

Forschungsaktivitäten An-Institut für Neurorehabilitation

(04/2017-12/2020)

1.1 Forschungsprojekte – Eigenmittel

Im Rahmen der neurologischen Rehabilitation in den MEDIAN Kliniken NRZ Magdeburg und Flechtingen werden routinemäßig standardisierte Assessments zur Einschätzung des körperlichen und geistigen Funktionsniveaus der Patienten eingesetzt und unter spezifischen Fragestellungen ausgewertet. Im Folgenden werden die verschiedenen Sekundärdatenanalysen vorgestellt.

1.1.1 ICF-basierte Auswertung leitlinienorientierter Reha-Assessments im Verlauf der stationären neurologischen Rehabilitation nach Schlaganfall

Hintergrund: Zur Einschätzung der funktionalen Gesundheit des Patienten sollte die rehabilitationsspezifische Diagnostik gemäß den Leitlinien ICF-orientiert erfolgen. Da die ICF als Klassifikations- und Ordnungssystem kein Assessmentinstrument zur Feststellung von Funktionszuständen ist, müssen für die Erfassung der verschiedenen ICF-Domänen standardisierte Messinstrumente eingesetzt werden. Diese legen den Grundstein für die Planung alltagsrelevanter Therapieziele. Eine zentrale Frage besteht darin, ob und inwieweit sich die einzelnen ICF-Bereiche der funktionalen Gesundheit im Verlauf der neurologischen Rehabilitation in vergleichbarem oder unterschiedlichem Maße verändern. Diese Frage soll anhand der Auswertung routinemäßig eingesetzter Assessments im Verlauf der Rehabilitation nach Schlaganfall untersucht werden.

Methode: Im Rahmen der Eingangs- und Entlassdiagnostik wurden in den MEDIAN Kliniken NRZ Magdeburg und Flechtingen für 186 Schlaganfallpatienten die Befunderhebungen verschiedener ICF-Ebenen ausgewertet. Die ICF-Domäne „Aktivität“ wurde mit dem Barthel-Index (globale Alltagsfähigkeit), dem Rivermead sowie den Functional Ambulation Categories (Lokomotion) abgebildet, die „Funktionsebene“ mit dem Motricity-Index und dem Trunk Control Test. Bei der Auswertung wurden die Rehabilitationsphase sowie das Alter und das Geschlecht berücksichtigt.

Stichprobe: N=186; 55 % männlich; Durchschnittsalter: 63 Jahre; Reha-Phase: 13 % Phase B, 20 % Phase C, 67 % Phase D

Ergebnisse: Unabhängig von Alter, Geschlecht und Reha-Phase verbesserte sich die funktionale Gesundheit in den ICF-Domänen im Verlauf der stationären Rehabilitation signifikant. Einzige Ausnahme bildete der Barthel-Index, der nur in Phase C eine signifikante Verbesserung zeigte. Die Stärke der Effekte in den einzelnen ICF-Domänen variierte in Abhängigkeit von der Reha-Phase, war in Phase B allerdings stets am größten.

Schlussfolgerungen: Die ICF-Domänen stehen in Wechselwirkung zueinander. Es können jedoch keine Kausalitäten abgeleitet werden. Verbesserungen in den „Körperfunktionen“ im Verlauf der medizinischen Rehabilitation müssen nicht notwendigerweise mit einer signifikanten und klinisch relevanten Verbesserung der „Aktivitäten“ im Sinne des ICF-Modells einhergehen. Es bleibt zu prüfen, inwieweit diese Ergebnisse auf methodische Limitationen einzelner Assessments zurückzuführen sind. So treten beim Barthel-Index häufig Boden- und Deckeneffekte auf. Weiterhin müssen bestimmte Funktionsverbesserungen nicht zwangsläufig für die Ausübung spezifischer Alltagsaktivitäten von Relevanz sein. Eine zukünftige Prüfung wird notwendig sein, um belastbare Aussagen zum Rehabilitationserfolg in den unterschiedlichen Phasen treffen zu können.

Status: abgeschlossen mit Vorträgen und zitierfähigen Abstracts

1.1.2 Prävalenz und Art der kognitiven Störungen in der postakuten Rehabilitation nach Schlaganfall

Hintergrund: Kognitive Störungen treten bei Schlaganfallpatienten häufig auf. Dabei können das Ausmaß und die Art der Einschränkung einer großen Variabilität unterliegen und mit erheblichen Einbußen in der Lebensqualität und der Teilhabe einhergehen. Kognitive Funktionsstörungen können sich auch indirekt, beispielsweise aufgrund von Antriebs- oder Wahrnehmungsstörungen, auf die Therapieadhärenz auswirken und damit zudem die funktionelle Wiederherstellung verzögern. Bisher gibt es nur sehr wenige Studien, die einen Überblick zu den Kognitionsstörungen bei Schlaganfallpatienten geben, so dass über die Ableitung geeigneter rehabilitativer Therapien sowie zum Nachweis einer entsprechenden Wirksamkeit nur wenig gesicherte Erkenntnisse vorliegen. Ziel der vorliegenden Untersuchung ist die Darstellung der kognitiven Einschränkungen bei Schlaganfallpatienten in den Bereichen Auf-

merksamkeit, Exekutivfunktionen und Gedächtnis unter Berücksichtigung des Alters, des Geschlechts sowie dem Ort der Schädigung.

Folgende Forschungsfragen sollten beantwortet werden:

- a) Welche kognitiven Einschränkungen dominieren bei Schlaganfallpatienten?
- b) Gibt es Alters- und Geschlechtsunterschiede in den kognitiven Einschränkungen?
- c) Gibt es Unterschiede in den kognitiven Einschränkungen in Abhängigkeit vom Ort der Schädigung?

Methode: Im Rahmen der Eingangsdiagnostik wurden in den MEDIAN Kliniken NRZ Magdeburg und Flechtingen 235 Schlaganfallpatienten hinsichtlich ihrer kognitiven Einschränkungen untersucht. Die Aufmerksamkeitsfunktionen allgemeine Aufmerksamkeitsaktivierung (tonisch, phasisch), Verarbeitungskapazität (auditiv, visuell) sowie die Daueraufmerksamkeit wurden mit der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) erhoben. Zur Einschätzung der Gedächtnisleistung wurden das Inventar zur Gedächtnisdiagnostik (IGD), die Wechsler Memory Scale (WMS) sowie der Complex Figure Test (CFT) verwendet. Die exekutiven Leistungen wurden – neben der TAP – mit dem Regensburger Wortflüssigkeitstest (RWT) überprüft. Entsprechend den Vorgaben der Erhebungsinstrumente wurden die Rohwerte in Prozentränge überführt und in unterdurchschnittlich vs. durchschnittlich kategorisiert.

Stichprobe: N=235; 64 % männlich; Durchschnittsalter: 52 Jahre; Reha-Phase: 6 % Phase C, 42 % Phase D, 52 % Phase D+E; Ort der Schädigung: 45 % rechte Gehirnhälfte, 47 % linke Gehirnhälfte, 8 % beidseitig

Ergebnisse: Die drei Forschungsfragen (siehe oben) können wie folgt beantwortet werden:

- a) Es zeigte sich, dass die Aufmerksamkeitsfunktionen vor allem in den Bereichen der Daueraufmerksamkeit (tonisch und phasisch: jeweils 50 % unterdurchschnittlich) sowie der geteilten Aufmerksamkeit (47 % unterdurchschnittlich) beeinträchtigt waren. Bei der Gedächtnisleistung „Wiedererkennen“ und der kognitiven Flexibilität (Exekutivfunktion) lagen 42 % der untersuchten Patienten unter dem Durchschnitt.
- b) Geschlechtsunterschiede wurden im Gedächtnistest beobachtet. Hier erreichten die Männer in allen Subtests signifikant schlechtere Werte. Altersunterschiede zeigten sich im Bereich der kognitiven Flexibilität, die bei älteren eingeschränkter ist.

c) Es bestanden keine Unterschiede in den kognitiven Einschränkungen in Abhängigkeit vom Ort der Schädigung.

Schlussfolgerungen: Zu Beginn der Rehabilitation zeigte die Hälfte der untersuchten Schlaganfallpatienten deutliche Einschränkungen in verschiedenen kognitiven Funktionsbereichen. Diese sind bei der Gestaltung und Planung der Therapien, insbesondere auch bei der Wiederherstellung der motorischen Funktionsdefizite, zu berücksichtigen und sollten integraler Bestandteil des Rehabilitationskonzeptes sein. Wichtig sind zukünftig vor allem auch Verlaufsdaten und Zusammenhangsanalysen von kognitiven und motorischen Einschränkungen, um Therapiekonzepte weiterzuentwickeln und bedarfsgerecht anwenden zu können. Des Weiteren müssen die kognitiven Störungen im Sinne einer alltagsnäheren therapeutischen Ausrichtung auch in der Nachsorge stärker fokussiert werden. Hier fehlen bislang übergreifende Behandlungskonzepte.

Status: abgeschlossen mit Publikation, Vorträgen und zitierfähigen Abstracts

1.1.3 Einsatz des 6-Minuten-Gehtests in der neurologischen Rehabilitation nach Schlaganfall: Reliabilität, Validität und Veränderungen im Verlauf

Hintergrund: Nach einem Schlaganfall ist die Wiederherstellung der Mobilität eines der primären Rehabilitationsziele. Ein Teilaspekt der Einschätzung der Mobilität ist die Fähigkeit, eine bestimmte Wegstrecke in einer vorgegebenen Zeit zurücklegen zu können. In der neurologischen Rehabilitation wird diese Fähigkeit häufig mit dem 6-Minuten-Gehtest erfasst. Bislang fehlt es allerdings an belastbaren Daten, die Aussagen zu den Gütekriterien und dem praktischen Einsatz des 6-Minuten-Gehtests in der stationären Rehabilitation nach Schlaganfall erlauben.

Methode: Es wurden die Daten von 140 Schlaganfallpatienten der MEDIAN Klinik NRZ Magdeburg analysiert, die sowohl zu Beginn als auch am Ende der Rehabilitation den 6-Minuten-Gehtest durchgeführt hatten. Überprüft wurden die (Interrater-) Reliabilität (Intraklassenkorrelation; ICC) sowie die Validität (Korrelation mit anderen Mobilitätsindizes) des 6-Minuten-Gehtests. Des Weiteren wurden Veränderungen im Verlauf der Rehabilitation getestet (Änderungssensitivität) und Einflussgrößen der realisierbaren Gehstrecke am Ende der Rehabilitation untersucht.

Ergebnisse: Die Reliabilität des 6-Minuten-Gehtests ist mit ICC=0.906 als sehr gut zu bewerten. Der 6-Minuten-Gehtest korrelierte in mittlerer Höhe signifikant mit dem Rivermead Mobility Index (T1: $r= 0.54$; T2: $r= 0.51$) und den Functional Ambulation Categories (T1: $r= 0.6$; T2: $r= 0.61$). Dabei war der Zusammenhang zwischen dem 6-Minuten-Gehtest zu Reha-Beginn und dem Rivermead Mobility Index am Reha-Ende am stärksten. Im Verlauf der Rehabilitation verlängerte sich die realisierbare Gehstrecke der Patienten, wobei 35 % am Reha-Ende einen klinisch relevanten Wegstreckenzugewinn von mehr als 35 m aufwiesen (Änderungssensitivität). Neben dem Alter (-), der Größe (+) und dem Gewicht (-) beeinflussten das motorische Funktionsniveau (+) sowie die Mobilität (+) und die Gehfähigkeit (+) zu Reha-Beginn die am Ende der Rehabilitation in 6 Minuten zurückgelegte Wegstrecke.

Schlussfolgerungen: Der 6-Minuten-Gehtest ist ein reliables, valides sowie änderungssensitives Messinstrument zur Erfassung der Gehstrecke, einem wesentlichen Aspekt der Mobilität. Zudem misst er die Ausdauer und ist ein Indikator der individuellen Leistungsfähigkeit nach Schlaganfall. Er ist sowohl für Verlaufs- und Veränderungsmessungen als auch zur Prognose der Mobilität am Ende der Rehabilitation geeignet.

Status: abgeschlossen mit Publikation, Vorträgen und zitierfähigen Abstracts

1.1.4 Einfluss kognitiver Dysfunktionen auf die Motorik und Mobilität im Verlauf der neurologischen Rehabilitation nach Schlaganfall

Hintergrund: Ein primäres Ziel der neurologischen Rehabilitation nach Schlaganfall ist die Wiederherstellung des körperlichen und kognitiven Funktionsniveaus. Bisherige Studien konnten zeigen, dass kognitive Dysfunktionen die Rehabilitationsergebnisse im Bereich der Motorik und Mobilität beeinflussen können. Allerdings erfolgte die Einschätzung der kognitiven Beeinträchtigung häufig sehr global oder es wurden nur einzelne Domänen berücksichtigt. Im Bereich der Motorik wurden bisher überwiegend die funktionelle Beinmotorik, insbesondere spezifische Gangparameter, analysiert. Die Studie adressierte daher den Einfluss spezifischer kognitiver Domänen auf die Verbesserung der motorischen Funktionsfähigkeit der oberen und unteren Extremitäten sowie auf die Mobilität im Verlauf der Rehabilitation deutlich umfänglicher.

Methode: Insgesamt wurden die Sekundärdaten von 165 Schlaganfallpatienten der Rehabilitationsphase D analysiert, die in den letzten vier Jahren eine medizinische Rehabilitation in

der MEDIAN Klinik NRZ Magdeburg in Anspruch genommen hatten. Im kognitiven Bereich wurden zu Reha-Beginn: a) die tonische und phasische Alertness, die Verarbeitungskapazität sowie die Daueraufmerksamkeit (Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung TAP) b) das Kurz- und Langzeitgedächtnis (Wechsler Memory Scale) sowie c) die Exekutivfunktionen mit den Bereichen divergentes Denken (Regensburger Wortflüssigkeitstest, Hamasch 5 Punkt Test) und konvergentes Denken (Standardisierte Link'sche Probe) getestet. Im Bereich der Motorik wurden zu Reha-Beginn und Reha-Ende folgende Assessments eingesetzt: i) motorisches Funktionsniveau der oberen Extremität (Motricity Index), ii) motorisches Funktionsniveau der unteren Extremität (Motricity Index) und iii) Mobilität (Rivermead Mobility Index). Weiterhin wurden als patientenbezogene Variablen das Geschlecht, das Alter, die Rehabilitationsdauer sowie die durch den Schlaganfall betroffene Hemisphäre der Patienten erhoben.

Stichprobe: N=165; 70 % männlich; Durchschnittsalter: 53 Jahre (SD=7,5); Rehabilitationsdauer: M=33 Tage (SD=11 Tage, Modus=28 Tage); betroffene Hemisphäre: 50 % linkshemisphäriell, 41% rechthemisphäriell, 9% beidseitig

Ergebnisse: Die prozentuale Verteilung der unterdurchschnittlichen Leistungen in den verschiedenen kognitiven Domänen zu Reha-Beginn zeigte, dass ca. 30 % der Patienten in den Aufmerksamkeitsdomänen tonische Alertness, Verarbeitungskapazität und Daueraufmerksamkeit sowie in den Gedächtnisfunktionen unterdurchschnittliche Leistungen erbrachten. Am schlechtesten schnitten die Patienten in den Exekutivfunktionen ab, hier lagen im Bereich des divergenten Denkens ca. 50 % unter der Norm.

In der Verlaufsbeobachtung der motorischen Funktionen und der Mobilität zeigten sich Verbesserungen der Arm- und Beinmotorik sowie der Mobilität, obwohl die Werte bereits zu Beginn der Rehabilitation schon gut waren (Phase D). Anteilig hatten sich 20 % der Patienten bzgl. der motorischen Funktionsfähigkeit ihrer Beine verbessert. Bei 27 % konnte eine Verbesserung in der Armmotorik und bei 34 % eine Verbesserung der Mobilität festgestellt werden.

In den Regressionsanalysen zeigten sich keine Einflüsse von Alter, Geschlecht, Rehabilitationsdauer oder betroffener Hemisphäre auf die Verbesserung der Motorik in Armen und Beinen oder die Mobilität der Patienten. Ein Einfluss der Kognition konnte nur für die Mobilität nachgewiesen werden. Hier zeigt sich, dass unterdurchschnittliche Leistungen im konvergenten Denken, welches als Teilaspekt der Exekutivfunktionen das Planen und die Organisation

von Handlungsfolgen abbildet, einen negativen Einfluss auf die Mobilitätsverbesserung im Rehabilitationsverlauf hatten.

Schlussfolgerungen: Die vorliegende Untersuchung konnte zeigen, dass zu Beginn der Rehabilitationsphase D bei den untersuchten Patienten noch Einschränkungen im Bereich der Kognition, vor allem in den Exekutivfunktionen, bestanden. Im Bereich der Motorik und Mobilität zeigten sich nur noch geringe Einschränkungen, die sich während der Rehabilitation dennoch weiter verbesserten. Eine domänenspezifische Erhebung der Kognition ist trotz des zeitlichen Mehraufwandes einer globalen Erhebung vorzuziehen. So zeigte sich ein relevanter negativer Einfluss einer eingeschränkten Leistungsfähigkeit im Bereich des konvergenten Denkens auf die Mobilitätsverbesserung im Reha-Verlauf. Das Wissen um die Defizite in diesem Kognitionsbereich zu Beginn der Rehabilitation sollte gezielt genutzt werden, um die Aufgabenstellungen und Anforderungen in der Therapie anzupassen. Beispielweise können eingeschränkte Exekutivfunktionen die Sturzgefährdung während des Mobilitätstrainings erhöhen, insbesondere dann, wenn die Patienten durch andere Umgebungsreize abgelenkt werden.

Status: abgeschlossen mit Publikation, Vorträgen und zitierfähigen Abstracts

1.1.5 Umfrage zum Einsatz leitlinienorientierter Assessments in den stationären neurologischen MEDIAN Kliniken

Im Juli 2019 erfolgte eine schriftliche Befragung aller stationären neurologischen MEDIAN Kliniken zum Einsatz leitlinienorientierter Assessments. Ziel war zunächst eine Bestandsaufnahme der in den Kliniken routinemäßig eingesetzten Assessments im Verlauf der Rehabilitation. Von den 13 stationären Kliniken beteiligten sich 12 an der Umfrage, ambulante Kliniken waren von der Umfrage ausgeschlossen. Reha-Assessments werden von den Kliniken zu 67 % in der Reha-Phase B eingesetzt, zu 92 % in der Reha-Phase C und zu 100 % in der Reha-Phase D, während nur 18 % der Kliniken Reha-Assessments in der Reha-Phase E einsetzen. Als durchführende Personen wurden stets die Therapeuten angegeben. Einzige Ausnahme bildete der Barthel-Index, der durch den Arzt erhoben wurde.

Im zweiten Schritt erfolgte die Auswahl eines gemeinsamen Pools an Assessments zur Darstellung der Ergebnisqualität der MEDIAN Kliniken durch eine Arbeitsgruppe mit abschließendem Konsens im Medical Board. Für die ausgewählten Assessments werden im CGM System einheitliche Eingabemasken erarbeitet, die ab 2020 zur Verfügung stehen sollen.

Status: abgeschlossen

1.2 Forschungsprojekte – Drittmittel

1.2.1 Analyse der Wirksamkeit und Krankheitskosten medizinisch-beruflich orientierter Leistungen in der neurologischen Rehabilitation (REBORN)

Förderer: Deutsche Rentenversicherung Bund

Laufzeit: 01.01.2019 bis 31.12.2022

Hintergrund: Beruflich orientierte Leistungen während und nach der medizinischen Rehabilitation sind ein fester Bestandteil der Regelversorgung. Für erwerbsfähige Rehabilitanden mit gesundheitlichen Einschränkungen und beruflichen Problemlagen werden im Rahmen der Phase I des indikationsübergreifenden Phasenmodells der rehabilitativen Versorgung der Bundesarbeitsgemeinschaft für Rehabilitation medizinisch-beruflich orientierte Leistungen während der medizinischen Rehabilitation (MBOR) angeboten. Als eine Weiterführung bzw. Intensivierung für schwer betroffene Patienten stehen nach Abschluss der medizinischen Rehabilitation Leistungen der medizinisch-beruflichen Rehabilitation (MbR) im Rahmen der Phase II zur Verfügung. In der Neurologie sind beide Leistungen durchaus als komplementär zu verstehen. Die MBOR adressiert Rehabilitanden mit besonderen beruflichen Problemlagen (BBPL). Bestehen im Anschluss weiterhin ausgeprägte Funktionsdefizite, die eine intensivere berufsbezogene Ausrichtung benötigen und ist die allgemeine Erwerbsprognose positiv, greift das Konzept der MbR. Obwohl gerade in der Neurologie ausgeprägte berufliche

Problemlagen der Patienten offenkundig sind (zwischen 58 % und 72 %), gibt es bisher nur sehr wenige Studien, die beruflich orientierte Leistungen im Rahmen der Rehabilitation für diese Indikation untersuchen. Studien zur Wirksamkeit und zum Nutzen wurden primär im Bereich der MBOR durchgeführt. Positive Effekte konnten zwar für Personen mit Muskel-Skelett-Erkrankungen, nicht aber für neurologische Erkrankungen belegt werden. Im Bereich der MbR fehlen bisher belastbare Daten. Lediglich eine Studie zur multizentrischen Evaluation des MbR Konzeptes konnte indikationsübergreifend positive Teilhabeergebnisse zwei Jahre nach Abschluss einer MbR zeigen. Ziel des Projektes ist die Überprüfung der Wirksamkeit sowie die Analyse des Leistungsspektrums beruflich-orientierter Konzepte (MBOR und MbR) in der Rehabilitation neurologischer Patienten. Dabei sollen die jeweiligen Zielgruppen unter Berücksichtigung der Passgenauigkeit der Leistungen für eine erfolgreiche Wiedereingliederung ins Erwerbsleben sowie die direkten und indirekten Krankheitskosten im ersten Jahr nach Abschluss der Rehabilitation analysiert werden.

Fragestellungen: Folgende Hypothesen werden im Rahmen des Projektes geprüft:

Bei bestehendem Bedarf...

- I. ...erhöht eine MbR im Anschluss an eine MBOR die Wahrscheinlichkeit der beruflichen Wiedereingliederung 12 Monate nach Ende der medizinischen Rehabilitation.
- II. ...verringert eine MbR im Anschluss an eine M(BO)R die Arbeitsunfähigkeitszeiten 12 Monate nach Ende der medizinischen Rehabilitation.
- III. ...verringert eine MbR im Anschluss an eine M(BOR)R die Krankheitskosten 12 Monate nach Ende der medizinischen Rehabilitation.
- IV. ...führt eine MbR im Anschluss an eine M(BO)R zu einer subjektiv höher wahrgenommenen Arbeitsfähigkeit 12 Monate nach Ende der medizinischen Rehabilitation.

Methode: Die MbR wird in speziellen Phase II Einrichtungen, somit nicht in jeder Rehaklinik, erbracht. Daher können nicht alle Rehabilitanden mit MbR Bedarf nach Abschluss ihrer medizinischen Rehabilitation entsprechende Leistungen in Anspruch nehmen. Im Projekt werden MBOR Teilnehmer, die MbR Bedarf hätten, aber keine MbR bekommen (Kontrollgruppe), rekrutiert und mit MBOR Teilnehmern, die MbR Leistungen in ihrer Klinik erhalten (Interventionsgruppe), verglichen. Der Wirksamkeitsnachweis erfolgt über die Methode des Propensity Score Matching. Für die Stichprobenkalkulation wurden Erfahrungen inhaltlich

ähnlicher Studien, wie die des BOMeN Konzeptes (MBOR-Intervention) zugrunde gelegt. Hier wurde eine Steigerung der Wiedereingliederungsquote in der Interventionsbedingung von 40 % auf 60 % 15 Monate nach der Behandlung erwartet und mit einer Drop-Out-Rate nach 15 Monaten von 30 % pro Gruppe kalkuliert. Auf der Grundlage der Ergebnisse der BOMeN Studie und unter Berücksichtigung der Rehabilitandenzahlen in den drei beteiligten Kliniken (siehe unten) mit einer Beteiligungsquote von 60 % wird eine Stichprobengröße von N=90 MbR Teilnehmern und N=300 MBOR Teilnehmern ohne MbR zu Reha-Beginn benötigt. Das zentrale Auswahlkriterium ist die besondere berufliche Problemlage, operationalisiert über das Würzburger Screening. Die Rekrutierung erfolgt über einen Zeitraum von 2 Jahren. Die Rehabilitanden erhalten jeweils zu T1 (Reha-Beginn), T2 (Reha-Ende), T3 (6 Monate nach Reha-Ende) und T4 (12 Monate nach Reha-Ende) einen Fragebogen. Des Weiteren werden die direkten und indirekten Krankheitskosten mit einem Kostenwochenbuch nach Ende der Rehabilitation erhoben und ausgewertet. Hauptzielgröße ist die Return to Work Quote 12 Monate nach Abschluss der Rehabilitation. Nebenzielgrößen sind die Arbeitsunfähigkeitszeiten, die direkten und indirekten Krankheitskosten sowie die subjektive Wahrnehmung der Arbeitsfähigkeit (Work Ability Index). Auf der Grundlage der Studienergebnisse ist es möglich, ein differenziertes Bild der Leistungserbringung und Wirksamkeit beruflich orientierter Konzepte in der neurologischen Rehabilitation aufzuzeigen. Dabei wird insbesondere der Adressatenkreis der MbR in der Neurologie charakterisiert und in Relation zur Wirksamkeit, im Sinne der Rückkehr ins Erwerbsleben, gesetzt. Daraus lassen sich für die Zukunft passgenaue(re) beruflich-orientierte Konzepte etablieren.

Beteiligte Kliniken: MEDIAN Klinik NRZ Magdeburg
MEDIAN Klinik Flechtingen
MediClin Klinikum Soltau

Status: laufend

1.2.2 Determinanten der Teilhabe am Arbeitsleben bei Multipler Sklerose (TAMuS)

Förderer: Deutsche Rentenversicherung Bund
Laufzeit: 12/2020 – 11/2023
Kooperationspartner: MS Register der Deutschen Multiple Sklerose Gesellschaft

Hintergrund: Die Multiple Sklerose (MS), eine chronisch entzündliche und demyelinisierende Autoimmunerkrankung, ist die häufigste nicht-traumatische Ursache neurologischer Behinderungen bei jungen Erwachsenen. In Deutschland sind schätzungsweise mehr als 200 000 Patienten davon betroffen. Jährlich kommen ca. 2500 Menschen mit der Diagnose MS dazu. Das mittlere Alter bei Krankheitsbeginn liegt bei 32 Jahren. Im Durchschnitt dauert es 3,1 Jahre bis eine MS-Diagnose gestellt wird. Zu den häufigsten Symptomen bei Krankheitsbeginn gehören Sensibilitätsstörungen, Visusstörungen und Paresen. Die Symptome und Störungen sind vielfältig, da alle Bereiche des zentralen Nervensystems (ZNS) betroffen sein können. Vor allem Einschränkungen der Mobilität und Kognition sowie Fatigue können die Teilhabe der Betroffenen am Arbeitsleben bereits frühzeitig beeinflussen und ca. 37% der Patienten werden mit einem Durchschnittsalter von 43 Jahren berentet. Dabei ist gerade die Teilhabe am Arbeitsleben essentiell für die Betroffenen und kann sich positiv auf den Krankheitsverlauf und die Lebensqualität auswirken, wie eine Metaanalyse von Dorstyn et al. zeigte. Die durch die Erkrankung verursachten Produktivitätsausfallkosten sind höher als die Krankheitskosten.

Trotz der zahlreichen Einschränkungen und dem frühen Erkrankungsalter nehmen entsprechend der Statistik der Deutschen Rentenversicherung nur wenige MS-Betroffene eine medizinische Rehabilitation in Anspruch oder wiederholen diese, obwohl die meisten Symptome gut im Rahmen der Rehabilitation behandelt werden können. Als mögliche Gründe konnten in einer Befragung von MS-Patienten mit und ohne Rehabilitationserfahrung die geringe Unterstützung des Arztes, die Wahrnehmung eines geringen Mitgestaltungsrechts während der Rehabilitation, die hohe Erwartungshaltung hinsichtlich des Nutzens der Rehabilitation sowie die fehlende Vereinbarkeit mit dem Beruf identifiziert werden.

Bisher wurden vor allem krankheitsbezogene und soziodemografische Einflussfaktoren der Teilhabe am Arbeitsleben bei MS-Patienten untersucht. Umweltfaktoren, wie insbesondere die Arbeitsbedingungen oder weiterführende, personenbezogene Faktoren (z.B. psychische Leistungsreserven, Bewältigungsstrategien), aber auch versorgungsspezifische Aspekte (z.B. Inanspruchnahme und Leistungsgeschehen medizinische Rehabilitation) blieben bislang, vor allem auch in nationalen Studien, unberücksichtigt. Zur Ausgestaltung geeigneter und früh-

zeitig ansetzender Interventionsansätze ist die Kenntnis relevanter Einflussfaktoren von großer Bedeutung und bedarf verschiedener Datenquellen.

Einen besonderen Zugang zu objektiven krankheits- und versorgungsassoziierten Parametern ermöglicht das im Jahr 2001 vom Bundesverband der Deutschen Multiple Sklerose Gesellschaft e.V. (DMSG) gegründete Multiple-Sklerose Register (MS-Register). Dabei dokumentieren aktuell 69 MS-Schwerpunktzentren mindestens 150, 22 MS-Rehabilitationszentren mindestens 80 bzw. 120 und 98 MS-Zentren mindestens 80 Datensätze pro Jahr (Stand Mai 2020). Für die Generierung personenbezogener und umweltbedingter Faktoren ist die subjektive Einschätzung der Betroffenen von Bedeutung. Deshalb wertet das **MS-Register** fortlaufend die gewonnenen Daten hinsichtlich der folgenden

Fragestellungen aus:

- A. Welche soziodemografischen, versorgungsspezifischen und krankheitsassoziierten Parameter differenzieren zwischen erwerbstätigen und nicht erwerbstätigen MS-Patienten in einem Beobachtungszeitraum von 24 Monaten?
- B. Welche Parameter haben Einfluss auf den Erhalt der Erwerbstätigkeit in einem Beobachtungszeitraum von 24 Monaten?

Aufbauend auf den bisher gewonnenen Ergebnissen aus dem MS-Register (Studienteil I), werden im Rahmen der im **An-Institut** geplanten quantitativen Befragung von MS Betroffenen mittels Fragebogen zusätzlich folgende **Fragestellungen** adressiert (Studienteil II):

- A. Welche arbeitsplatzbezogenen Parameter beeinflussen die Teilhabe von MS-Patienten am Arbeitsleben in einem Beobachtungszeitraum von 12 Monaten?
- B. Welche personenbezogenen Parameter beeinflussen die Teilhabe von MS-Patienten am Arbeitsleben in einem Beobachtungszeitraum von 12 Monaten?

Methode: Im Rahmen der Studie sollen Determinanten der Teilhabe am Arbeitsleben bei MS-Patienten exploriert und Cluster potenzieller Einflussfaktoren identifiziert werden. Neben der Nutzung von Registerdaten (Sekundärdaten) und der schriftlichen Befragung von Betroffenen (Primärdaten) ist eine weitere Besonderheit die Einbindung Betroffener in einem Projektbeirat mit Diskussion der Teilschritte und Ergebnisse des Projektes.

Teil I: Analyse von Registerdaten (pro MS-Patient 2 Messzeitpunkte innerhalb von 24 Monaten in einem Zeitraum von 01/2013-12/2019)

Teil II: a) schriftliche Befragung von MS-Patienten zu 2 Messzeitpunkten T1: Reha-Ende, T2: 12 Monate nach Reha-Ende in 14 MEDIAN-Kliniken sowie b) aus den weiteren N=20 Rehakliniken, die sich am MS Register beteiligen und bereits in Teil I auswertbare MS Register-Daten lieferten.

Stichproben: N=12.000 Pat. MS-Register // N=600 Pat. MEDIAN Kliniken

Status: Projekt bewilligt

1.3 Forschungsprojekte – Kooperationen

1.3.1 Rückwirkung von Dual-Task auf die kognitive Leistungsfähigkeit beim Gehen von Schlaganfallpatienten

Kooperationspartner & Federführung:

Institut für Sportwissenschaft, Otto-von-Guericke Universität Magdeburg

(Prof. L. Schega, Dr. D. Hamacher, K.-C. Broscheid)

Hintergrund: Das individuelle Risiko zu stürzen ist bei Schlaganfallpatienten überproportional hoch. Die erhöhte Sturzgefahr resultiert am häufigsten aus dem nicht antizipierten Kontakt des Fußes in der Schwungphase des Beines. Beim Gehen ist der minimale Fuß-Boden-Abstand (minimal toe clearance, MTC) während der Schwungphase bei Menschen nach Schlaganfall reduziert, was mit einer zunehmenden Sturzgefahr assoziiert ist. Der MTC ist somit ein Gangparameter, der mit hoher Priorität kontrolliert werden sollte. Die Kontrolle eines Gangparameters wird mit seiner intraindividuellen Variabilität über viele Schrittzyklen quantifiziert. In der Regel bedeutet eine zunehmende Variabilität eine niedrige Gangkontrolle. Weiterhin erhöht sich die Gangvariabilität beim Gehen mit einer kognitiven Zweitaufgabe in Abhängigkeit der individuellen exekutiven Funktionen.

Methode: In der vorliegenden Studie wird der Zusammenhang zwischen exekutiven Funktionen und Gangkontrolle bei Patienten nach Schlaganfall im Vergleich zu älteren gesunden Kontrollprobanden untersucht. Es wurde die Variabilität des MTC sowie die Doppelschritt-

länge (DSL) beim normalen Gehen vs. Gehen mit kognitiver Zweitaufgabe (3er Reihe rückwärts rechnen) bei Patienten nach Schlaganfall und einer Kontrollgruppe analysiert. Eine 15 m lange Gangstrecke wurde mit 4-maliger Wiederholung bewältigt, sodass mindestens 100 Schrittzyklen analysiert werden konnten. Die Leistungsfähigkeit der exekutiven Funktionen wurde mit dem Farbe-Wort-Interferenztest (FWIT) getestet und die Subskalen Farbwörter Lesen (FWL), Selektivität-Farbstriche Benennen (FSB) und Geschwindigkeit der Informationsverarbeitung-Interferenz (INT) als Kovariaten in ein varianzanalytisches Modell aufgenommen.

Stichprobe: Schlaganfallgruppe (SA): N=49, Alter: M=58,6 Jahre
Kontrollgruppe (KG): N=20; Alter: M=67,6 Jahre

Ergebnisse: Die Exekutivfunktionen waren bei Schlaganfallpatienten schlechter ausgeprägt (FSB: $p=.019$; INT: $p=.002$). Es konnte kein signifikanter Gruppeneffekt in Abhängigkeit von Gehen mit oder ohne kognitive Zweitaufgabe und unter Kontrolle des Einflusses der exekutiven Funktionen nachgewiesen werden. Allerdings zeigte sich innerhalb der KG ein signifikanter Einfluss einer besseren exekutiven Funktion (FSB ($p=0.004$); INT ($p\leq 0.001$)) auf eine Variabilitätsreduktion des MTC von normalem Gehen zu Gehen mit kognitiver Zweitaufgabe. Innerhalb der SA-Gruppe lag ein signifikanter Einfluss von schlechter ausgeprägtem INT ($p=0.016$) auf die Variabilitätszunahme der DSL beim Gehen mit kognitiver Zweitaufgabe vor.

Schlussfolgerungen: Es gibt einen nachgewiesenen Einfluss der exekutiven Funktionen auf die Kontrolle unterschiedlicher Gangparameter im Vergleich von älteren gesunden Probanden zu SA-Patienten. Im Gegensatz zu SA-Patienten ist bei älteren gesunden Menschen die Kontrolle des MTC beim Gehen mit geteilter Aufmerksamkeit erhöht (Variabilitätsreduktion), was essenziell zur Vermeidung von Stürzen beitragen kann. Eine Variabilitätszunahme der DSL wird lediglich bei SA-Patienten mit kognitiver Zweitaufgabe beobachtet, so dass dadurch auf eine geringere Gangkontrolle zu schließen ist. Beide Phänomene klären die erhöhte Sturzgefahr nach Schlaganfall, insbesondere in Situationen mit geteilter Aufmerksamkeit, auf und sollten zur Vermeidung von Stürzen kontrolliert werden.

Status: abgeschlossen mit Vorträgen und zitierfähigen Abstracts

1.3.2 Gangautomatizität gemessen anhand der Gangvariabilität und exekutiven Kontrolle bei Schlaganfallpatienten: Ein Vergleich verschiedener funktioneller Nahinfrarotspektroskopie Messprotokolle

Kooperationspartner & Federführung:

Institut für Sportwissenschaft, Otto-von-Guericke Universität Magdeburg

(Prof. L. Schega, Dr. D. Hamacher, K.-C. Broscheid)

Hintergrund: Die funktionelle Nahinfrarotspektroskopie (fNIRS) ist ein relativ neues, nicht invasives bildgebendes Verfahren zur Bestimmung der hämodynamischen Aktivität im Kortex. Das Verfahren wurde bereits in verschiedenen Studien angewendet. Aufgrund fehlender einheitlicher Protokolle für die Messung mit der fNIRS ist die Vergleichbarkeit der Studien eingeschränkt. Ziel der hier angelegten Studie ist es, diese Lücke zu schließen und verschiedene Messprotokolle zu vergleichen. Sie baut auf der Studie „Funktionelle Nahinfrarotspektroskopie im rehabilitativen Kontext am Beispiel Gang und Fatigability bei Patienten mit Multiple Sklerose und Schlaganfallpatienten“ auf. Diese wird vom Institut III: Sportwissenschaft, Lehrstuhl Gesundheit und körperliche Aktivität (Leitung: Prof. Schega), in Kooperation mit der MEDIAN Klinik Flechtingen (Leitung: Prof. Sailer) durchgeführt.

Methode: Kernstück der hier durchzuführenden Studie ist der Vergleich unterschiedlicher Messprotokolle an Apoplex Patienten sowie einer gesunden Kontrollgruppe bei Verwendung eines Test-Retest Designs mit einem Intervall von mindestens 24 Stunden. Mithilfe der fNIRS wird dabei die Aktivität des präfrontalen Kortex untersucht. Dadurch können Kompensationsmechanismen bei Gangunsicherheiten erfasst werden. Diese sind bei Schlaganfallpatienten bei motorischen Aufgaben, besonders während komplexer Aufgaben wie Dual-Task Gehen, im Vergleich zu gesunden Kontrollpersonen signifikant erhöht. Die fNIRS könnte somit in Zukunft für die Überwachung des Therapieerfolges und der kortikalen Umstrukturierung bei Rehabilitationsmaßnahmen von Patienten mit Apoplex genutzt werden. Bei der fNIRS kann es zu verschiedenen Störsignalen durch physiologische Wellen kommen. Dazu gehören zum Beispiel Atmung, Puls oder niederfrequente Wellen wie Mayer Waves. Besonders für Letztere ist die fNIRS anfällig. Eine Möglichkeit, dieses Rauschen herauszufiltern und die Signal-to-Noise Ratio (SNR) zu erhöhen, ist die Blockmessung. Dies bedeutet, dass in regelmäßigen, gleichbleibenden Abständen zwischen Baseline und zu messender Aktion gewechselt

wird. Die Baseline ist wichtig, da mit der fNIRS nur verschiedene Zustände des Gehirns verglichen werden können. Häufig wird dabei, wie in dieser Studie auch, zwischen der Ruheaktivität (Baseline) und der Kortexaktivität während des Versuches verglichen (Tachtsidis und Scholkmann 2016). Bei der Auswahl der richtigen Baseline-Länge muss auch beachtet werden, dass fNIRS Gedankenabschweifern erfassen kann. In der folgenden Studie wird eine Messung mit dem aktuell am häufigsten genutzten Blockdesign von 30 Sek Stehen (Baseline) und 30 Sek Gehen durchgeführt. Verglichen wird dies mit einem an dem klinischen 6-min-Gehtest orientierten Protokoll von 6 min Baseline und 6 min Gehen. Dieser Test wird bei verschiedenen Erkrankungen genutzt, um die Leistungsfähigkeit bzw. Ermüdung von Probanden beim Laufen festzustellen. Außerdem sind bereits erste Studien vorhanden, die fNIRS mit ähnlich langen Versuchsabschnitten genutzt haben, allerdings nicht während des Gehens und auch nicht bei Schlaganfall-Patienten. Da die präfrontale Aktivierung sich häufig zwischen Stehen und Gehen nur sehr wenig unterscheidet, wird in dieser Studie zusätzlich eine kognitive Leistung während des Gehens absolviert, um eine erhöhte hämodynamische Antwort zu provozieren. Hierfür kann z.B. einfaches Rückwärtszählen genutzt werden. Damit es bei unseren TeilnehmerInnen zu einer deutlichen präfrontalen Aktivierung kommt, wird in dieser Studie in Dreierschritten rückwärts gezählt. Gleichzeitig wird die quantitative Analyse des Gangverhaltens mittels validiertem Ganganalysesystem, basierend auf Inertialsensoren, sowie die qualitative Bewertung des Gangverhaltens durch geschultes Fachpersonal durchgeführt. Die Rekrutierung der Apoplex Patienten erfolgt durch die MEDIAN Klinik NRZ Magdeburg. Die Kontrollgruppe soll aus Mitgliedern des Vereins für Gesundheit, Bewegung und Sport der Otto-von-Guericke-Universität (VGBS e.V.) gebildet werden.

Einschlusskriterien:

N=15–20 Schlaganfallpatienten:

- Alter: > 65 Jahre,
- Fähigkeit, mindestens zweimal 6 min ohne Hilfsmittel gehen zu können,
- keine Aphasie oder Verständigungsprobleme,
- Hemiparese (in der neurologischer Rehabilitationsphase C),
- neurologische Rehabilitationsphase D und
- keine schwerwiegenden Begleiterkrankungen.

N=15–20 Kontrollpersonen:

- Alter: > 65 Jahre,
- keine neurologischen und/oder akut orthopädischen Erkrankungen und
- uneingeschränkte Gehfähigkeit.

Messprotokolle: Die folgenden fNIRS Protokolle werden während des Dual-Task-Gehens (in Dreierschritten rückwärts zählen) gemessen:

1. 6 min Baseline / 6 min Gehen / 6 min Baseline
2. 30 sec Baseline / 30 sec Gehen (Wiederholung; Messung insgesamt 12:30 min lang; Baseline am Anfang und Ende)

Status: laufend

1.3.3 Erhebung von Bewegungsdaten mittels Inertialsensoren während robotergestütztem Gangtraining mit Lokomat® und Lyra®

Kooperationspartner & Federführung:

Hasomed GmbH & Institut für Medizintechnik, OvGU Magdeburg

(Prof. Rose, A. Schicketmüller)

Hintergrund: Rehabilitationsroboter, wie der Lokomat (Hocoma, Volketswil, Switzerland) und der Lyra (medica Medizintechnik GmbH), werden im klinischen Alltag für die Rehabilitation von Gangstörungen eingesetzt. Die Roboter vermindern die körperliche Belastung der Therapeuten und intensivieren die Therapie durch hohe Repetition. Bei Patienten mit Schlaganfall konnte gezeigt werden, dass ein robotergestütztes Gangtraining, welches auf dem Exoskelett-Prinzip basiert, in Kombination mit konventioneller Physiotherapie effektiver ist als eine Therapie, welche sich nur auf die konventionelle Physiotherapie beschränkt. Dasselbe gilt auch für ein robotergestütztes Gangtraining, welches auf dem End-Effektor-Prinzip basiert. Trotz der guten Erfolge gibt es auch Nachteile dieser Technologien: Körpergewichtsstützsysteme, welche während dieser Therapie eingesetzt werden, um den Patienten und die Therapeuten zu entlasten, in Kombination mit der passiven Bewegung der unteren Extremitäten, führen zu fehlender Muskelaktivierung und Veränderungen in der zeitlichen Schrittregelung und der entsprechenden neuromuskulären Kontrolle. Diese teilweise fehlende und inkorrekte Muskelaktivierung kann durch funktionelle elektrische Stimulation (FES) verbessert werden und dadurch zu besseren Therapieerfolgen führen. Aktuelle Erkenntnisse

zeigen, dass ein robotergestütztes Gangtraining in Verbindung mit FES bessere Therapieerfolge erzielt als Systeme ohne FES. Erste Ansätze, robotergestütztes Gangtraining mit FES zu verbinden, waren zwar erfolgreich. Allerdings fokussieren sich diese Technologien auf intramuskuläre Elektroden, benötigen vom Roboter bereitgestellte Informationen oder fokussieren sich auf die Stimulation des Nervus peroneus, so dass lediglich eine limitierte Anzahl an Muskeln stimuliert wird.

Um die Abhängigkeiten der vom Roboter bereitgestellten Informationen zu überwinden, können Inertialsensoren verwendet werden, um die Bewegung des Patienten im Roboter zu messen. Diese Bewegungsdaten können zur Extraktion von Gangparametern genutzt werden, um eine funktionelle Elektrostimulation auf Basis der aktuellen Gangphase auszulösen. Dies kann die Anzahl der stimulierten Muskeln erhöhen. Zusätzlich kann ein genaues Bild der Gangphasen abgebildet werden, welches zu einer potenziellen Verbesserung der zeitlichen Stimulation führt.

Um eine Technologie wie diese realisieren zu können, ist es im ersten Schritt notwendig, den Gang während der robotergestützten Therapie zu messen und auszuwerten. Die erhobenen Bewegungsdaten dienen dazu, einen Algorithmus zu entwickeln, welcher die Daten analysiert und die einzelnen Gangphasen erkennt.

Fragestellungen: Daher adressiert das Projekt folgende Fragestellungen:

Hauptfragestellung: Ist ein Setup aus zwei Inertialsensoren für eine Gangphasendetektion während der robotergestützten Gangtherapie eine realisierbare technologische Lösung für die spätere Verwendung als zeitlichen Trigger für funktionelle Elektrostimulation?

Nebenfragestellung: Beeinflusst die posturale Instabilität der Patienten, welche mit einem Sensor an der Hüfte gemessen wird, die Therapie bzw. das Gangbild während der robotergestützten Gangtherapie?

Methode: Zur Beantwortung der Fragestellungen wird eine Kohorte von Patienten mit Schlaganfall über einen Zeitraum von sechs Monaten in den MEDIAN Kliniken NRZ Magdeburg und Flechtingen mit den im Folgenden aufgeführten Ein- und Ausschlusskriterien rekrutiert.

Stichprobe: N=40 Patienten

Einschlusskriterien:	Ausschlusskriterien:
<ul style="list-style-type: none"> • Alter: 40 – 70 Jahre • Hauptdiagnose: Schlaganfall • Rehabilitationsphase B, C • vegetativ stabil • schriftliche Einwilligung in Studienteilnahme • NRZ Magdeburg: je n=10 Rumpfstabilität Trunk Control < 100 und = 100 (Lyra + Lokomat) • Klinik Flechtingen: je n=10 Rumpfstabilität Trunk Control < 100 und = 100 (Lokomat) 	<ul style="list-style-type: none"> • Aphasie • akute psychiatrische Auffälligkeiten • akute Suchtproblematik

Zur Datenerfassung wurden zwei Inertialmesseinheiten (IMUs) (MotionSensor, HASOMED GmbH, Magdeburg, Deutschland) verwendet. Jede Messeinheit besteht aus einem dreiachsigen Beschleunigungsmesser ($\pm 16g$) und einem dreiachsigen Gyroskop ($\pm 2000^\circ/s$) [14]. Die IMUs wurden mit speziell angefertigten Fixierbändern am Fuß der Testperson befestigt (Abbildung 2) und die Abtastfrequenz wurde auf 500 Hz eingestellt.

Vor der Messung stellen die Therapeuten das Körpergewichtsunterstützungssystem entsprechend den Bedürfnissen des Patienten ein. Zwei IMUs werden mit Fixierbändern am linken und rechten Fuß des Probanden befestigt. Anschließend werden das Exoskelett des Lokomat bzw. die Fußplatten der Lyra eingestellt. Das Ausmaß der Körpergewichtsunterstützung wird entsprechend dem Komfort der Testperson eingestellt. Die Aufzeichnung wird gestartet und die robotergestützte Gangtherapie entsprechend der Rehabilitationsroutine durchgeführt.

Der menschliche Gangzyklus besteht aus zwei Phasen, der Standphase und der Schwungphase, die durch bestimmte Gangereignisse weiter bestimmt werden. Da nicht alle Gangereignisse mit IMUs zuverlässig detektierbar sind, wird der zuvor entwickelte Algorithmus darauf ausgelegt, vier Haupt-Gangereignisse beim robotergestützten Gangtraining zu erkennen. Die vier Haupt-Gangereignisse werden für jede IMU gemäß einem Zustandsdiagramm erkannt. Das Zustandsdiagramm kann angenommen werden, da die Roboter die Bewegung während der Therapie definieren und begrenzen. Der Algorithmus verwendet lineare Beschleunigungsdaten und Winkelgeschwindigkeitsdaten von den IMUs, die am linken und rechten Fuß des Probanden angebracht sind. Die Extraktion von Gangereignissen basiert auf der Erkennung bestimmter Merkmale der Daten, die einem bestimmten Ereignis entsprechen. Ein

beliebiger Sensorausrichtungsalgorithmus war bereits im bestehenden Algorithmus implementiert, daher hatten leichte Variationen in der Sensorbefestigung keinen Einfluss auf den

Lineare Beschleunigungsdaten einer IMU können sich während des robotergestützten Gehtrainings zwischen dem Lokomat und dem Lyra unterscheiden. Zusätzlich können patientenspezifische Bewegungen oder das Fehlen willentlicher Bewegungen während des Trainings im Lokomat oder im Lyra das Verhalten der Beschleunigungsdaten und des Rucks beeinflussen. Diese zusätzlichen Störfaktoren können zu einer fehlerhaften Erkennung des Erstkontakts führen. Daher werden zusätzliche Bedingungen mit dem Ziel der Fehlerreduzierung und der Erhöhung der Erkennungsrate benötigt (siehe Publikation [2]).

Die Daten werden mit einem Gangerkennungsalgorithmus analysiert. Der Algorithmus extrahiert vier Gangereignisse für jede IMU. Für die Analyse wurde ein Fenster von 3,5 Minuten (entspricht 105.000 Datenpunkten) verwendet. Innerhalb dieses Fensters wurden die Erkennungsrate und Fehler-Typen berechnet. Abhängig von der Dauer des individuellen Trainings des Probanden wurden zwei bis vier Fenster analysiert.

Der Beginn der Fenster wurde als Ende eines Gangzyklus gewählt. Das jeweilige Ende des Fensters wurde durch die Größe des gewählten Fensters bestimmt. Diese Vorgehensweise wurde gewählt, um einen wiederholbaren und vergleichbaren Analyseprozess innerhalb der Aufzeichnung eines Probanden zu generieren, zusätzlich ermöglicht sie eine Vergleichbarkeit der Probanden untereinander.

Manuell gezählte Schritte dienten als Referenz und die Schritte des Algorithmus wurden berechnet, indem die Anzahl der korrekt erkannten Schritte definiert wurde. Ein korrekt erkannter Schritt liegt nur vor, wenn alle vier Gangereignisse gemäß dem Zustandsdiagramm erkannt werden. Um die Robustheit und mögliche Schwächen des Algorithmus zu bewerten, wurden Typ-1-Fehler analysiert. Typ-1-Fehler stellen falsch erkannte Schritte dar, die ein falsches Timing in der elektrischen Stimulation auslösen und somit eine potentielle Gefahr darstellen können. Im Gegensatz zu Fehlern vom Typ 1 werden Fehler vom Typ 2 nicht als gefährlich angesehen, da Schritte, die nicht erkannt werden, keine falsche elektrische Stimulation verursachen können.

Ergebnis: Mit Ausnahme von zwei analysierten Auswahlfenstern am rechten Sensor des 1. Probanden mit Erkennungsraten von 70,7% und 72% lagen die Erkennungsraten bei den Lyra-Messungen für den linken und rechten Sensor bei über 80%. Die Typ-1-Fehler der linken Sensoren lagen bei fünfzehn von zwanzig analysierten Fenstern bei 0%, die restlichen fünf Fenster hatten Typ-1-Fehler unter 7,5%. Bei den rechten Sensoren lagen die Typ-1-Fehler unter 5 %. Die mittlere Erkennungsrate aller Messungen der Schlaganfallpatienten betrug $95,8\% \pm 7,5\%$. Für Typ-1-Fehler lag der Mittelwert aller Patientendaten bei $1,0\% \pm 2\%$. Eine der Messungen (siehe Abbildung 9 und Abbildung 10) konnte nicht ausgewertet werden (N.A.), da der Sensor während der Messung aufgrund der vom Patienten berichteten Beschwerden entfernt werden musste.

Bei den Lokomat-Messungen lagen alle Erkennungsraten über 90 %, wobei dreiundzwanzig von zweiunddreißig analysierten Fenstern einen Erkennungswert von 100 % erreichten, was bedeutet, dass jeder aufgezeichnete Schritt innerhalb dieser Analysefenster vom Algorithmus erkannt werden konnte. Bei fünfundzwanzig analysierten Fenstern wurden Typ-1-Fehler von 0% erreicht, drei Fenster blieben unter 3%, die restlichen zwei Fenster hatten Typ-1-Fehler von unter 11%.

Schlussfolgerungen: Insgesamt sind die Ergebnisse vielversprechend und die Anwendung des Algorithmus scheint machbar und robust zu sein, wenn man ihn in einer klinischen Umgebung für Schlaganfallpatienten einsetzt. In einem nächsten Schritt sollte der vorgeschlagene Algorithmus als Auslöser für funktionelle elektrische Stimulation verwendet werden, um den Rehabilitationsprozess von Schlaganfallpatienten weiter zu verbessern. Um einen Prototyp des Konzepts zur Kombination von robotergestütztem Gehtraining und IMUs zur Triggerung von FES zu etablieren, müssen weitere Untersuchungen und Messungen durchgeführt werden, um den Algorithmus zu optimieren und die Gehereignisse mit der Stimulation zu synchronisieren.

Status: abgeschlossen mit Publikation