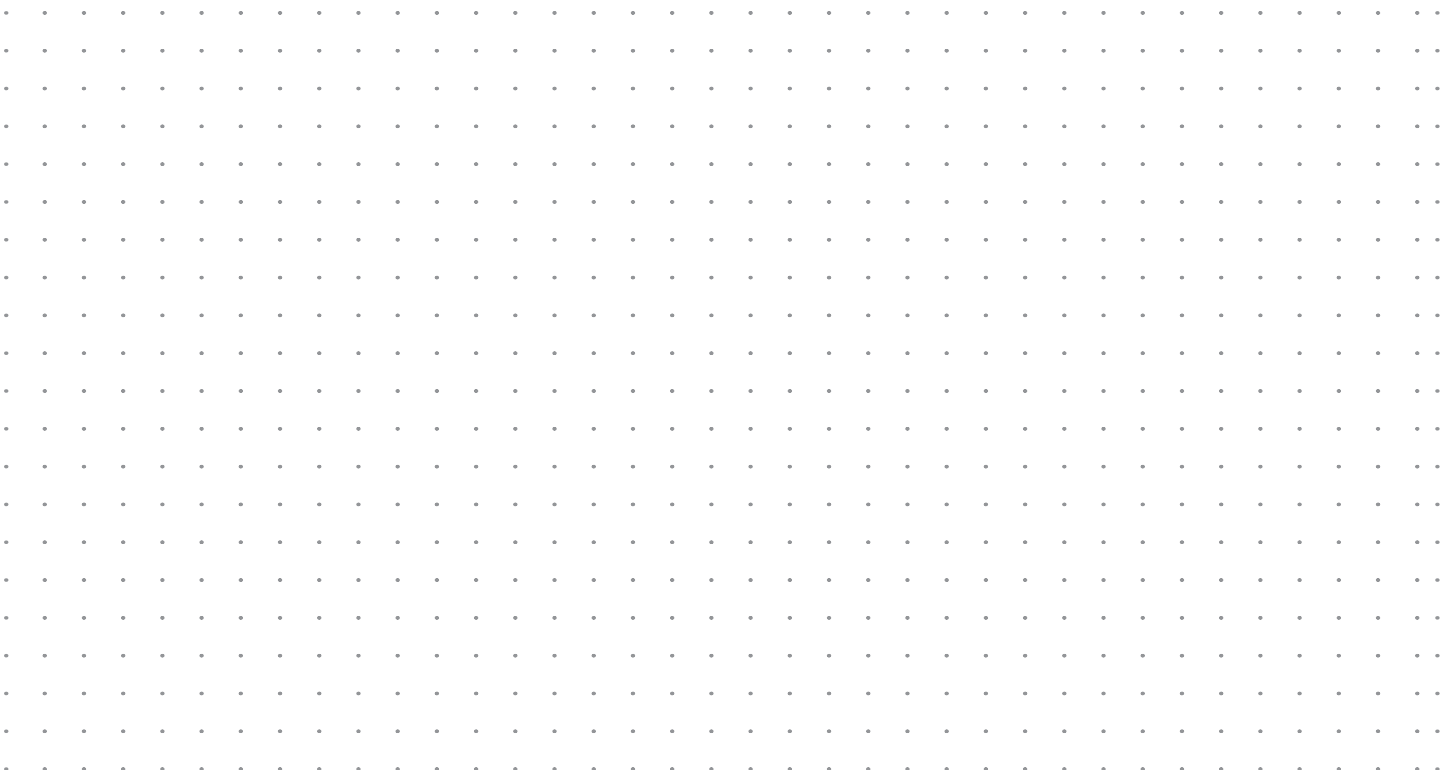


Fachliteratur Ressort

Neuentwicklung eines mikroprozessorgesteuerten Kniesystems und seine Bedeutung für Prothesen- und Orthoprothesenträger

O. Gawron, H. Kroll, M.Schäfer, Verlag Orthopädie-Technik 2012/5



O. Gawron, H. Kroll, M. Schäfer

Neuentwicklung eines mikroprozessorgesteuerten Kniesystems und seine Bedeutung für Prothesen- und Orthoprothesenträger

Erste Versorgungserfahrungen mit dem Genium Bionic Prosthetic System

A new Microprocessor Controlled Knee System and its Importance for Prosthetic and Orthoprothetic Users. First Field Experiences with the Genium Bionic Prosthetic System

Seit Beginn des Jahres wird die Familie der mikroprozessorgesteuerten Kniesysteme durch das innovative Genium Bionic Prosthetic System von Otto Bock bereichert. Das Genium-Knie verfügt über eine ausgefeilte Sensor- und Mikroprozessortechnologie, die zur Steuerung der Gelenkfunktionen dient, aber auch zur Überprüfung und Optimierung des statischen Prothesenaufbaus. Die Steuerungssoftware stellt sich bereits zur Markteinführung als ausgereift dar und ermöglicht dem Prothesenträger eine unmissverständliche und kontrollierte Nutzung der benötigten Steuerungsbefehle zum richtigen Zeitpunkt. Daraus ergibt sich für den Anwender in den meisten Alltagssituationen eine wertvolle, weil intuitive Nutzung der verschiedenen Funktionen des Kniesystems. Der Beitrag beschreibt die verbesserten Gebrauchseigenschaften des Genium-Kniesystems und berichtet über erste Versorgungserfahrungen.

Since the beginning of this year the family of microprocessor controlled knee systems is enlarged by the innovative Genium Bionic Prosthetic System by Otto Bock. The Genium knee offers a flawless sensor and microprocessor technology suited for the control of the joint functions but in addition also for checking and

optimizing the static alignment. The control software presents itself as fully developed already during the market introduction and enables the amputee an unequivocal and controlled application of the necessary control instructions at the right time. This offers the amputee in most daily activities a valuable and intuitive use of the different knee functions. The following article describes the improved technical features of the Genium knee system and first prosthetic fittings.

Einleitung

Was bedeutet der Begriff Bionik in der vollständigen Namensgebung des Genium-Kniesystems? Der Begriff Bionik setzt sich aus Biologie und Technik zusammen, das heißt, für technische Anwendungen werden Prinzipien aus der Biologie abgeleitet. Der physiologische Gang ist ein hoch komplexes Zusammenspiel des menschlichen Bewegungsapparates.

Muss ein Mensch Oberschenkelamputiert werden, besteht in der Folge der Anspruch, durch die Amputation verloren gegangene Funktionen wieder zu ersetzen. Beim Gehen mit einer Oberschenkelprothese kommt es dabei zu einem Wechselspiel noch vorhandener körpereigener und nicht mehr vorhandener, fremdkontrollierter techni-

scher Funktionen. Der Prothesenläufer steuert mit seinem Stumpf seine Oberschenkelprothese. Idealerweise ergänzen die technischen Funktionen des Prothesenkniegelenks sich mit den Steuerungsmechanismen des Anwenders. Aus dem Versorgungsalltag ist bekannt, dass dieser Idealzustand nicht immer eintritt und Mensch und Technik sich nicht immer einvernehmlich ergänzen. Die Ursachen hierfür sind vielfältig. Es sind zum einen die Fehlsteuerungen des Menschen, zum anderen auch mangelnde Funktionseigenschaften der technischen Bauteile. Zu den Fehlfunktionen der Prothesenkniegelenke kommt es, weil sie nicht immer in der Lage sind, die richtige Funktion zur richtigen Zeit zur Verfügung zu stellen, weil sie bauartbedingt eine benötigte Funktion gar nicht zur Verfügung stellen können oder weil ein nicht korrekt durchgeführter Prothesenaufbau eine fehlerfreie Funktion gar nicht ermöglicht. In der Hauptsache muss ein Prothesenkniegelenk die Abläufe der Stand- und Schwungphase steuern.

Prothesenkniegelenke mit Stand- und Schwungphasensteuerung stehen schon seit vielen Jahrzehnten zur Verfügung und stellen kein Novum dar. Bereits vor über 20 Jahren begann der Einsatz von Mikroprozessorstuerungen im Bereich der Prothesenkniegelenktechnik. Zu-

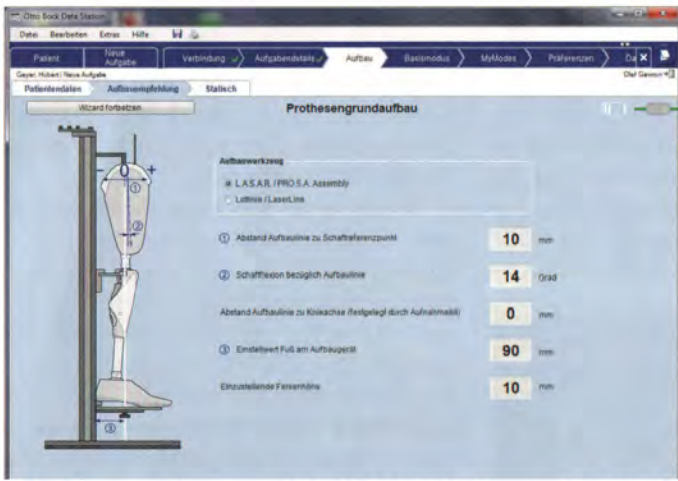


Abb. 1 Computerunterstützte Aufbauhilfe (Computer Assisted Alignment – CAA).

nächst wurde nur die Schwungphase mithilfe von Mikroprozessortechnik gesteuert. Durch diese Neuerung konnte sich ein Kniegelenk erstmals automatisch auf unterschiedliche Gehgeschwindigkeiten und Gangparameter einjustieren [12].

1997 stellte die Firma Otto Bock auf dem Weltkongress für Orthopädie + Reha-Technik in Essen das C-Leg vor – das erste industriell hergestellte Kniegelenk, bei dem mithilfe von Sensor- und Mikroprozessortechnik eine Stand- und Schwungphasenregelung erfolgte. Die Vorteile gegenüber der konventionellen, mechanischen Kniegelenkssteuerung liegen bei diesem System in einem komplexeren, physiologischeren und dennoch eindeutig definierten Funktionsablauf, der in letzter Konsequenz zu deutlich weniger Fehlsteuerungen und Missverständnissen in der Anwendung führt [1, 2]. Vor allem die konsequent hohe Sicherheit während der Standphase und die daraus resultierenden erweiterten Funktionen in vielen alltäglichen Situationen (alternierend Treppe abwärts gehen, bergab gehen etc.) haben zu einer nachweisbaren Verbesserung und Akzeptanz seitens des Anwenders geführt [7, 11]. Woher kommt das? Eine hydraulische Standphasensteuerung stellt dem Prothesenläufer einen individuell definierbaren Widerstand gegen das Einknicken des Kniegelenks zur Verfügung. Mit diesem Konstruktionsmerkmal wird für einen Oberschenkelamputierten – im weitesten Sinne – die Funktion der im Kniegelenk streckenden Muskulatur ersetzt. Genau diese Funktion muss beim alternierenden Abwärtsgehen auf einer Rampe oder Treppe, genauso beim Gehen in un-

ebenem Gelände bei plötzlich auftretenden beugenden Drehmomenten auf das Prothesenkniegelenk zur Verfügung stehen.

Bei mechanischen Gelenken erfolgt die Umschaltung zwischen der Schwung- und der Standphasensteuerung über eine Kraft, die am Gelenk wirkt und einen mechanisch gesteuerten Mechanismus auslöst. Dies bedeutet, dass ein Eingangssignal darüber entscheidet, welche Funktion zur Verfügung gestellt wird.

Beim C-Leg beispielsweise werden bereits drei Eingangssignale gemessen und zur Steuerung herangezogen [8]. Beim Genium-System sind es sieben Sensoren, die neun verschiedene Eingangssignale zur Steuerung liefern [3, 9]. Je mehr Eingangssignale also zur Verfügung stehen, umso differenzierter und genauer kann die Steuerung des Kniegelenks erfolgen. Ein zweiter, für den Anwender sehr wichtiger Sicherheitsaspekt ist die Zeit, in der eine Umschaltung zwischen Schwung- und Standphasensteuerung erfolgt. Beim Abwärtsgehen auf Rampen oder Treppen und bei unvorhergesehenen Belastungen der Prothese muss gewährleistet sein, dass das Kniegelenk einen Widerstand gegen das Einbeugen zur Verfügung stellt und dadurch ein Sturz vermieden wird. Die Umschaltung von der Schwung- in die Standphasensteuerung muss daher innerhalb kurzer Zeit stattfinden. Eine schnelle Umschaltung und damit ein unverzügliches Bereitstellen des Beugewiderstands können nur mikroprozessorgesteuerte Kniepassteile mit Echtzeitaktion gewährleisten.

Verbesserungspotenzial

Dem C-Leg sind inzwischen einige weitere mikroprozessorgesteuerte Konstruktionen gefolgt, wobei sich die Unterschiede und Funktionsweisen der jeweiligen Systeme stark unterscheiden. Während seitens der Kostenträger immer wieder versucht wird, die am Markt befindlichen mikroprozessorgesteuerten Kniesysteme „über einen Kamm zu scheren“

und in ihrer Funktion gleich zu bewerten, zeigt die Anwendung im Versorgungsalltag noch große Differenzen.

Es treten immer wieder Situationen auf, bei denen man feststellt, dass viele Gangsituationen durch die vorhandene Sensortechnologie nicht erkannt und damit auch nicht geregelt werden können. Manche Systeme benötigen auch in Zeiten bereits vorhandener Echtzeitsysteme nach wie vor einen gesamten Bewegungszyklus zur Erkennung und Umschaltung, wodurch für den Anwender ein enormes Sicherheitsrisiko entstehen kann.

Die jedoch sicherlich am häufigsten eingesetzten und bei den Anwendern bewährtesten mikroprozessorgesteuerten Systeme sind das C-Leg und das Rheo-Kniesystem der Firma Össur aus Island [5, 6].

Es ist daher verständlich, dass sich die Beurteilung und Bewertung eines neuen Versorgungssystems an den bestehenden Versorgungserfolgen mit diesen Systemen orientieren muss.

Die Integration neuer Systeme macht für die Technische Orthopädie nur dann Sinn, wenn sie Bewährtes zu einem reduzierten Kostenfaktor anbieten oder aber funktionale Verbesserungen zu bestehenden Systemen anbieten können. Es gilt daher dort anzusetzen, wo bestehende Systeme noch Lücken haben.

Was also können die bewährten Systeme wie das C-Leg oder auch das Rheo-Knee noch nicht steuern? Welche Funktionen können sie nicht zur Verfügung stellen beziehungsweise in welchen Bereichen besteht der Wunsch nach Verbesserungen?

- Das sichere Stehen auf einem schrägen Untergrund,
- das sichere Stehen in verschiedenen Beinstellungen und Situationen des Alltags,
- das sichere Rückwärtsgehen,
- das Übersteigen von Hindernissen,
- physiologische Bewegungsabläufe fördern zum Beispiel die Standphasenflexion,
- alternierend eine Treppe hoch gehen,
- optimierter Ablauf der Schwungphase mit einem Maximum an Bodenfreiheit,
- Unterstützung beim Aufstehen,

- automatische Erkennung für Sonderaktivitäten.

Dies sind nur einige Beispiele ausgewählter Alltagssituationen, denen Prothesenträger täglich begegnen, und für die etablierte mikroprozessorgesteuerte Kniegelenke den Prothesenläufern keine ausreichend unterstützende Funktionen bieten.

Versorgungsablauf

Im weiteren Verlauf werden die ersten Versorgungserfahrungen von 30 Testversorgungen und vier definitiven Versorgungen mit dem Genium-Kniesystem aus orthopädie-technischer Sicht beschrieben. Dabei werden die Grundkenntnisse über die Funktionsweise des Genium-Kniegelenksystems vorausgesetzt. Dem Leser sollten die Artikel „Technologie und Funktionsweise des Genium-Kniegelenks“, „Zur Biomechanik des mikroprozessorgesteuerten Prothesenkniegelenks Genium“ und „Sicherheit und Schwierigkeit von Aktivitäten des täglichen Lebens mit dem Genium im Vergleich zum C-Leg“, die in der genannten Reihenfolge von Dezem-

ber bis Februar in der Fachzeitschrift Orthopädie-Technik veröffentlicht wurden, bekannt sein [3, 9, 10].

Bis auf zwei Ausnahmen wurden bisher nur Tests oder Versorgungen mit dem Genium-Kniegelenksystem durchgeführt, bei denen die Anwender im Vorfeld mit dem C-Leg oder Rheo-Knee versorgt waren. Alle An-



Abb. 2 Grundaufbau der Prothese mit dem PRO.S.A. Assembly Aufbaugerät von Otto Bock.

wender sind den Mobilitätsgraden 3 bis 4 zuzuordnen und damit mehr oder weniger uneingeschränkte Außenbereichsgeher und in der Lage, alternierend Rampen und Treppen hinunter zu gehen.

Bevor eine konkrete Versorgung mit dem Genium-Kniesystem im interdisziplinären Team diskutiert wird, sollte nach Ansicht der Autoren zunächst eine Testversorgung stattfinden. Es hat sich gezeigt, dass für Anwender, die über die oben beschriebene Erfahrung im Umgang mit Oberschenkelprothesen verfügen, ein Testzeitraum von einer Woche ausreichend ist, um festzustellen, ob sie die Gebrauchsvorteile, die das Genium-Kniesystem gegenüber den bisher etablierten Gelenk Konstruktionen hat, auch nutzen können.

Die Testversorgung startet mit dem Einbau des Genium-Gelenksystems. Neu und bisher einzigartig ist bei diesem System die Einstellsoftware. Der Prothesenaufbau mit einem Genium beginnt damit, dass anwenderspezifische Daten eingegeben werden. Dazu zählen Körpergewicht, Längenmaße am Prothesenunterschenkel, Typ und Län-



Abb. 3 Statische Aufbaumessung mit CAA, vorgeschlagene Nachjustierungen der Einstellsoftware.



Abb. 4 Statische Aufbaumessung mit CAA, nach erfolgten Nachjustierungen.

ge des eingesetzten Prothesenfußes, Wert der Hüftbeugekontraktur, effektive Absatzhöhe des Schuhs, Amputationsseite sowie Stumpfbedingungen.

Am Prothesenschaft müssen Referenzpunkte markiert werden. Die Einstellsoftware verfügt über eine computerunterstützte Aufbauhilfe (Computer Assisted Alignment - CAA), diese schlägt für jede individuelle Versorgung einen passteilabhängigen und an den Prothesenträger angepassten Grundaufbau vor (Abb. 1) [9]. Entsprechend dem Vorschlag erfolgt der Grundaufbau der Prothese idealerweise in einem Prothetik-Aufbaugerät (Abb. 2).

Nachdem der Anwender zum ersten Mal die Prothese angelegt hat, wird mit der CAA eine statische Aufbaumessung durchgeführt. Die Einstellsoftware stellt den Kraftverlauf der Bodenreaktionskraft relativ zum Prothesenfuß und -kniegelenk sowie die Horizontalkraft dar und schlägt Nachjustierungen zur Optimierung der statischen Aufbausituation vor (Abb. 3 u. 4), zum Beispiel, ob der Prothesenschaft nach

anterior oder posterior verschoben werden oder die Fußstellung in der Sagittalebene verändert werden muss. Aus Sicht der Autoren ist es an dieser Stelle wichtig zum Ausdruck zu bringen, dass diese Vorschläge zur Aufbauoptimierung nichts mit einer fachlichen Bevormundung zu tun haben. Mithilfe der CAA ist der Orthopädie-Techniker durch das Sichtbarmachen der Bodenreaktionskraft vielmehr in der Lage, einen fundierten Prothesenaufbau unter Berücksichtigung aller anwenderspezifischen Parameter, aber auch unter Berücksichtigung der konstruktiven Merkmale der verwendeten Bauteile durchzuführen. Verfügt er nicht selbst über ein fundiertes biomechanisches Wissen, wird er die Kommentare der Einstellsoftware zu den vorgeschlagenen Aufbauänderungen nicht oder nur schwer umsetzen können.

Ein korrekter Prothesenaufbau ist aufgrund der vielen Freiheitsgrade eine komplexe Angelegenheit, die vielfach unterschätzt wird. Mit der Aufbauhilfe ist eine schnelle Ergeb-

niskontrolle möglich. Damit ist sichergestellt, dass für den Beginn jeder dynamischen Anprobe optimale Aufbaubedingungen geschaffen werden, damit letztendlich die Funktionen des Genium möglichst uneingeschränkt für den Anwender nutzbar sind.

Werden während der dynamischen Anproben Änderungen am Prothesenaufbau vorgenommen, muss selbstverständlich der statische Aufbau erneut am PC überprüft werden. Auf diese Art und Weise erhält man einen qualitätsüberprüften und jederzeit zu dokumentierenden Prothesenaufbau, der von technischer Seite die bestmögliche Funktionsweise der eingesetzten Passteile garantiert. Für den Techniker bedeutet dies eine effiziente und gegenüber dem Kostenträger stets nachweisbare Erfolgskontrolle.

Die Innovation des Genium-Versorgungssystems liegt damit nicht nur in den erweiterten Funktionen, sondern in der Idee, die eingesetzte Sensorik auch zur Qualitätskontrolle und Dokumentation zu nutzen. Die computerunterstützte Aufbauhilfe CAA ist ein Novum in der Beinprothetik und muss für die Branche wegweisend sein.

Nach Ende der einwöchigen Testversorgung sollte eine vergleichende Videodokumentation mit dem Genium-Testgelenk und dem bisherigen Kniegelenk erfolgen. Durch diese klinische Dokumentation soll visuell dargestellt werden, ob der jeweilige Anwender in der Lage ist, die erweiterten Funktionen des Genium effektiv zu nutzen und ob sich dadurch Gebrauchsvorteile bei der Teilhabe am täglichen Leben ergeben. Zusätzlich wurden spezielle Fragebögen entwickelt, die verschie-



Abb. 5 Langsames Gehen auf beengtem Raum.



Abb. 6 Schwungphase auf einer Schräge.

dene Situationen im Umgang mit einer Prothese beschreiben, zum Beispiel Gehen auf verschiedenen Untergründen, an Treppen, Rampen usw., sowie andere Aktivitäten, zum Beispiel in einer Menschenmenge stehen, Rückwärtsgehen oder das Ankleiden etc. mit einer Prothese [10]. Der Anwender dokumentiert hier vergleichend zu seinem bisher benutzten Kniegelenk, ob er wesentliche Gebrauchsvorteile durch das Genium-Versorgungssystem erfahren hat.

Funktionsvorteile

Die Wahrnehmungen und Gewichtungen der verschiedenen Anwender sind individuell und gestalten sich in der Wertung unterschiedlich. Grundsätzlich beschreiben alle Prothesenläufer, dass das Gehen mit dem Genium im Vergleich zu anderen mikroprozessorgesteuerten Kniesystemen leichter ist und sie deshalb weniger Energie benötigen beziehungsweise über mehr Aktivität verfügen. Die Begründung liegt in der verbesserten Steuerung der Schwungphasenauslösung.

Bei den bisher etablierten mikroprozessorgesteuerten Kniegelenken werden Eingangssignale wie das Biegemoment im Bereich des Knöchels (C-Leg) oder die Kräfteverhältnisse am Kniegelenk (Rheo-Knee, Orion usw.) und der Beugewinkel des Kniegelenks gemessen [8]. Im Vergleich dazu erfolgt diese Signalgebung beim Genium-Kniesystem nicht nur mit den üblichen zwei Sensoren, sondern mit sieben Sensoren. Durch die Einbeziehung dieser komplexeren Basisinformation wird die Schwungphase wesentlich präziser ausgelöst.

Eine notwendige Schwungphase wird auch dann erkannt, wenn der Anwender extrem langsam geht, zum Beispiel bei Rangierbewegungen auf beengtem Raum (Abb. 5), oder wenn er zusätzlich schwere Lasten trägt beziehungsweise entlastet, indem er sich auf einem Einkaufswagen abstützt. Zusätzlich differenziert das Genium-Kniesystem zwei verschiedene Schwungphasen, eine für das Gehen auf der Ebene und die andere für das Heruntergehen einer Schräge (Abb. 6). Im Gegensatz zur Steuerung auf der Ebene wird hier der Hydraulikwiderstand gegen das Einbeugen nicht abrupt für die Schwungphase freigegeben,

sondern wird kontinuierlich reduziert, sodass die noch unter Beugelastung stehende Prothese sanft die Bewegung freigibt. Für die Anwender ergibt sich dadurch ein spürbar leichteres Durchschwingen.



Abb. 7 Schwungphase mit Beugewinkel von ca. 65 Grad.

Die adaptive Schwungphasenregelung passt sich automatisch an unterschiedliche Kleidung und das Gewicht des Schuhwerks an. Im Regelfall versucht die Schwungphasensteuerung einen maximalen Kniewinkel von 65 Grad zu realisieren (Abb. 7). Bei mittleren und hohen Gehgeschwindigkeiten erfolgt die Begrenzung der Beugebewegung über einen hydraulischen Beugewiderstand. Erkennt das Genium, dass der voreingestellte Kniewinkel von zum Beispiel 65 Grad nicht erreicht werden wird, bleibt das Flexionsventil vollständig geöffnet. Das bedeutet den geringsten möglichen Flexionswiderstand und in dieser Situation die größte mögliche Bodenfreiheit [3, 9]. Durch die optimierte Schwungphasensteuerung haben die Anwender eine erhöhte Bodenfreiheit, dadurch reduziert sich das Stolperrisiko erheblich.

Einen weiteren großen Vorteil bietet die variable Stehfunktion. Sie blockiert das Gelenk gegen das Einknicken, sobald es sich in nicht ganz gestreckter Stellung befindet und ohne Bewegung belastet wird [9]. Durch die verstärkte Belastbarkeit der Prothese im Stand kommt es zu einer gleichmäßigeren Belastung des Bewegungsapparates (Abb. 8).

Die Standphasensteuerung des Genium verfügt noch über weitere neue Funktionen. Die Schwungphase endet mit einer leichten Vorflexion von vier Grad. Dadurch ist das Genium bei Fersenauftritt leicht gebeugt und unterstützt das

physiologische Gehen mit Standphasenflexion (Yielding). Der Prothesenfuß erreicht schneller den vollen Bodenkontakt, was für den Anwender zu einer erhöhten Stabilität und Sicherheit führt. Die Auf-



Abb. 8 Stehfunktion.

trittsbewegung der Ferse wird in eine Vorwärtsbewegung umgewandelt und der Auftrittsstoß auf diese Weise zusätzlich abgefedert. Damit der Anwender sich sicher fühlt, stellt das Genium für diesen Moment eine erhöhte Standphasendämpfung zur Verfügung. Trotz dieser Absicherung und obwohl es dem natürlichen Bewegungsablauf entspricht, macht es vielen Anwendern große Mühe, so mit der Prothese zu gehen. Die meisten Benutzer sind es immer noch gewohnt, in der beginnenden Standphase mit einer Streckbewegung des Oberschenkelstumpfs das Prothesenkniegelenk zu sichern. Auch heute noch existieren viele mechanische Gelenk Konstruktionen, die dieses Absichern gegen ein unvermitteltes Einknicken des Kniegelenks erfordern.

Im Gegensatz dazu muss ein Anwender, der mit einer Standphasenflexion nach natürlichem Vorbild gehen möchte, aufhören, mit dem Stumpf zu arbeiten, und darf mit diesem nicht aktiv sichern. Es ist nicht einfach, ein eingepprägtes Bewegungsmuster zu ändern, zumal es auch eine Überwindung gegen die neurophysiologische Steuerung ist. Ein kniebeugendes Moment fühlt sich für den Anwender zunächst unsicher an und er wird automatisch versucht sein, das Kniegelenk zu sichern. Dagegen muss er bewusst angehen. Ohne passgerechten Prothesenschaft ist ein Gehen mit Standphasenflexion ebenfalls



Abb. 9 Gebeugtes Auftreten an der Schräge.

nicht möglich oder zumindest sehr erschwert.

Hat der Amputierte bei Lastübernahme Schmerzen, wird er sich muskulär verblocken, um mit dem Stumpf möglichst wenig in den Schaft hinein zu rutschen. Das führt auch zu einer Anspannung der Hüftstreckmuskulatur. Unabhängig von der Gelenk Konstruktion wird dadurch die Einleitung einer Standphasenflexion verhindert. Aber auch der Prothesenaufbau kann eine Standphasenflexion verhindern – zum Beispiel ein zu weit rück- oder vorverlagerter Kniedrehpunkt oder ein Kombinationsfehler aus zu geringer Flexionsstellung des Schafts und zu geringer Rückverlagerung des Kniedrehpunkts. Das verdeutlicht, wie wichtig auch hier die im Genium erstmalig integrierte Aufbaukontrolle ist.

Diese sogenannte Preflex-Funktion, also das Aufsetzen der Prothese mit gebeugtem Kniegelenk, reduziert den Kraftaufwand beim Berghochgehen deutlich. Der Anwender ist nicht gezwungen, sich über die ab Beginn der Standphase im Kniegelenk gestreckte Prothese hinweg zu hebeln (Abb. 9). Die Steuerung des Genium erkennt auch das Rückwärtsgehen und stellt die benötigte Standphasendämpfung zur Verfügung. Das sichere Rückwärtsgehen entlastet das Bein der Gegenseite und ermöglicht das Bewältigen von typischen Alltagssituationen, zum Beispiel eine schwere Brandschutztür aufzuziehen oder beim Einkaufen einen vollen Einkaufswagen zu rangieren.

Mit dem Genium können die Anwender Hindernisse sicherer und mit weniger Kompensationsbewegungen übersteigen. Dafür wurde für das Kniesystem eine spezielle Hindernis- und Treppenfunkti-



Abb. 10 Übersteig-Modus.

on entwickelt. Der Prothesenläufer aktiviert diese Funktion situationsbedingt über ein definiertes Bewegungsmuster, das die Sensorik des Genium erkennt und die Funktion zur Verfügung stellt. Auch hier kommt die komplexere Sensorik dieses Systems deutlich zum Ausdruck. Durch eine ausgeprägte Hüftbeugung erhält der Anwender eine ausreichende Bodenfreiheit, um ein Hindernis zu überwinden (Abb. 10). Übernimmt der Anwender nach dem Überwinden des Hindernisses mit der Prothese wieder Körperlast, ist das Genium automatisch gegen das Einknicken gesperrt und die Standphase gesichert. Die gleiche Funktion kann vom Anwender auch für das alternierende Treppensteigen genutzt werden (Abb. 11).

Die meisten Anwender erlernen das Ausführen des angesprochenen Bewegungsmusters zur Ansteuerung der Über- oder Treppensteigfunktion relativ schnell. Liegt die Amputation schon einige Jahre zurück, fällt auf, dass die Anwender das Bewegungsmuster einer ausgeprägten Hüftbeugung auf der amputierten Seite neu erlernen müssen. Die Möglichkeit, dass ein Oberschenkelamputierter wieder alternierend eine Treppe hoch gehen kann, ist beeindruckend, steht aber für die meisten Anwender nicht im Vordergrund. Das alternierende Treppensteigen ist stark abhängig von der Stumpfbeschaffenheit (Stumpflänge, Stumpfmuskulatur, Hautverhältnisse) und der Qualität der Schaftversorgung. Der Stumpf muss folglich dieser Belastung gewachsen sein und der Anwender muss die richtige Technik erlernen.

Bei den endversorgten Genium-Anwendern, die diese Funktion konstant nutzen, fällt auf, dass das alternierende Treppen aufwärts Ge-

hen deutlich effizienter und kraftsparender wird, sobald sich eine Routine einstellt.

Voraussetzungen

Versorgungen mit dem Genium dürfen nur von Technikern vorgenommen werden, die dafür zertifiziert sind. Als Eingangsvoraussetzungen sind fünf Qualitätskriterien erforderlich. Diese umfassen nicht nur die persönliche Ausbildung, Fähigkeiten und Versorgungsroutine des Technikers, sondern stellen auch Ansprüche an die bauliche und technische Ausstattung der Werkstatt, wie das L.A.S.A.R. Posture und das PRO.S.A. Assembly Aufbaugerät. Zusätzlich muss eine enge Kooperation mit einem für das Genium geschulten Physiotherapeuten bestehen. Dies ist insofern wichtig, da die erweiterten Funktionen des Genium dem Anwender Bewegungsabläufe ermöglichen beziehungsweise unterstützen, die dem natürlichen physiologischen Gang deutlich näher kommen und mit der bisherigen Technik nicht möglich waren. Am Beispiel der geschilderten Erfahrungen beim Gehen mit Standphasenflexion oder dem alternierenden Treppensteigen wird deutlich, dass die Umsetzung neuer Funktionen für die Anwender ohne fachgerechte Anleitung nicht ein-

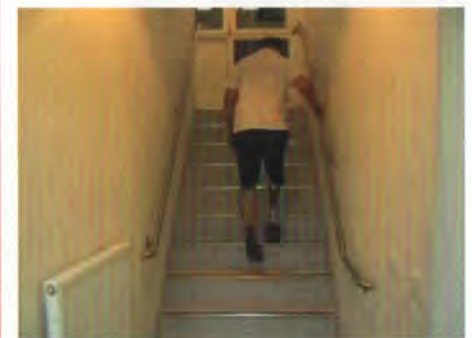


Abb. 11 Treppensteig-Modus.

fach zu erlernen ist. Der Hersteller fordert hier zu Recht ein hohes Maß an Eingangsvoraussetzungen zur Absicherung der Versorgungsqualität mit einem Genium-Kniegelenksystem.

Das wichtigste Bauteil einer Prothese – das wird gerade bei derart komplexen Versorgungsungen deutlich – ist jedoch immer noch der Prothesenschaft. Er stellt die Verbindung zwischen Mensch und Technik her. Nur mit einem passgerechten Schaft kann gewährleistet werden, dass die

Funktionsvorteile moderner Passteile dem Anwender zur Verfügung stehen und nicht durch Passformmangel oder einen fehlerhaften Prothesenaufbau unnötig eingeschränkt werden. Über die dafür notwendige Versorgungserfahrung, Betriebsausstattung und das notwendige Repertoire unterschiedlicher Schaftsysteme können nur die Orthopädie-Techniker verfügen, die sich auf die Anfertigung von Beinprothesen spezialisiert haben.

Kostenübernahme

Eine Überprüfung der indikativen Anforderungen für die Nutzung des Genium-Kniesystems sollte stets mit der Durchführung einer Testversorgung im beschriebenen Umfang einhergehen. Auf dieser Basis kann eine fundierte Beantragung einer Genium-Versorgung beim Kostenträger erfolgen. Hierbei ist es wichtig, möglichst objektiv die Gebrauchsvorteile des einzelnen Anwenders darzustellen. Auf der Grundlage von wissenschaftlichen Untersuchungen wurden hierfür objektive Beurteilungskriterien entwickelt [4, 5, 10]. Insgesamt haben sich sieben Beurteilungskriterien herauskristallisiert; vier davon sind sogenannte Leitkriterien. Mit deren Hilfe kann objektiv beurteilt werden, ob ein Anwender Gebrauchsvorteile erfährt und sich damit ein verbesserter Behinderungsausgleich einstellt [11].

Für die Kostenträger besteht auf diese Art eine gesicherte Indikationsstellung und durch die computerunterstützte Aufbauhilfe eine nachweisbare statische Messkontrolle für die gesicherte Funktion des Systems. Eine höhere Versorgungssicherheit kann es für einen Kostenträger bei einer Prothesenversorgung zurzeit kaum geben. Insgesamt ist jedoch auch der orthopädie-technische und betriebliche Aufwand im Vergleich zu den bisher auf dem Markt befindlichen mikroprozessorgesteuerten Kniegelenkssystemen wesentlich höher und kann nicht zu den gleichen Rahmenbedingungen erfolgen.

Fazit

Die meisten Genium-Anwender sind von den neuen Möglichkeiten des Gehens begeistert. Auffallend ist, dass bei den Bewertungen selbst kleinste Funktionsverbesserungen, die hier nicht alle im Detail beschrieben werden, Erwähnung finden. Die erweiterte Sensorik ermöglicht eine funktionsgerechtere und physiologischere Steuerung des Bewegungsablaufs.

Zwei von 30 Anwendern haben nach der Testversorgung keinen entscheidenden Vorteil für sich erkannt beziehungsweise konnten die Gebrauchsvorteile in ihrem Alltag nicht effektiv nutzen. Einer dieser zwei Anwender hat einen ein Drit-

tel langen Stumpf. Er ist mit einem Kniegelenk mit mikroprozessorgesteuerter pneumatischer Schwunghasensteuerung versorgt. Ihm hat im Ablauf der Schwunghasensteuerung die unterstützende Wirkung der Pneumatik gefehlt. Der zweite Anwender, der für sich keinen Vorteil gesehen hat, ist mit einem C-Leg versorgt, hat einen zwei Drittel langen Stumpf und kann sich nur schwer auf Veränderungen einstellen – sowohl beim Schaftsystem wie auch bei den Passteilen.

Insgesamt haben 28 von bisher 30 Testprobanden mit dem Genium deutliche Gebrauchsvorteile erlebt. In dieser Gruppe ist ein großes Spektrum der Amputationsvarianten vom Oberschenkel-Kurzstumpf bis zur Knieexartikulation enthalten. Entscheidend sind aus Sicht der Verfasser der seriöse Umgang in der Befundung sowie das klare und eindeutige Herausarbeiten der alltäglichen Gebrauchsvorteile.

Für den beinamputierten Prothesenträger können die funktionalen Zugewinne mit diesem neuartigen Kniesystem eine konsequente Verbesserung hin zu einer unbeschwerteren und verbesserten Teilhabe am täglichen Leben bedeuten.

Für die Autoren:

Olaf Gawron, OTM
Pohlig
Waldhofer Str. 98
69123 Heidelberg

Literatur:

- [1] Bellmann, M., T. Schmalz, S. Blumentritt: Funktionsprinzipien aktueller mikroprozessorgesteuerter Prothesenkniegelenke, *Orthopädie-Technik* 60 (2009), 297-303
- [2] Blumentritt, S., M. Bellmann: Potenzielle Sicherheit von aktuellen nicht-mikroprozessor- und mikroprozessorgesteuerten Prothesenkniegelenken, *Orthopädie-Technik* 61 (2010), 788-799
- [3] Blumentritt, S., M. Bellmann, E. Ludwigs, T. Schmalz: Biomechanik des mikroprozessorgesteuerten Prothesenkniegelenks Genium, *Orthopädie-Technik* 63 (2012), 24-35
- [4] Drerup, B., H. H. Wetz, K. Bitterle, R. Schmidt: Langzeitergebnisse mit dem C-Leg – Ergebnisse einer retrospektiven Studie, *Orthopädie-Technik* 59 (2008), 169-174
- [5] Drerup, B., H. H. Wetz, K. Tiemeyer, S. Schüling: Langzeitergebnisse mit dem C-Leg Kniegelenkssystem: Qualitätskontrolle der Indikationsstellung der Klinischen Prüfstellen, *Med. Orth. Tech.* 130 (2010), 7-16
- [6] Greitemann, B., C. Niemeyer, K. Lechler, A. Ludviksdottir: Verbesserung der Teilhabe durch ein mikroprozessorgesteuertes Kniegelenk – erste Erfahrungen einer Kohortenstudie, *Med. Orth. Tech.* 131 (2011), 90-101
- [7] Hafner, B. J., L. L. Willingham, N. C. Buell, K. J. Allyn, D. G. Smith: Evaluation of function, performance and preference as transfemoral amputees transition from mechanical to microprocessor control of the prosthetic knee, *Arch Phys Med Rehabil* 88 (2007), 207-217
- [8] Kampas, P., M. Bellmann, A. Weigl-Pollack: Das neue C-Leg und seine erweiterten Funktionen, *Orthopädie-Technik* 62 (2011), 722-727
- [9] Kampas P., M. Seyr: Technologie und Funktionsweise des Genium-Prothesenkniegelenks, *Orthopädie-Technik* 62 (2011), 898-903
- [10] Kannenberg, A., B. Zacharias, M. Mileusnic, M. Seyr: Sicherheit und Schwierigkeit von Aktivitäten des täglichen Lebens mit dem Genium im Vergleich zum C-Leg, *Orthopädie-Technik* 63 (2012), 21-27
- [11] Wetz, H. H., U. Hafkemeyer, J. Wühr, B. Drerup: Einfluss des C-Leg-Kniegelenk-Passteiles der Fa. Otto Bock auf die Versorgungsqualität Oberschenkelamputierter, *Orthopädie* 34 (2005), 298-319
- [12] Zahedi, S.: Bewertung und Biomechanik der intelligenten Prothese – Eine Zwei-Jahres-Studie, *Orthopädie-Technik* 46 (1995), 32-40

