., Clin Biomech (Bristol, Avon) 29 (7), 728 (2014).

Image: Abbildung_Roll_Over_OTWorld_256.png

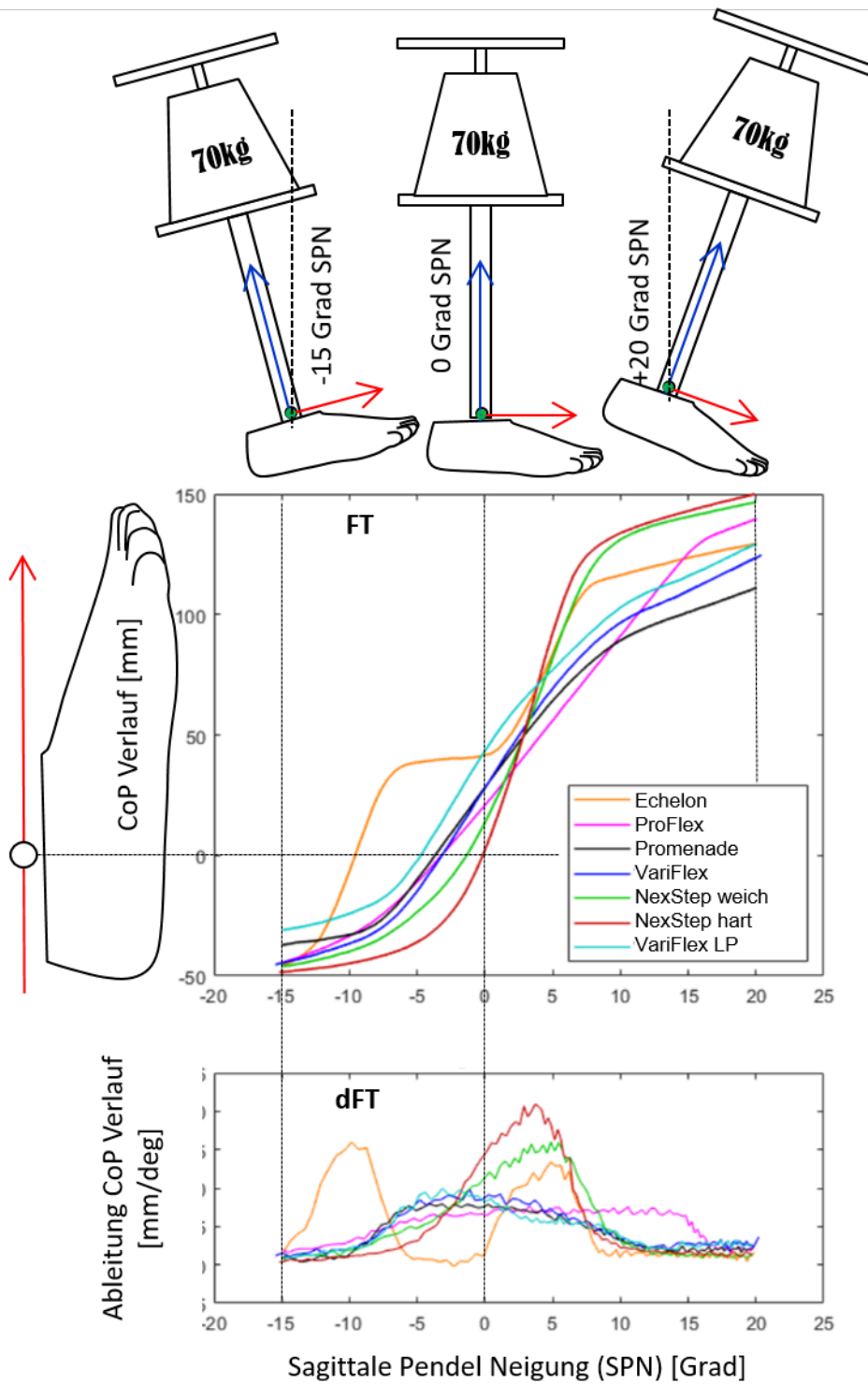


Abbildung: Der Forward Travel (FT) und dessen Ableitung (dFT) für alle sieben untersuchten Prothesenfüße.