

Referent/in

Schmalz, Thomas (Göttingen DE) | Dr.
Ottobock SE & Co.KGaA - Clinical Research & Services / Biomechanics

Titel

Prothesenkniegelenke für Laufen, Sprinten und Springen: Möglichkeiten und Grenzen aus biomechanischer Sicht

Coauthors

None

Zusammenfassung

Im Beitrag werden die Anforderungen an Prothesenkniegelenke für Laufen, Sprinten und Springen abgeleitet. Die derzeit nutzbaren Systeme werden hinsichtlich der technischen Möglichkeiten und Grenzen analysiert und verglichen.

Hintergrund

Beim gegenwärtigen Stand der Technik können Oberschenkelamputierte mit Prothesensystemen versorgt werden, die näherungsweise natürliche und sichere Bewegungsabläufe im Alltag ermöglichen [1]. Hierbei sind mikroprozessorgesteuerte Prothesenkniegelenke (MPK) fest etabliert [2]. Obwohl einige dieser Systeme auch das Laufen (Joggen) mit moderaten Geschwindigkeiten ermöglichen sollen, ist die Nutzung der MPK sowohl für das Laufen als auch das Sprinten im Hochleistungssport limitiert, weswegen hier spezifische Sportkniegelenke präferiert werden. Im Beitrag werden zunächst auf der Basis der Ergebnisse biomechanischer Analysen die Anforderungen an Sportkniegelenke, die Laufen, Sprinten und Springen ermöglichen sollen, definiert [3]. Basierend auf dieser Analyse werden Möglichkeiten und Grenzen der derzeit für diese Bewegungsabläufe nutzbaren Prothesenkniegelenke im Breiten- und paralympischen Sport bewertet.

Material Methode; Durchführung/ Prozess

Ausgangspunkt für die Ableitung der prinzipiellen Anforderungen an Sportkniegelenke ist die literaturbasierte zyklusnormierte Analyse der wesentlichen kinematischen und kinetischen Parameter des natürlichen Kniegelenks beim Gehen, Laufen und Sprinten. Diese Anforderungen werden nachfolgend separat für die Bewegungsphasen unter Belastung („Stützphase“ beim Laufen und Sprinten, Absprung (Take Off) beim Weitsprung) und ohne

Belastung (Schwungphase beim Laufen und Sprinten) definiert. Im nächsten Schritt werden die Prothesenkniegelenke, die für Laufen, Sprinten und Springen derzeit weltweit genutzt werden, hinsichtlich der konstruktiven Merkmale (Größe, Masse, Gelenkgeometrien, technische Prinzipien der Widerstandscharakteristiken) verglichen. Auf der Basis biomechanischer Messungen (eigene Ergebnisse und internationale Literatur) und Wettkampfanalysen (Para WM 2017, Paralympics 2021) werden Möglichkeiten und Grenzen der verfügbaren Systeme abgeleitet.

Ergebnisse

Die biomechanischen Analysen zeigen, dass ein Prothesenkniegelenk in der Stützphase beim Laufen und Sprinten sowie beim Take Off einen Flexions-Extensions-Zyklus in Zeiträumen zwischen 0.1 und 0.3s realisieren müsste. In der Schwungphase beim Laufen und Sprinten müssten Flexionswinkel von bis zu 150° erreichbar sein [4].

Breiten- und Leistungssportlern stehen heute 3 Alltagsgelenke mit Features, die das Laufen ermöglichen sollen (Rheo XC, Genium X3, KX06) und 4 Sportkniegelenke (Cheetah, SP0700, 3R46, 3S80) zur Verfügung. Die Alltagsgelenke ermöglichen zwar einen Flexions-Extensions-Zyklus unter Belastung und die natürlichen Schwungphasenflexionswinkel, erweisen sich aber aufgrund der im Vergleich zu den Sportgelenken drastisch erhöhten Massen sowie zu hoher Bewegungswiderstände als ungeeignet für Sprinten und Springen. Die Nutzung für das Laufen ist im Vergleich mit Sportgelenken nachteilig, wie gemessene kinematische Größen des Knie- und Hüftgelenks zeigen.

Die Sportkniegelenke ermöglichen unter Belastung keinen Flexions-Extensions-Zyklus. Aus diesem Grund muss in diesen Bewegungsphasen ein Knieextensionsmoment generiert werden, wodurch sich notwendigerweise eine Anpassung der Bewegungstechniken ergibt [Abb. 1].

Besonders kritisch ist dies für die Situationen Tiefstart und Take Off. Beim Take Off wirken mit bis zu 600 Nm die höchsten Gelenkbelastungen.

Die Wettkampfanalysen belegen, dass weltweit ein Sportkniegelenk mit Rotationshydraulik (3S80) präferiert wird.

Diskussion/ Schlussfolgerung; Fazit für die Praxis

Trotz der Limitierung der technisch im Moment nicht möglichen Flexion unter Belastung werden im Breiten- und paralympischen Sport fast ausschließlich die spezifischen Sportkniegelenke genutzt. Hierbei wird die monozentrische Rotationshydraulik des 3S80 (kombinierbar mit allen bekannten Sportprothesenfüßen ohne Fersenbereich) im Vergleich mit den polyzentrischen Systemen trotz geringerem Sicherheitsniveau präferiert. Bei Einhaltung des empfohlenen Prothesenaufbaus für das 3S80 (u.a. Vertikalkraftwirkungslinie („load line“) im Stehen ca. 80 – 90mm anterior zur Gelenkachse) wird Breitensportlern eine adäquate Nutzung beim Laufen ermöglicht. Paralympische Athleten können einen dynamischeren Prothesenaufbau (load line 30 - 50mm anterior zur Gelenkachse) nutzen und die Bewegungsmotorik trotz der Limitierung auch in sicherheitskritischen Situationen beim Sprinten und Springen problemlos adaptieren.

Literaturreferenzen

[1] Bellmann, M. et al. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation 2012.

DOI:<https://doi.org/10.1016/j.apmr.2011.10.017>

[2] Thiele, J. et al. Biomedical Engineering 2018. doi.org/10.1515/bmt-2017-0053.

[3] Wank, V. Biomechanik der Sportarten, Springer 2021. ISBN 978-3-662-60525-7

[4] Kuitunen, S. et al. Medicine & Science in Sports & Exercise 2002.

doi: [10.1097/00005768-200201000-00025](https://doi.org/10.1097/00005768-200201000-00025)

Image: Abbildung_1_118.png



Abb. 1: Prothese unter Belastung beim Sprint: Aufgrund der technischen Eigenschaften des Sportkniegelenkes muss die Bodenreaktionskraft stets vor der Gelenkachse wirken