

Kurzbericht: CATCH-HEMI

Projektname: CATCH-HEMI – Combining biomarkers and Tele-health solutions for delivering at home and in the Community Precision medicine and intervention for the upper limb in children with Hemiplegia due to stroke

Förderkennzeichen: 01KU2012

Projektlaufzeit: 01.10.2020 – 31.12.2024

1. Ausgangssituation und Zielsetzung

Das CATCH-HEMI-Projekt hat das Ziel, innovative Methoden für die Rehabilitation von Kindern mit Hemiplegie zu erforschen und zu entwickeln. Hemiplegie ist eine neurologische Erkrankung, die durch eine einseitige Lähmung oder erhebliche Bewegungseinschränkung der oberen Extremitäten gekennzeichnet ist und oft als Folge eines kindlichen Schlaganfalls auftritt. Die betroffenen Kinder sind in ihrem Alltag stark eingeschränkt, da viele Tätigkeiten des täglichen Lebens nur unzureichend ausgeführt werden können. Kernziel des Projekts war die Entwicklung eines datengetriebenen personalisierten Präzisionsmodell, das multimodaler Daten (kinematisch, klinisch, neurologisch, genetisch) durch Methoden des maschinellen Lernens integriert, um Diagnose, Therapiefortschritt sowie Therapieerfolgsaussichten bei den betroffenen Kinder zu verbessern. Das Modell soll klinische Entscheidungen unterstützen und die Erstellung individualisierter Therapiepläne ermöglichen.

2. Ablauf des Vorhabens

Im Projektverlauf wurden kinematische Daten von etwa 150 Kindern mit unilateraler Zerebralparese mittels ActiGraph-Sensoren während standardisierter Tests und im Alltag erfasst. Ein eigenentwickeltes Software-Framework ermöglichte die Extraktion von 42 relevanten Bewegungsmerkmalen und die Analyse von deren Korrelationen mit klinischen Assessments. Parallel erfolgte die Entwicklung einer Taxonomie für bimanuelle Manipulationen durch die Aufnahme eigener Datensätze mit gesunden Probanden, sowie neue Algorithmen zur Segmentierung und Bewertung der Menschenähnlichkeit bimanueller Bewegungen.

Die COVID-19-Pandemie und der Ausstieg der Universität Alexandria aus dem Projekt führten zu Verzögerungen und reduzierten Datenmengen, wodurch komplexe Modelle des maschinellen Lernens limitiert blieben. Erst im letzten Projektabschnitt konnten patientenspezifische Modelle mit mehreren Datenmodalitäten entwickelt werden – allerdings nur eingeschränkt, da genetische und Neuroimaging-Daten für viele Probanden nur unvollständig oder gar nicht vorlagen. Für 29 Kinder mit vollständigen Therapieverlaufsdaten wurden Korrelationsanalysen zwischen kinematischen Metriken und Therapieerfolgen durchgeführt, wobei Neuroimaging-Parameter die stärksten Prädiktoren darstellten.

Um trotz dieser Einschränkungen methodische Fortschritte zu erzielen, wurden frühzeitig im Projekt eigene Datensätze für menschliche bimanueller Manipulation erhoben. Auf dieser Grundlage wurden eine Taxonomie für Bimanualität erstellt, Segmentierungsansätze und Methoden zur Erkennung bimanueller Kategorien mittels regel- und lernbasierter Verfahren entwickelt sowie Kriterien zur Bewertung der Menschenähnlichkeit basierend auf der Kinematik der oberen Extremität evaluiert.

3. Wesentliche Ergebnisse und Kooperationen

Kern der Arbeiten bildete die Analyse von Bewegungsdaten bei Kindern mit unilateraler Zerebralparese. Die von der Fondazione Stella Maris erfassten ActiGraph-Bewegungsaufzeichnungen (während AHA-Tests und im Alltag) wurden mit klinischen Daten verknüpft. Das eigenentwickelte Python-Framework ermöglichte die Berechnung aussagekräftiger kinematischer Metriken wie Activity Ratio, Jerk Ratio und Motor Activity Index. Insbesondere die Jerk Ratio und die Aktivitätsparameter der beeinträchtigten Hand wiesen signifikante Korrelationen mit standardisierten klinischen Scores auf.

Die höhere Variabilität der Alltagsdaten, bedingt durch nicht-funktionale Bewegungen wie Gang, wurde durch automatisierte Qualitätskontrolle und Bewegungsklassifikatoren adressiert. Im zweiten Kernarbeitspaket wurde ein multimodales Präzisionsmodell durch Integration kinematischer, klinischer und bildgebender Daten entwickelt. Trotz reduzierter Datengrundlage (29 vollständige Datensätze, bei 15 davon auch Neuroimaging-basierte Daten) wurden klinisch bedeutsame Korrelationen zwischen den entwickelten Metriken und Therapieerfolg erkannt.

Das Projekt entstand in Kooperation mit der Fondazione Stella Maris und der Universität Pisa (Italien) sowie dem Karolinska Institutet (Schweden). Methodische Innovationen umfassen zudem öffentlich verfügbare Datensätze für bimanuelle Manipulation, eine neuartige Taxonomie für Beidhändigkeit und validierte Kriterien zur Bewertung der Bewegungsqualität, die als wissenschaftliche Grundlage für weitere Projekte dienen.

4. Fazit und Ausblick

CATCH-HEMI etablierte einen umfassenden Ansatz zur individualisierten Therapieplanung bei Kindern mit Hemiplegie. Die entwickelten Analyseverfahren und das datengetriebene Modell bilden eine solide Grundlage für objektive, personalisierte Rehabilitationsstrategien. Zukünftig sind größere Datensätze erforderlich, um prädiktive KI-Modelle für personalisierte Therapieempfehlungen zu entwickeln und den Nutzen verschiedener Therapiemodalitäten zu vergleichen. Der Ausbau der telemedizinischen Plattform wird die Evaluierung der entwickelten Methoden in größeren klinischen Studien, die Praxistauglichkeit ermöglichen. Die erarbeiteten Konzepte fließen bereits in das EU-Projekt HARIA ein, das sensomotorische Augmentationstechnologien für Menschen mit Armfunktionsstörungen entwickelt.