

Dialog

ottobock.

Magazin für Techniker, Ärzte und Therapeuten

Sonderausgabe zum Thema TMR

Selektiver Nerventransfer

zur intuitiven Steuerung
von Armprothesen

Univ. Prof. Dr. Oskar Aszmann

im Interview

Die Bedeutung der Therapie für TMR

Die Bestandteile der TMR-Prothese

Der Schaft als Schlüssel

Ein TMR-Anwender

im Interview

Quality for life

Selektiver Nerventransfer zur intuitiven Steuerung von Armprothesen

Ziel einer TMR-Versorgung ist die Erzeugung simultaner Bewegungsabläufe per intuitiv gesteuertem Muskelsignal

Targeted Muscle Reinnervation (TMR) beschreibt eine bewährte Behandlungsmethode nach Amputation des Oberarms oder einer Schulterexartikulation. Im Rahmen eines operativen Eingriffs erhalten Nerven, die zuvor der Steuerung der fehlenden Gliedmaße dienten, eine neue Funktion. Indem die Nerven mit Muskeln in intakten Körperbereichen neu verbunden werden, erhält der Patient die Möglichkeit, seine spätere Armprothese per „Gedanken-Signal“ zu steuern und so mehrere Bewegungsabläufe gleichzeitig, schnell und intuitiv zu vollziehen. Nach entsprechen-

dem Training gelingt es dem Patienten, Bewegungen der Hand, des Handgelenks und des Ellenbogens gleichzeitig durchzuführen. Werden Bewegungsabläufe bei konventionellen Armprothesenversorgungen nacheinander mittels zweier Muskelsignale kontrolliert, erlaubt die TMR-Versorgung die Steuerung von bis zu 6 simultanen Bewegungsabläufen. Für den Anwender bedeutet die Versorgung mit einer TMR-Prothese nicht nur eine erhebliche Zeitersparnis, sondern auch ein Höchstmaß an Unabhängigkeit im Alltag.



TMR-Prothese (DynamicArm Plus)	Herkömmliche myoelektrische Prothese (Dynamic Arm)
Steuerung durch bis zu 6 Muskeln (6 Elektroden)	Steuerung durch 2 Muskeln (2 Elektroden)
Die Prothese wird mit bis zu 6 Signalen gesteuert.	Die Prothese wird immer durch zwei Signale gesteuert.
Jeder der 6 involvierten Muskeln steuert eine der 6 Prothesenbewegungen:	Zwei Muskeln steuern 6 mögliche Prothesenbewegungen:
<ul style="list-style-type: none"> · Gleichzeitige Steuerung von mehreren Bewegungen · Schnellere Ausführung kombinierter Bewegungsabläufe · Einfache, intuitive Prothesensteuerung 	<ul style="list-style-type: none"> · Bewegungen finden nacheinander statt · Ein Umschalten (z.B. durch kurzes Anspannen beider Muskeln) in das gewünschte Gelenk ist notwendig · Aufeinanderfolgende Prothesenbewegungen und damit eine deutlich verzögerte Durchführung komplexer Bewegungsabläufe
Natürliches und intuitives Bewegungsmuster	
Behandlung bzw. Vermeidung von Neuromschmerzen. Einer Neuromneubildung wird durch das Transferieren der Nerven entgegengewirkt.	
Das Tragen einer myoelektrischen Prothese kann Phantomschmerzen reduzieren.	Das Tragen einer myoelektrischen Prothese kann Phantomschmerzen reduzieren.
Eine TMR-Operation kann zu einer weiteren Reduktion von Phantomschmerzen führen	

o Geschichte der TMR-Versorgung

Seit 2006 kooperiert Ottobock mit dem Bereich Forschung & Entwicklung des RIC – Rehabilitation Institute of Chicago. Die bahnbrechende Methode des selektiven Nerventransfers wurde von dem Arzt und Biomedizin-Ingenieur Todd Kuiken entwickelt und 2002 erstmals vom plastischen Chirurgen Gregory Dumanian in den USA durchgeführt.

Als Ergebnis der Zusammenarbeit präsentierte Ottobock Ende 2007 in Wien und 2008 in Deutschland der Öffentlichkeit erstmals den weltweit viel beachteten Durchbruch im Bereich der Medizintechnik: eine gedankengesteuerte TMR-Armprothese.

Seit 2010 werden TMR-Patienten von Ottobock standardmäßig mit dem DynamicArm Plus versorgt.

Am 1.1.2012 startete das Christian Doppler Labor, eine Kooperation zwischen der medizinischen Universität in Wien und Ottobock. Einschlägige Forschung wird in diesem Bereich vorangetrieben.

Die TMR-Bestandteile

Überblick über die verschiedenen Komponenten einer TMR-Prothese



- 1 Individueller TMR-Schaft mit Elektroden (13E200) oder (13E202)
- 2 DynamicArm Plus (12K110N=50)
- 3 Elektro-Dreheinsatz (10S17)
- 4 MyoHand Vari PlusSpeed (8E38=L/R)
- 5 Bei Amputationen auf Schulterniveau: Gelenk MovoShoulder Swing (12S6)

Einstellen der Prothese
Zum Einstellen der Prothese bedarf es der Einstellsoftware ElbowSoft TMR sowie den Anycom Bluetooth Adapter (6)

Signaltraining
Für das Signaltraining vor der finalen prothetischen Versorgung wird die ElbowSoft TMR verwendet.

Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile – das TMR-Team stellt sich vor

Team Wien



Univ. Prof. Dr. Oskar Aszmann
Leiter des Christian Doppler Labors für Extremitätenrekonstruktion und Rehabilitation



Agnes Sturma
Physiotherapeutin, Christian Doppler Labor



Michael Tollhammer
Orthopädietechniker, Ottobock



Birgit Bischof
Physiotherapeutin und TMR-Expertin, Ottobock



Michaela Buhl
Kordinatorin und Ansprechpartnerin internationale Aktivitäten, Ottobock



Dr. Christian Hofer
Kordinator klinische Forschung, Ottobock

Team Duderstadt



Yvonne Begau
Kordinatorin und Ansprechpartnerin für D, AUT, CH, Ottobock



Heiko Förster
Orthopädietechniker, Ottobock



Marc Schenke
Orthopädietechniker, Ottobock



Erik Andres
Orthopädietechniker, Ottobock



Daniela Wüstefeld
Ergotherapeutin, Ottobock

☉ Kontakt und Erstinformation

Für eine professionelle Begleitung des Patienten durch den TMR-Prozess bitten wir Sie, als Erstkontakt die TMR-Koordinatorin Michaela Buhl unter tmr@ottobock.com zu kontaktieren.

☉ Organisatorischer Ablauf

Nach einer ersten Kontaktaufnahme werden die Interessenten an das nächstgelegene TMR-Zentrum vermittelt (internationale Patienten nach Wien). Nach einem Erstgespräch mit Untersuchung wird gemeinsam mit dem Arzt und dem interdisziplinären Team der weitere Versorgungsablauf festgelegt.

www.tmr-rehabilitation.info

„Wir erkennen Bewegungsmuster“

Univ. Prof. Dr. Oskar Aszmann gibt einen Blick in die Zukunft der Armprothetik



Welche Forschungsprojekte stehen in näherer Zukunft im Mittelpunkt?

Aszmann: Klarer Fokus ist die Arbeit an TMR (Targeted Muscle Reinnervation). Diese revolutionäre Entwicklung ermöglicht dem Anwender intuitive, schnellere und präzisere Bewegungen mit der Armprothese. Außerdem können erstmalig in der Geschichte der Prothesenentwicklung mehrere Gelenke simultan bewegt werden.

Wie kann das funktionieren?

Aszmann: Durch die Steuerung der Prothese mit jenen Nerven, die ursprünglich den amputierten Arm versorgt haben. Für eine TMR-Armprothese ist eine vorbereitende Operation – der selektive Nerventransfer – notwendig.

Wie sieht die fernere Zukunft aus?

Aszmann: Ein weiteres Forschungsprojekt im Christian Doppler Labor, das auf eine noch stärkere Annäherung an die natürliche Armbewegung abzielt, ist die Erkennung individueller Muskelaktivitätsmuster, die einer gewünschten Körperbewegung des Anwenders entsprechen.

Dafür wird auf dem Amputationsstumpf eine Matrix von Myo-Sensoren platziert und die gemessenen Signale einem Mikrocontroller oder PC zugeführt. Hier werden diese Informationen von Signalverarbeitungsprozeduren dekodiert und verschiedene Aktivitätsmuster erkannt – auch bekannt als „Pattern Recognition“. Die erzeugten Muskelkontraktionen können damit den gewünschten Bewegungen zugeordnet werden. Die Ergebnisse der „Pattern-Recognition-Verarbeitung“ werden zur Prothese als Bewegungsvorgabe weitergeleitet. Das heißt, die Prothese erkennt, wenn der Anwender beispielsweise die Hand öffnen möchte, und führt diese Bewegung aus. Eine höhere Funktionalität und Verlässlichkeit sind die entscheidenden Vorteile dieses Systems. Es beschleunigt außerdem den Versorgungsprozess und vereinfacht die Prothesensteuerung für den Anwender maßgeblich.

Wie funktioniert das genau?

Aszmann: Bevor der Anwender die Prothese verwendet, muss diese zunächst „lernen“, die Intention des Anwenders zu erkennen. Dazu wird, nach dem Anlegen der Prothese, eine Set-up-Routine durchlaufen. Es werden entsprechend einer Vorgabe bestimmte Bewegungen mit der nicht mehr vorhandenen Extremität ausgeführt und die dabei entstehende Muskelaktivität gemessen. Die für jede Bewegung spezifischen Aktivitätsmuster werden gespeichert und damit die Prothese individuell angepasst. Während der Anwendung der Prothese im Alltag wird die Muskelaktivität mit den erlernten Mustern verglichen und bei Übereinstimmung die entsprechende Bewegung von der Prothese ausgeführt. Mithilfe dieser Muster kann dann die Hightech-Prothese individuell angepasst werden. Derzeit ist dieses System experimentell im Einsatz, jedoch kann spätestens in eineinhalb Jahren mit einem Einsatz in der Praxis gerechnet werden.

Hintergrundinformation

Das Christian Doppler Labor für Wiederherstellung von Extremitätenfunktionen

Die Christian Doppler Forschungsgesellschaft ist ein Verein, der die gemeinsame Forschung von Unternehmen und Universitäten, Fachhochschulen und Forschungseinrichtungen fördert. Wissenschaft und Wirtschaft sind gleichwertige Partner, die innovative Entwicklungen vorantreiben. OttoBock ist Unternehmenspartner des Labors für Wiederherstellung von Extremitätenfunktionen, das von Univ. Prof. Dr. Oskar Aszmann geleitet wird.

Das Forschungsziel ist die verbesserte Integration prothetischer Systeme in das Körperbild betroffener Patienten, um ihnen ein weitgehend unabhängiges Leben zu ermöglichen. Die TMR-Prothese ist ein Ergebnis dieser erfolgreichen Zusammenarbeit.

Die Bedeutung der Therapie für TMR



„Die therapeutische Betreuung bis zur Versorgung mit einer optimal angepassten Prothese ist unbedingt notwendig. Ohne begleitende Therapie und Rehabilitationsmaßnahmen kann das Potenzial der Prothese nicht ausgeschöpft werden.“

Birgit Bischof, Physiotherapeutin und TMR-Expertin bei Ottobock

Die Therapie im Rahmen einer TMR-Versorgung ist deutlich umfangreicher als bei einer herkömmlichen prothetischen Versorgung. Sie gliedert sich in 5 Rehabilitationsstufen und verlangt neben einschlägigem Wissen der oberen Extremität ein gutes Verständnis des TMR-Prozesses, technisches Know-How und intensive interdisziplinäre Zusammenarbeit.

„Der Rehabilitationsprozess einer TMR-Versorgung erstreckt sich über mehrere Monate bis Jahre und verläuft je nach Patient sehr individuell. Dieses macht jedes Therapietraining zur spannenden Herausforderung und in enger Kooperation mit Orthopädietechniker und Arzt entsprechend erfolgreich. Um einen TMR-Patienten optimal zu trainieren, ist viel Erfahrung mit Prothesenanwendern der oberen Extremität nötig, aber auch ein spezifisches Wissen der funktionellen Anatomie hilfreich.“

Birgit Bischof

5 Rehabilitationsstufen im Überblick:

Stufe 0 – OP Vorbereitung

Hier ist die Therapeutin in die medizinische Untersuchung eingebunden. Mithilfe verschiedener Tests wird die aktuelle Prothesenversorgung therapeutisch beurteilt und der Patient auf die bevorstehende TMR-OP vorbereitet.

Stufe 1 – Reinnervation (OP bis zur ersten Muskelaktivität)

Die Therapie unterstützt die Wundheilung vor allem durch Ödembehandlung und Schmerzmanagement. Zusätzlich wird allgemeines körperliches Training durchgeführt (Koordinations- & Gleichgewichtstraining, Krafttraining und Verbesserung der Mobilität). Erste TMR-spezifische Übungen wie Bewegungsvorstellung, Mentaltraining zur Unterstützung der kortikalen Repräsentation des nicht existierenden Armes und dessen Bewegungen sowie aktive bilaterale Bewegungsmuster großer Muskelketten ergänzen die Therapie.

Stufe 2 – Signaltraining (Verbesserung der neuromuskulären Kontrolle)

In dieser Phase wird insbesondere an der Verbesserung der neuromuskulären Kontrolle der neuen Zielmuskeln gearbeitet. Gemeinsam mit dem Patienten werden spezifische, dem transferrierten Nerven entsprechende Bewegungen eingeübt, die Separation aller Signale trainiert sowie die optimale Elektrodenposition (Hotspot) je Muskel definiert. Dieses unterstützt den Orthopädietechniker beim Definieren der Elektrodenpositionen im Schaft. Therapie- und Testschäfte vereinfachen das Training. Das „Signaltraining“ ist die längste aller Rehabilitationsstufen und sehr entscheidend für die erfolgreiche TMR-Versorgung.

Stufe 3 – Prothesenversorgung

Nach Definieren der endgültigen Elektrodenposition aller reinnervierten Muskeln und erfolgreichem Signaltraining für die Ableitung der Steuersignale von den innervierten Muskeln erfolgt die finale Prothesenversorgung durch den Orthopädietechniker. Danach wird das Ansteuern der Prothese nach einem schrittweise aufgebauten Trainingskonzept mit dem Anwender erlernt.

Stufe 4 – Qualitätskontrollen

Nach der erfolgreichen TMR-Versorgung sichern regelmäßige Kontrolltermine unter Einbeziehung des gesamten interdisziplinären Teams den langfristigen Erfolg.

Der Schaft als Schlüssel für eine funktionierende TMR-Prothese

Die Rolle des Orthopädietechnikers im Zuge der TMR-Versorgung – ein Überblick



„Eine TMR-Versorgung ist aus orthopädietechnischer Sicht die komplexeste Versorgung am Markt.“

Hans Oppel,
OTH Döbling GmbH

Eine entscheidende Herausforderung bei TMR-Versorgungen liegt in der optimalen Schaftanpassung. Bis der Patient seinen finalen Prothesenschaft tragen kann, bedarf es zahlreicher Trainings- und Testschäfte. Maximal 6 Elektroden müssen in einem Prothesenschaft Platz finden. Oftmals liegen die Signalpositionen dicht nebeneinander – somit sind hier Präzision und handwerkliches Geschick des Orthopädiefachmanns gefragt.

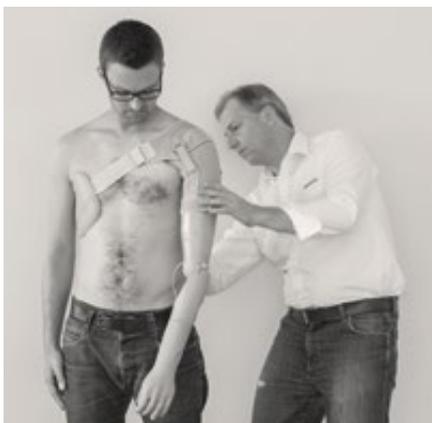
Die TMR-Versorgung ist aus Sicht des Orthopädietechnikers die komplexeste am Markt. Man unterscheidet zwischen 3 verschiedenen Versorgungen:

- 1 Therapieschaft
- 2 Testschaft
- 3 Definitivversorgung

Therapieschäfte ermöglichen dem Therapeuten eine flexible Ausrichtung der Elektroden entlang der Muskeln. Während der Phase des Einwachsens der Nerven (Reinnervation), kann sich die Position der Elektroden verändern. Bei Bedarf kann der Therapeut die Elektroden, die entlang eines Gurtes angebracht sind, einfach und unkompliziert repositionieren.

Testschäfte bereiten den Patienten optimal auf die definitive Versorgung vor. Der lange Rehabilitationsprozess wird zusätzlich genutzt, um die Anwender an das Prothesengewicht, vor allem bei Schulterexartikulation, zu gewöhnen. Das Gewicht wird am Testschaft Schritt für Schritt erhöht. Positiver Nebeneffekt ist, dass der steigende Masseausgleich muskulären Dysbalancen entgegenwirkt. Körperliche Folgeschäden aufgrund von Fehlhaltungen wird somit entgegengewirkt.

Die Prothese kann bis zu 4 kg wiegen. Jetzt beginnt der Anwender das Training mit der Prothese. Ist der Anwender austherapiert, wird der finale Schaft angepasst.



„Eine ideale orthopädische Versorgung kann nur erfolgen, wenn der Therapeut zuvor hochwertige Arbeit geleistet hat. Teamwork ist das Wichtigste.“

Hans Oppel

„Die Prothese ist eine gute Unterstützung im Alltag.“

Dank seiner positiven Einstellung und seiner Ausdauer meisterte Robert S. nach einem schweren Verkehrsunfall seinen Weg zurück ins Leben. Mit Hilfe seiner Arm- und Beinprothese kann der Bäckermeister seinen früheren Beruf wieder ausüben.

Robert, Sie tragen eine Arm- und eine Beinprothese. Was ist Ihnen passiert?

Robert S.: Vor acht Jahren war ich mit meinem Lieferwagen unterwegs, als ich mich plötzlich aus unerklärlichen Gründen auf der Gegenfahrbahn wiederfand. Dann krachte ich bereits mit einem anderen Fahrzeug zusammen.

Welche Folgen hatte der Unfall?

Robert S.: Mein linker Fuß und mein linker Arm wurden im Zuge des Unfalls abgetrennt. Ich war bei vollem Bewusstsein und erlebte alles mit. Ich erinnere mich den Notarzt gefragt zu haben, wie ich zwei kleine Kinder ohne Arm und Fuß versorgen solle. Nach zwei Wochen Tiefschlaf wachte ich im Krankenhaus auf und weitere drei Tage später stand ich das erste Mal neben meinem Bett – auf einem Fuß.

Wie kamen Sie mit der neuen Situation zurecht?

Robert S.: Im Großen und Ganzen passte ich mich schnell an. Klar erlebte ich immer wieder Rückschläge und war eingeschränkt. Vor allem, wenn ich mit Alltagssituationen konfrontiert war, die vorher keine Schwierigkeiten bereiteten.

Wie lange dauerte es, bis sich in Ihrem Leben wieder Normalität einstellte?

Robert S.: Das ging bei mir, wie auch schon alles andere, recht schnell. Nach zehn Wochen Reha-Aufenthalt begann ich übergangslos zu arbeiten. Vor allem mit der Fußprothese bin ich dabei an meine Grenzen gestoßen und musste häufiger Pausen einlegen. Oft zog ich die Prothese aus und arbeitete dann aus dem Rollstuhl.

Im Alltag tragen Sie die Targeted-Muscle-Reinnervation-Armprothese (TMR) – wie kam es dazu, dass Sie mit dieser neuartigen Prothese versorgt wurden?

Robert S.: Ich wurde als Testanwender von Ottobock auf dieses Thema angesprochen. Prof. Aszmann bot mir sofort einen Operationstermin an. Die Narkose setzte mir ordentlich zu, aber das nahm ich gerne in Kauf.

Sie nutzen diese Prothese im Alltag. Können Sie schon jetzt einen Unterschied spüren?

Robert S.: Mit der Armprothese bin ich voll und ganz zufrieden. Weil das Umschalten wegfällt, gelingt jede Bewegung schneller als mit meiner früheren Armprothese. Das ist im Alltag eine große Erleichterung. Ein Beispiel ist das Zahlen beim Einkauf an der Kasse. Früher bildete sich hinter mir stets eine Schlange, bis ich meine Prothesenhand richtig positioniert hatte. Es dauerte eine gefühlte Ewigkeit, die Geldbörse in die Hand zu klemmen, das Geld herauszunehmen und der Kassiererin zu überreichen. Heute passiert mir das nicht mehr. Die Bewegungen gelingen rasch und fließend. Natürlich ist die Prothese nicht vergleichbar mit einem gesunden Fuß oder Arm. Die Prothesen sind dennoch eine große Unterstützung im Alltag, die ich nicht missen möchte. Mit der Armprothese trage ich z.B. Einkäufe und habe dann die rechte Hand frei, um die Tür aufzuschließen.

Wie gestaltet sich das tägliche Leben mit den Prothesen in Beruf und Freizeit?

Robert S.: Die Arbeit in der Backstube ist für den Körper und auch für die Prothesen eine Herausforderung, da ich bei hohen

Temperaturen viel stehen muss. So oft es geht, versuche ich zu gehen oder mich hinzusetzen. Damit das Arbeiten für mich als Prothesenträger nicht zur Dauerbelastung wird, ist eine optimale Prothesenversorgung Voraussetzung. In meiner Freizeit erlebe ich fast keine Einschränkungen – ich gehe mit meiner Familie weiterhin zum Wandern und Skifahren. Als Ersatz für das Motorradfahren auf Rennstrecken, das ich leider aufgeben musste, habe ich mir einen Sportwagen angeschafft. Das macht mir genauso viel Spaß!



Über den TMR-Prothesenträger

Robert S. ist 43 Jahre alt und lebt in Niederösterreich. Er ist verheiratet, Vater zweier Kinder und leitet als Bäckermeister seinen eigenen Betrieb mit 28 Mitarbeitern. Seine Freizeit verbringt er mit seiner Familie in der Natur und beim Sport.

TMR-Versorgungskreislauf

