



Bionisches Bein bewegt sich wie eine natürliche Gliedmaße - ohne bewusstes Denken

Ein neuartiges bionisches Bein ermöglicht Menschen mit Beinamputationen, mit vollständiger Steuerung durch Gehirn- und Rückenmarkssignale fast so schnell wie Menschen ohne Amputation zu laufen. Studie in Nature Medicine veröffentlicht.



Ein robotisches Bein, das vollständig vom Gehirn und Rückenmark gesteuert werden kann, hat sieben Menschen, die ein unteres Bein verloren hatten, ermöglicht, ungefähr so schnell zu gehen wie Menschen ohne Amputationen.

Das bionische Bein verwendet eine Computer-Schnittstelle, die Nervensignale aus den Muskeln im verbleibenden Teil des Beins verstärkt und es dem Träger ermöglicht, die Prothese mit eigenen Gedanken und natürlichen Reflexen zu bewegen.

In einer klinischen Studie mit 14 Personen konnten die

Teilnehmer mit dieser Schnittstelle um 41 % schneller gehen als diejenigen mit herkömmlichen robotischen Beinen. Sie hatten auch ein besseres Gleichgewicht und die Fähigkeit, ihre Geschwindigkeit zu ändern, Treppen zu steigen und Hindernisse zu überwinden. Die Ergebnisse wurden heute in *Nature Medicine* veröffentlicht¹.

„Dies ist die erste Studie, die natürliche Gangmuster mit einer vollständigen neuronalen Modulation zeigt, bei der das Gehirn der Person zu 100 % den bionischen Prothesenbefehl hat, nicht ein robotischer Algorithmus“, sagte Studienkoautor **Hugh Herr**, Biophysiker am Massachusetts Institute of Technology in Cambridge, bei einer Pressekonferenz zur Bekanntgabe der Ergebnisse.

„Obwohl das Bein aus Titan, Silikon und verschiedenen elektromechanischen Komponenten besteht, fühlt sich das Bein natürlich an und bewegt sich natürlich, ohne bewusstes Denken“, fügte er hinzu.

Herr hatte beide Beine amputiert, nachdem er 1982 bei einem Schneesturm beim Eisstehen am Mount Washington in New Hampshire festsaß. Er sagt, er würde in Zukunft die Schnittstellengeräte für seine Gliedmaßen in Betracht ziehen.

Muskel trifft Maschine

Die meisten bestehenden bionischen Kunstgliedmaßen verlassen sich auf voreingestellte Algorithmen, um Bewegungen zu steuern, und können automatisch zwischen vordefinierten Modi für verschiedene Gehbedingungen wechseln.

Fortschrittliche Modelle haben Menschen mit Amputationen geholfen, flüssiger zu gehen, zu rennen und Treppen zu steigen, aber der Roboter behält die Kontrolle über die Beinbewegung, nicht der Benutzer, und das Gerät fühlt sich nicht wie ein Teil des Körpers an.

Entschlossen, dies zu ändern, entwickelten Herr und seine

Kollegen eine Schnittstelle, die das robotische Bein mit Signalen aus den Nerven und Muskeln steuert, die nach der Amputation verbleiben.

Ihre klinische Studie umfasste 14 Teilnehmer mit Unterschenkelamputationen. Bevor sie das robotische Gerät trugen, wurden sieben von ihnen operiert, um Paare von Muskeln in den restlichen Abschnitten ihrer Beine miteinander zu verbinden.

Diese operative Technik, die eine agonistisch-antagonistische Myoneuralschnittstelle (AMI) schafft, zielt darauf ab, natürliche Muskelbewegungen neu zu erstellen, sodass die Kontraktion eines Muskels einen anderen dehnt. Dies hilft, Schmerzen zu lindern, Muskelmasse zu erhalten und den Komfort mit dem bionischen Bein zu verbessern².

Das bionische Bein selbst umfasst einen Prothesenknöchel, der mit Sensoren ausgestattet ist, sowie Elektroden, die an der Hautoberfläche befestigt sind. Diese erfassen elektrische Signale, die von den Muskeln an der Amputationsstelle erzeugt werden, und senden sie an einen kleinen Computer zur Dekodierung. Das Bein wiegt 2,75 Kilogramm, ähnlich dem durchschnittlichen Gewicht eines natürlichen unteren Beins.

Schnelle Verbesserungen

Um das System zu testen, übten die Teilnehmer jeweils insgesamt sechs Stunden lang mit ihren neuen bionischen Beinen. Dann verglichen die Forscher ihre Leistung bei verschiedenen Aufgaben mit der der sieben anderen Teilnehmer, die konventionelle Operationen und Prothesen erhalten hatten.

Die AMI erhöhte die Rate der Muskelsignale im Durchschnitt auf 10,5 Impulse pro Sekunde, verglichen mit etwa 0,7 Impulsen pro Sekunde in der Kontrollgruppe. Obwohl dies nur 18 % der Muskelimpulse in biologisch intakten Muskeln entspricht – etwa

60 Impulse pro Sekunde -, konnten die Teilnehmer mit AMI ihre Prothesen vollständig kontrollieren und gingen 41 % schneller als diejenigen in der Kontrollgruppe. Ihre Spitzengeschwindigkeiten entsprechen denen von Menschen ohne Amputationen beim Gehen auf ebener Strecke entlang eines 10 Meter langen Flurs.

„Ich fand es tatsächlich bemerkenswert, dass sie mit so wenig Lernen so gute Ergebnisse erzielen konnten“, sagt Levi Hargrove, Neurowissenschaftler an der Northwestern University in Chicago, Illinois. „Sie würden mit einer längeren Einarbeitungszeit, in der sie das Gerät tragen, noch mehr Nutzen sehen.“

Die Forscher testeten auch, wie gut die Teilnehmer verschiedene Situationen bewältigen konnten, darunter Gehen auf einem Boden mit einer Neigung von 5 Grad, Treppensteigen und Hindernisse überwinden. In allen Szenarien zeigten AMI-Benutzer ein besseres Gleichgewicht und schnellere Leistung als Personen in der Kontrollgruppe.

„Es gibt dem Benutzer eine so hohe Flexibilität, die dem biologischen Bein viel näher kommt“, sagt Tommaso Lenzi, Biomedizintechniker an der University of Utah in Salt Lake City.

Natürliche Erfahrung

Die Technologie bietet neuen Hoffnung für Menschen mit Amputationen, die ein natürliches Gehen wiedererlangen möchten. „Menschen, die eine Amputation haben, möchten die Kontrolle über ihre Gliedmaßen behalten. Sie möchten das Gefühl haben, dass das Glied ein Teil ihres Körpers ist“, sagt Lenzi. „Diese Art der neuronalen Schnittstelle ist notwendig, um das zu schaffen.“

Verbesserungen am Design des Beins könnten das Gewicht reduzieren und die Oberflächenelektroden optimieren, die

empfindlich für Feuchtigkeit und Schweiß sind und möglicherweise nicht für den täglichen Gebrauch geeignet sind, sagt Lenzi. Zukünftige Studien werden erforderlich sein, um zu testen, ob das Gerät mit anspruchsvolleren Aktivitäten wie Sprinten und Springen umgehen kann.

Herr sagt, sein Team suche bereits nach Möglichkeiten, die Oberflächenelektroden durch kleine implantierte magnetische Kugeln zu ersetzen, die die Muskelbewegungen genau verfolgen können.

Diese Studie „liefert die Grundlage, die wir benötigen, um diese dann in klinisch tragfähige Technologien und Lösungen für alle mit einer Amputation zu übersetzen“, sagt Lenzi.

1. Song, H. *et al. Nature Med.*
<https://doi.org/10.1038/s41591-024-02994-9> (2024).

Artikel
Google Scholar

2. Srinivasan, S. *et al. Proc. Natl Acad. Sci. USA* **188**, e2019555118 (2021).

Artikel
Google Scholar

Referenzen herunterladen

Besuchen Sie uns auf: natur.wiki