

2. Zwischenbericht für den Förderverein für HSP-Forschung e.V. zum Projekt:

Die digitale Signatur des spastischen Gangbildes: Selbstlernende Algorithmen zur Berechnung von klinisch relevanten Gangparametern

PD Dr. phil. Heiko Gaßner

Malte Ollenschläger, Dr. Martin Regensburger, Prof. Dr. Jochen Klucken, Prof. Dr. Jürgen Winkler

Zentrum für Seltene Bewegungserkrankungen

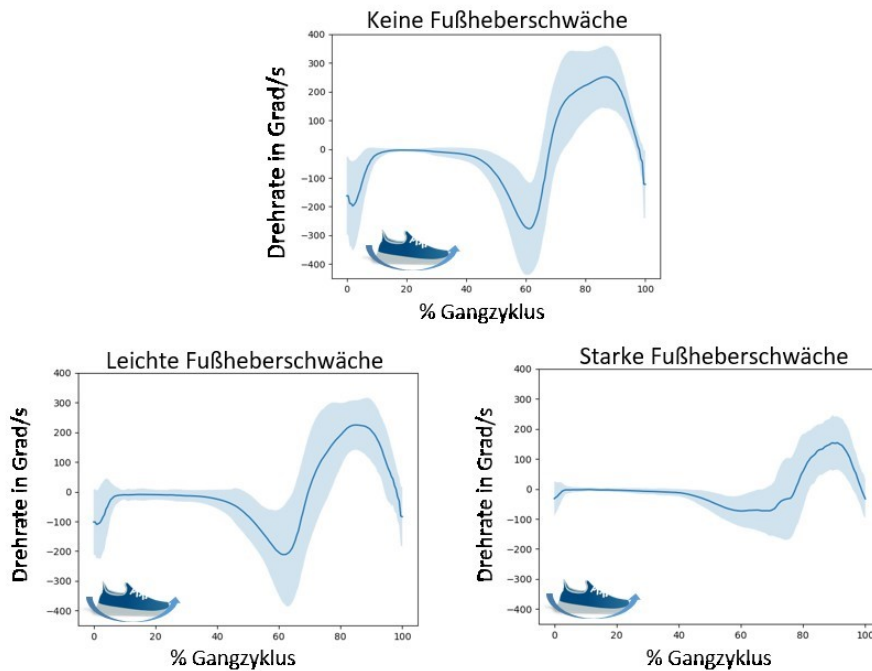
Molekulare Neurologie, Universitätsklinikum Erlangen, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Nachfolgend berichten wir über den Projektfortschritt seit dem Zwischenbericht vom 21.09.2020 an den Förderverein für HSP-Forschung e.V. In den vergangenen sieben Monaten konnten wir trotz der weltweiten Covid-19 Pandemie weitere wichtige Projektfortschritte erzielen, die insbesondere auf die hochspezialisierte Mitarbeit unseres Medizintechnik-Ingenieurs Malte Ollenschläger zurückzuführen sind:

- Wie im ersten Bericht avisiert, wurde die Entwicklung neuer digitaler Gangparameter weiter vorangetrieben. Dies betrifft insbesondere die Quantifizierung der Fußheberschwäche. In Vorarbeiten anderer Forschungsgruppen (z.B. Serrao et al., 2016) konnte mittels zeitaufwendiger und kostenintensiver Aufzeichnungen mit Infrarot-Kamerasystemen gezeigt werden, dass verschiedene Phänotypen der HSP in Bezug auf den Bewegungsumfang in Fuß-, Knie- und Hüftgelenk identifiziert werden können.

In einem „proof-of-concept“-Ansatz gelang es uns, diese Phänotypisierung auch mittels der tragbaren Sensorik für die Fußhebung zu erreichen (siehe Abb. 1). Dies ermöglicht nun, diese herausfordernde Fragestellung spezifischer zu adressieren. Dabei ist es das Ziel, eine automatisierte Klassifikation der Sensorsignale einzelner Patienten in eine der drei Gruppen zu erreichen. Hierzu werden verschiedene Methoden des maschinellen Lernens genutzt, wie etwa k-means Clustering oder Support Vector Machines. Im Anschluss wird die Wertigkeit der Klassifikatoren miteinander verglichen, so dass ermittelt werden kann, welcher Ansatz am besten geeignet ist. Für diese Entwicklung nutzen wir die Programmiersprache Python, welche gebührenfrei genutzt werden kann und ein großes Spektrum an Bibliotheken zur **künstlichen Intelligenz** bereitstellt. Allerdings bauen wir auf Ergebnissen der bisherigen Algorithmik auf, die im Programm MATLAB erstellt wurde. Langfristig soll auch dieser Teil in Python übersetzt werden, wie im nächsten Abschnitt beschrieben.

Die Ergebnisse der oben genannten Klassifikation würde eine sensorbasierte Diagnose in Bezug auf die Ausprägung der Fußheberschwäche und Messung des Ausmaßes von Therapie-Interventionen ermöglichen. Beispielsweise könnte hierdurch der Effekt einer Botulinumtoxin A- oder Physiotherapie-Behandlung auf das Gangbild bezüglich der Fußheberschwäche objektiv analysiert werden. In der Praxis und im häuslichen Alltag heißt dies, die von uns entwickelte Technologie kann dem betroffenen HSP-Patient eine Rückmeldung bzgl. der Fußhebung oder der Stolper-/Sturzgefahr geben. Perspektivisch könnte dies sowohl zur Optimierung der Therapie (z.B. Dosisanpassung von Medikamenten) dienen als auch den Erstattungsprozess durch Krankenkassen erleichtern. Zudem werden neue digitale Parameter definiert, die in Medikamentenstudien als objektives Maß für ein Ansprechen auf Therapie eingesetzt werden können.



- Weiterhin wurden erste Erfolge in der Übersetzung des Programm-Codes von der gebührenpflichtigen Software „MATLAB“ in die frei verfügbare Programmiersprache „Python“ erzielt. Wir konnten ein generelles Modell auf die Gangdaten gering betroffener HSP-Patienten anwenden. Im nächsten Schritt werden wir die Ergebnisse statistisch analysieren. Die Umsetzung in eine gebührenfreie Software wird ermöglichen, dass die bisher entwickelte Algorithmik zur Erkennung von Schritten mit der neu entwickelten Klassifikation für die Fußheberschwäche verknüpft werden kann. Dies würde es erlauben, die gesamte Algorithmik in ein einzelnes Programm zu verpacken, sodass es ohne die Hilfe eines Medizintechnik-Ingenieurs genutzt werden kann. In der Praxis bedeutet dies eine enorme Erleichterung für alle Therapeuten und Bewegungsspezialisten mit dem Schwerpunkt HSP. Außerdem ist die Nutzung einer gebührenfreien Software eine Voraussetzung für die Entwicklung einer grafischen Benutzeroberfläche, die im nächsten Abschnitt beschrieben wird.

- Es wurde mit der Umsetzung einer grafischen Benutzeroberfläche begonnen, die es Gesundheitsberufsgruppen (Krankenschwestern, Pfleger, Physio- und Sporttherapeuten, etc.) ermöglicht, Gangparameter zu berechnen, ohne dabei auf einen Medizintechnik-Ingenieur angewiesen zu sein (siehe Abbildung unten). Dies spiegelt sich erstens darin wider, dass keine Programme installiert werden müssen, was aus IT-Sicherheitsgründen oft mit Schwierigkeiten assoziiert ist. Weiterhin ermöglicht das erstellte Programm die simultane Darstellung und Synchronisation von Sensorsignalen und komplementären Bilddaten (z.B. Video). Außerdem können verschiedene Aufgaben ohne Programmierkenntnisse, sondern mit einfachen Tastenkombinationen ausgeführt werden. Somit sollen die Arbeitsabläufe deutlich vereinfacht und beschleunigt werden. Derzeit wird eine Machbarkeitsstudie zu dieser Benutzeroberfläche geplant, um die Nutzbarkeit und Erweiterung auf andere konkrete Anwendungsfälle zu untersuchen.

Als weiteren Anwendungsfall ist es perspektivisch möglich, das Programm und die Darstellung so zu gestalten, dass insbesondere Patienten zuhause am Computer ohne aufwendige Technik, die aufgezeichneten Daten im Alltag ansehen können. Es können sowohl die Rohdaten visualisiert als auch spezifische Gangparameter, wie etwa Schrittzeit, angezeigt werden. Einerseits können Patientinnen und Patienten dadurch

einsehen, welche Daten Sie mit den Wissenschaftlern teilen, andererseits können sie selbst überblicken, wie sich Ihre Gangparameter entwickeln. Dies ermöglicht erstmals die direkte Nutzung der Daten von Patientinnen und Patienten und steht im Gegensatz zu der bisherigen Vorgehensweise, bei der Patientinnen und Patienten keinen unmittelbaren Zugriff auf ihre eigenen Sensordaten oder die Ergebnisse der Gangdaten haben. Derzeit ist es nötig, die Daten in einem zeitaufwendigen Prozess durch einen Medizintechnik-Ingenieur aufbereiten zu lassen.

Laden der Sensordaten

Anwendung von Algorithmen
durch einen Klick (im Aufbau)

Einfacher Export von Gangparametern



In den kommenden sechs Monaten werden wir die digitale Charakterisierung zur Erfassung der Fußheberschwäche weiter konsequent ausbauen. Hierzu werden wir die Klassifikation der HSP-bedingten Fußheberschwäche in drei klinisch definierten Kategorien näher untersuchen. Hierzu teilt Personal aus Gesundheitsberufsgruppen die Patientinnen und Patienten (Studienpopulation) in die drei Kategorien „keine“, „leichte“ oder „starke Einschränkung“ bzgl. des Gangbilds ein. Dies ist eine ähnliche Einteilung, wie sie bereits in der Literatur zu finden ist (Serrao et al 2016), wobei die Anwendung von tragbaren Sensoren bei diesen drei klinisch relevanten Erscheinungsbildern noch nicht durchgeführt wurde. Ein zufällig ausgewählter Anteil der Studienpopulation wird genutzt, um Algorithmen zu „trainieren“. In diesem Trainingsprozess lernt die Algorithmik anhand der Sensordaten und der Kategorisierung, welche Sensorsignale typisch für „keine“, „leichte“ und „starke Einschränkung“ sind. Mit den Daten der übrigen Studienpopulation, die dem Algorithmus bis dahin nicht gezeigt wurden, wird im Anschluss ausgewertet, wie gut die Klassifikations-Algorithmik mit neuen, bisher unbekanntem Daten funktioniert.

Die hierbei entwickelte Algorithmik wird die individuelle Klassifikation per Gangtest ermöglichen, eine Einzelschrittanalyse und technische Validierung rückt damit in greifbare Reichweite für den häuslichen Bereich.

Darüber hinaus werden wir die grafische Nutzeroberfläche bezüglich ihrer Nutzbarkeit auswerten und die Ergebnisse für weitere Verbesserungen nutzen.

Zusätzlich werden wir die Ergebnisse von der Übersetzung von „MATLAB“ nach „Python“ berichten, welche eine Auskunft darüber geben, welche Schritte ggf. noch nötig sind, um die HSP-Algorithmik in die grafische Nutzeroberfläche einzubinden.

Der nächste Projektzwischenbericht wird voraussichtlich im **September 2021** erstellt werden.