

Thomas Alexander Georg Kaib  
Dr. sc. hum

## **Biomechanische Analyse unterschenkellanger und nicht sprunggelenksübergreifender Chopart-Prothesen und deren Einfluss auf das Gangbild**

Fach/Einrichtung: Orthopädie  
Doktorvater: apl. Prof. Dr. rer. nat. Sebastian Wolf

Insgesamt gibt es aktuell zwei gängige Chopart-Prothesen Typen, die bei Personen nach Amputation in der Chopart'schen Gelenklinie zur Versorgung genutzt werden. Hierbei unterscheidet man unterschenkellange Prothesen (Chopart-Prothese für Geriatrie- oder Gefäßpatienten oder Bellmann-Vorfußprothese inkl. Unterschenkelkarbonorthese) oder nicht sprunggelenksübergreifende Versorgungen (Bellmann-Vorfußprothese). Die Hauptaufgabe dieser Versorgungen ist es, den verlorenen Vorfußhebel wiederherzustellen und das Stumpfende vor zu hohen Druckspitzen zu schützen.

Ziel dieser Arbeit ist es, anhand von 13 Chopart-Amputierten die aktuell gängigen Chopart-Prothesen hinsichtlich ihrer biomechanischen Wirkungsweisen auf die Wiedererlangung des Vorfußhebels, deren Einflüsse auf die proximale Kette und die unterstützende Wirkung der ventralen Anlage auf die Drehmomentgenerierung im OSG der betroffenen Seite zu untersuchen. Hierfür wird beim Gehen in der Ebene die Raum-Zeit-Parameter, Kinematik, Kinetik und Bodenreaktionskräfte mittels instrumentierter 3D-Ganganalyse ermittelt. Zusätzlich werden die Rück- und Vorfußlastverteilung und die Last am Unterschenkel durch die ventrale Anlage mittels Sohlen- und Schaftdrucksensoren gemessen.

Abschließend kann gezeigt werden, dass unterschenkellange Chopart-Prothesen durch ihre ventrale Anlage den Vorfußhebel besser wiederherstellen können als nicht OSG umgreifende Chopart-Prothesen. Der Einfluss der ventralen Anlage auf das Abfangen der extern dorsalflektierenden Drehmomente im OSG kann mittels des hier beschriebenen Modellansatzes eindrücklich gezeigt werden. Das abgefangene Drehmoment im Vorfuß wird über die ventrale Anlage auf den Unterschenkel übertragen. Hierbei spielt auch die Steifigkeit der Versorgungen eine wichtige Rolle. Je weniger Dorsalflexion möglich ist, desto höher ist das OSG Moment als auch das übertragene Drehmoment am Unterschenkel. Es ist unumstritten, dass die Chopart-Prothese die höchsten Drehmomente in der gesamten proximalen Kette im Vergleich zu den anderen beiden Versorgungen erzeugen kann. Dennoch zeigt sich aufgrund der rigiden Bauweise die Tendenz zur Hyperextension im Kniegelenk der betroffenen Seite. Der zu harte Vorfußhebel, bedingt durch die geringe Verformung der Karbonfußplatte (beispielsweise Chopartplatte, Össur, IS) in Richtung Dorsalflexion, der zu steife Vorfuß und die „Quasi-Versteifung“ des OSGs des Nutzers durch die Einbettung in der Rahmenschaftkonstruktion, sind offenkundige Nachteile dieser Versorgung. Ein großer Vorteil der Chopart-Amputation gegenüber Unterschenkelamputierten ist der Erhalt des beweglichen Sprunggelenkes. Dennoch wird aufgrund der Indikationsstellung vielen Probanden die OSG Beweglichkeit durch die Rahmenschaftkonstruktion genommen, um einen guten Vorfußhebel zu erzeugen, der jedoch immer noch dem physiologischen Vorfußhebel unterlegen ist.

Die Fähigkeit, die Restbeweglichkeit im OSG mit einer ventralen Anlage in einer modularen Versorgung durch die Bellmann-Vorfußprothese inkl. Unterschenkelorthese (ToeOff, Allard, USA) zu nutzen, zeigt einen vergleichsweise weniger effektiven Vorfußhebel als in der Chopart-Prothese. Dennoch ergeben sich positive Effekte auf die proximale Kette, die sich hinsichtlich der Kinetik leider nicht bis ins Hüftgelenk fortpflanzen. Der geringe Widerstand der ventralen Anlage der ToeOff-Orthese ermöglicht es, die Last in den Vorfuß zu verlagern, jedoch bleibt die Hauptlast weiterhin im Rückfuß. Die hier genutzten handelsüblichen ToeOff-Orthesen sind nicht individuell auf die Probanden abgestimmt. Eine individuell gefertigte Unterschenkelkarbonorthese, bei der die Steifigkeit der ventralen Anlage an die Anforderungen angepasst werden kann, könnte zu einer besseren Lastverteilung und Drehmomentgenerierung führen. Die Kombination aus Bellmann-Vorfußprothese inkl. Unterschenkelorthese zeigt dennoch deutliche Vorteile gegenüber der reinen Bellmann-Vorfußprothese. Die Bellmann-Vorfußprothese zeigt die geringsten Drehmomente in Hüft-, Knie- und Sprunggelenk, mitunter sogar nicht physiologische Verläufe des Kniedrehmomentes, bedingt durch die Untauglichkeit adäquate Hebelverhältnisse herzustellen und die Last in den Vorfuß zu verlagern.

Zusammenfassend zeigt sich, dass die Chopart-Prothese durch ihr geringes Bewegungsausmaß und den sehr steifen Vorfuß den effektivsten Vorfußhebel herstellen kann. Der modulare Ansatz durch die Bellmann-Vorfußprothese inkl. Unterschenkelorthese besticht durch ihre geringe Limitation im Sprunggelenk. Diese Art der Versorgung unterstützt die Vorteile der Chopart-Amputation im Vergleich zu Unterschenkelamputierten, da das OSG weiterhin genutzt werden kann. Auch die ventrale Anlage zeigt positive Effekte hinsichtlich des erzeugten Vorfußhebels. Aufgrund des nicht genügend steifen Vorfußes kann aber kein so effektiver Hebel erzeugt werden wie in der Chopart-Prothese. Die kosmetisch ansprechende Bellmann-Vorfußprothese zeigt deutliche Nachteile. Der sehr weiche Vorfuß und das Fehlen einer ventralen Anlage ermöglicht es nicht, einen effektiven Hebel herzustellen. Versorgungen mit ventraler Anlage haben einen deutlichen Vorteil gegenüber nicht OSG umgreifender Versorgungen sowohl in Bezug auf die Wiedererlangung des Vorfußhebels als auch deren Einflüsse auf die proximale Kette. Der bestmögliche Kompromiss aus Steifigkeit und Flexibilität in Abstimmung auf die Anforderungen durch den Patienten ist hierbei der wichtigste Aspekt in der Herstellung von adäquaten Prothesenversorgungen nach Chopart-Amputation.