

3. 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. Jürgen Winkler

Zentrum für Seltene Bewegungserkrankungen

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

Nachfolgend berichten wir über den Projektfortschritt seit dem letzten Zwischenbericht vom 30.04.2021 an den Förderverein für HSP-Forschung e.V. In den vergangenen fünf Monaten konnten wir weitere wichtige Projektfortschritte erzielen, die insbesondere auf die hochspezialisierte Mitarbeit unseres Medizintechnik-Ingenieurs Malte Ollenschläger zurückzuführen sind:

- Im vorangegangenen Bericht aus dem April haben wir von unserem „proof-of-concept“-Ansatz bezüglich der Quantifizierung der Fußheberschwäche berichtet. Das Ziel hierbei ist es, die Sensorsignale der Patienten in eine der Gruppen „keine“, „leichte“, oder „starke“ Fußheberschwäche einzuordnen.

Zunächst konnten wir zeigen, dass die mit unserem System gemessenen Bewegungsumfänge mit den Erwartungen aus der Literatur übereinstimmen und sich tatsächlich drei Gruppen unterscheiden lassen (s. Abbildung 1 und vgl. Serrao et al., 2016). Dies zeigt, dass das mobile Ganganalysesystem grundsätzlich in der Lage ist, die Fußheberschwäche automatisiert auszuwerten und stellt damit die Basis für Messungen außerhalb der Klinikumgebung dar. In der Folge haben wir einen ersten Algorithmus basierend auf Schwellwerten in den gemessenen Signalen entwickelt. Durch diesen vergleichsweise einfachen Ansatz konnte der Schweregrad der Fußheberschwäche in 58% der Daten korrekt klassifiziert werden. Im zweiten Schritt haben wir die Komplexität des Algorithmus erhöht, indem wir auf eine Methodik des maschinellen Lernens zurückgegriffen haben. Damit konnten wir die Klassifikationsgenauigkeit um 12% steigern und sind nun in der Lage, 70% der Daten korrekt zu klassifizieren. Im nächsten Schritt werden wir einerseits die Feinabstimmung des Algorithmus überarbeiten und andererseits weitere Ansätze des maschinellen Lernens testen, um die Klassifikationsgenauigkeit weiter auszubauen.

Perspektivisch kann der Parameter der Fußheberschwäche zur genaueren Beurteilung des spastischen Gangbildes herangezogen werden. Darüber hinaus liefert die Analyse der Fußheberschwäche eine wichtige Basis für die Berechnung weiterer Gangparameter, wie etwa der Schrittlänge. Damit bahnt die Fortführung dieses Ansatzes den Weg zur Erweiterung der digitalen Signatur des spastischen Gangbildes.

Für Patienten bedeutet dies, dass ihren Behandlern mehr Parameter zur Verfügung stehen, um beispielsweise die Effekte einer Botulinumtoxin A- oder Physiotherapie-Behandlung in Bezug auf das Gangbild objektiv zu analysieren. Damit rückt eine Optimierung der Therapie in greifbare Nähe. Außerdem könnten die zusätzlichen digitalen Gangparameter dazu genutzt werden, Patienten und Behandlern kontinuierliche Rückmeldungen, auch im „Home-

Monitoring“ bezüglich der Fußhebung und noch wichtiger, der Stolper/-Sturzgefahr zu erstellen.

- Weitere wichtige Fortschritte wurden in Bezug auf den Algorithmus erzielt, der einzelne Schritte im Sensorsignal identifiziert. Im Rahmen der Übersetzung in eine kostenfreie Programmiersprache konnten wir feststellen, dass mit einem neuen Algorithmus, der nicht auf HSP-Patienten angepasst ist, eine Klassifikationsgenauigkeit (sogenannter F1-Wert) von 71% erzielt werden konnte. Dies ist ein Hinweis darauf, dass dieser Algorithmus prinzipiell geeignet ist, aber noch weiterentwickelt werden muss. Hierzu werden wir den Algorithmus anhand vorhandener Sensordaten verschiedener HSP-Patienten weiterentwickeln, um die bisher fehlenden Schritte zu detektieren. Daran anschließend muss der so optimierte Algorithmus erweitert werden, sodass spezifische Gangereignisse detektiert werden können, wie zum Beispiel der Moment des Abhebens des Fußes vom Boden oder der des Aufsatzes des Fußes nach der Schwungphase.

Gelingt uns dieser Ansatz, können wir auf den zeitaufwändigen Schritt der Personalisierung der Algorithmen verzichten. Dies bedeutet eine starke Verringerung der Analysekomplexität. Praktisch führt dies dazu, dass Forscher und Behandler mehr Zeit für Fragestellungen aufwenden können, welche die Algorithmik verbessern oder die Behandlung der Patienten optimieren. Für Patienten bedeutet es, dass sie dann direkt zu Hause ihre analysierten Gangparameter erhalten und prüfen können, ohne dass die Daten vorher zu einer Klinik gesendet werden müssen. Dies könnte beispielsweise über eine grafische Benutzeroberfläche ermöglicht werden, wie wir sie im nächsten Abschnitt beschreiben.

- Neben den oben genannten Fortschritten in der Entwicklung der Algorithmen, konnten wir weitere Fortschritte in der Umsetzung einer grafischen Benutzeroberfläche erzielen. Diese wird entwickelt, damit Gesundheitsberufsgruppen (Pflegepersonal, Physio- und Sporttherapeuten, Neurologen, klinische Forscher etc.) die Gangparameter von HSP-Patienten analysieren können, ohne auf die Unterstützung eines Medizintechnik-Ingenieurs angewiesen zu sein. Somit können Arbeitsabläufe vereinfacht und beschleunigt werden. Außerdem kann die Benutzeroberfläche nach der Umsetzung auch von Patienten selbst zu Hause genutzt werden, um Einblick in die aufgezeichneten Daten und die ermittelten Gangparameter zu erhalten.

Die erstellte Software wurde in den vergangenen Monaten so strukturiert, dass nicht nur die von uns entwickelten Algorithmen eingebunden werden können, sondern mit überschaubarem Aufwand auch die Algorithmen beliebiger anderer Forschungsinstitute. Damit ermöglichen wir es der klinischen Forschung, in kürzester Zeit auf neuste Algorithmen zugreifen zu können, selbst wenn diese noch nicht Teil eines offiziell erhältlichen Ganganalysesystems sind. Damit verkürzen wir die Zeitspanne bis neue algorithmische Entwicklungen von klinischen Forschern genutzt werden können. Als Resultat wird damit die Forschung transparenter für Patienten.

Neben der Weiterentwicklung des Programmcodes, haben wir interdisziplinär mit Gesundheitsberufsgruppen und Ingenieuren die Bedienbarkeit der Benutzeroberfläche verbessert.

In den kommenden sechs Monaten werden wir die Algorithmik zur Analyse der Fußheberschwäche weiter ausbauen. Damit werden wir die Klassifikationsgenauigkeit erhöhen, sodass die Algorithmik perspektivisch in der Klinik sowie in der Analyse von Sensordaten aus dem „Home-Monitoring“ genutzt werden kann.

Außerdem werden wir den generalisierten Ansatz zur Schrittdetektion speziell auf HSP Patienten anpassen und berichten, inwiefern dies die Schrittdetektion verbessert.

Bezüglich der Nutzeroberfläche werden wir eine Studie mit Anwendern durchführen. Hierbei werden wir Gesundheitspersonal einbinden, um die Gestaltung und die Interaktion mit der Nutzeroberfläche zu analysieren. Weiterhin werden wir Algorithmen-Entwickler einbinden, um das Potential in der Anpassung auf andere Algorithmen zu analysieren.

Der nächste Projektbericht wird im **März 2022** erstellt.

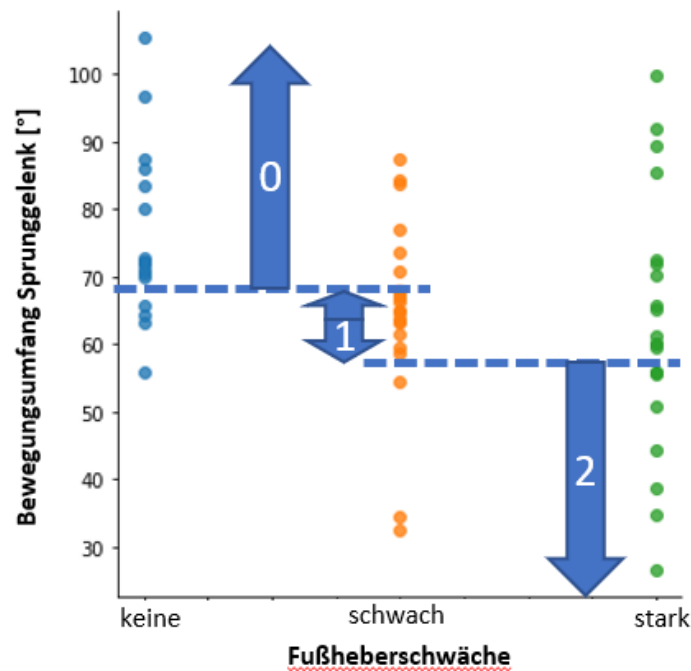


Abbildung 1: Patienten wurden von unseren klinischen Experten der Ganganalyse in drei Kategorien „keine Fußheberschwäche“ (0), „leichte Fußheberschwäche“ (1) und „starke Fußheberschwäche (2)“ eingeteilt. Dargestellt ist außerdem der vom Sensor gemessene Bewegungsumfang im Sprunggelenk. Die gestrichelten Linien zeigen potenzielle Schwellwerte an, anhand derer ein Algorithmus automatisch klassifizieren könnte. Daraus resultierend würden alle Punkte unterhalb von 58° der Klasse „2“ zugeordnet werden – auch drei orangene, was fehlerhaft ist. Ebenso würden grüne Punkte fälschlicherweise in Kategorie „0“ und „1“ eingeordnet werden. Demnach müssen umfassendere Algorithmen entwickelt werden, um diese Klassifikation zu verbessern.