

Diplomarbeit

**UNTERSUCHUNGEN ZUM KLINISCHEN EFFEKT UND
ZUR SICHERHEIT EINES NEUARTIGEN
MECHANOTRONISCHEN THERAPIEKONZEPTS ZUR
VERBESSERUNG DER HANDFUNKTION NACH
SCHLAGANFALL**

eingereicht von

Pargfrieder Christa

Mat.Nr.: 0310975

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktorin der gesamten Heilkunde

(Dr. med. univ.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Universitätsklinik für Neurologie

unter der Anleitung von

Priv.-Doz. Dr. med. univ. Enzinger Christian

Graz, März 2009

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 26.3.2009

Christa Pargfrieder

Vorwort

Der Anlass, diese Arbeit zu verfassen war, die Mitarbeit an einer klinischen Studie der Universitätsklinik für Neurologie unter der Leitung von Priv.-Doz. Dr. Christian Enzinger. Es wurden die Auswirkungen eines neuartigen Therapiekonzepts auf die Handfunktion von Schlaganfallpatienten untersucht.

Die Motivation, mich insbesondere mit dieser Thematik auseinander zu setzen, war die Tatsache, dass bestehende körperliche Funktionsausfälle durch gezieltes Training minimiert oder sogar wieder vollständig behoben werden können.

„Dein Körper ist kein festes Ding.

Es ist ein formbarer Prozess.“

(Robert Schleiß)

Da zur Umsetzung der Studie die Zusammenarbeit verschiedener Institutionen (Universitätsklinik für Neurologie, Universitätsklinik für Radiologie – Abteilung für Neuroradiologie, Rehabilitationsklinik Judendorf-Strassengel, Technische Universität Graz, Firma Tyromotion) erforderlich war, wurden mir interessante Einblicke in unterschiedlichste Bereiche geboten.

Aus Gründen der einfacheren Lesbarkeit wird in der nachfolgenden Arbeit auf die geschlechtsspezifische Differenzierung verzichtet. Entsprechende Begriffe gelten im Sinne der Gleichbehandlung grundsätzlich für beide Geschlechter. Die Entscheidung für diese Schreibweise beruht allein auf praktischen und nicht auf inhaltsbezogenen Erwägungen.

Danksagungen

An dieser Stelle möchte ich mich bei all jenen Personen recht herzlich bedanken, die durch ihre fachliche und persönliche Unterstützung zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Ein besonderer Dank gilt meinem Betreuer, *Priv.- Doz. Dr. Christian Enzinger*.

Er ermöglichte mir erste Einblicke in die Welt des wissenschaftlichen Arbeitens und unterstützte mich durch seine fachliche Kompetenz und Hilfsbereitschaft wesentlich bei der Erstellung dieser Diplomarbeit.

Ein großer Dank gilt auch allen anderen an der klinischen Studie beteiligten Personen: *Univ.-Prof. Dr. Franz Fazekas, Univ.-Prof. Dr. Gudrun Reiter, Univ.-Doz. DI Dr. Stefan Ropele, Ass. Dr. Walter Wurm* (Universitätsklinik für Neurologie Graz), *Univ.-Prof. Dr. Franz Ebner* (Universitätsklinik für Radiologie Graz), *Prim. Dr. Peter Grieshofer* und seinem *Team* (Rehabilitationsklinik Judendorf-Strassengel), *DI Reinhold Scherer* (Technische Universität Graz), und der *Firma Tyromotion*.

Weiters möchte ich mich bei meiner Freundin und Studienkollegin *Sandra* bedanken. Wir haben unser Studium getreu dem Motto „Geteiltes Glück ist doppeltes Glück“ und „Geteiltes Leid ist halbes Leid“ vom ersten Tag an gemeinsam gemeistert.

Schlussendlich möchte ich noch den wichtigsten Personen in meinem Leben recht herzlich danken. Vor allem meinen *Eltern*, die mir dieses Studium ermöglichten und mir stets zur Seite standen und meinem Freund *Klemens* für seine vielfältige Unterstützung.

Zusammenfassung

Jährlich erleiden etwa 20 000 Österreicher einen Schlaganfall. Durch die Verschiebung der Alterspyramide ist zukünftig noch mit einem weiteren Anstieg zu rechnen. Motorische Defizite sind die häufigsten Ausfälle in Folge eines Schlaganfalls und stellen die Hauptursache für bleibende Behinderung im Erwachsenenalter.

Besonders problematisch ist die Rehabilitation hochgradiger, distal betonter Paresen der oberen Extremität, da die gezielte physiotherapeutische Beübung im Rahmen herkömmlicher Therapiemethoden mit einem enormen zeitlichen und personellen Aufwand verbunden ist. Diese Lücke versuchen mechanotronische Geräte, wie beispielsweise Handroboter, zu schließen.

Ziel dieser Arbeit war es, die klinischen Effekte und die Therapiesicherheit eines neuartigen Handroboters, der speziell zur Beübung der Hand- und Fingermotorik entwickelt wurde, zu untersuchen.

Insgesamt nahmen elf Patienten (mittleres Alter: 66 Jahre; m:w / 9:2) mit hochgradigen, motorischen Ausfällen der distalen, oberen Extremität, in Folge eines hämorrhagischen oder ischämischen Geschehens, an der Studie teil.

Neben dem Standardrehabilitationsprogramm erhielten die Patienten zusätzlich 15 Einheiten am neuartigen Handroboter.

Signifikante, motorische Funktionszugewinne im Trainingsverlauf waren anhand von Verbesserungen des Motricity Index-Pinzettengriffs um durchschnittlich 3,9 Punkte (von 21,7 Punkte auf 25,6 Punkte; $p=0,017$) und einer mittleren Zunahme der Griffstärke um 3,4 N (von 8,3 N auf 11,7 N; $p= 0,013$) detektierbar. In den Analysen erwies sich vor allem ein möglichst frühzeitiger Trainingsbeginn als positiv für die funktionelle Restitution. Während des Beobachtungszeitraums konnte weiters eine gute Therapiesicherheit am Handroboter bestätigt werden. Die vorliegenden Ergebnisse sprechen somit für eine hohe Effektivität der Therapie am neuartigen Handroboter. Zur Sicherung dieser Aussagen sind jedoch in Zukunft randomisierte Testungen eines größeren Patientenkollektivs mit einem Kontrollarm notwendig.

Abstract

Approximately 20 000 Austrians per year suffer from stroke with numbers likely to further increase with demographic shifts.

Motor deficits constitute the most common impairments resulting from stroke and are the main cause of long-term disability in adults.

However, the rehabilitation of hand function using conventional physiotherapy and techniques is difficult, time consuming and rarely practicable.

This prompted the development of robotic devices.

The aim of this work was to test the clinical effects and applicability of a novel finger-hand rehabilitation robot.

Eleven patients (mean age: 66 years; m:f / 9:2) suffering from severe motor deficits of distal, upper extremity took part in the study. The patients underwent a training programme for three weeks, when they received a standard rehabilitation parallel to 15 therapies with the hand robot.

Significant functional improvements during the training sessions have been shown. The Motricity Index – pinch grip increased on average by 3,9 points (from 21,7 points to 25,6 points; $p=0,017$).

The mean gain in grip strength was about 3,4 N (from 8,3 N to 11,7 N; $p=0,013$). Moreover the results showed that an early start of therapy correlated with good functional recovery. Over the training period of three weeks the therapy provided by the hand robot was well tolerated. According to these results the robot aided therapy seemed to be efficient.

Given the limitations of this exploratory study, to further corroborate these results, randomized investigations with a higher number of patients and a control arm would be necessary.

Abkürzungsverzeichnis

AS	Ashworth Scale
BI	Barthel Index
CIMT	Constraint-Induced Movement Therapy
DWI	diffusion-weighted imaging
EHI	Edinburgh Handedness Inventory
FIM	Functional Independence Measure
FLAIR	fluid-attenuated inversion-recovery
fMRT	funktionelle Magnetresonanztomographie
MMSE	Mini Mental State Examination
MI	Motricity Index
MIME	Mirror Image Motion Enabler
MRC	Medical Research Council
mRS	modified Rankin Scale
MRT	Magnetresonanztomographie
NeReBot	Neuro Rehabilitation Robot
NIHSS	National Institute of Health Stroke Scale
PNF	propriozeptive neuromuskuläre Fazilitierung
RMI	Rivermead Mobility Index
mRMI	modified Rivermead Mobility Index
TMS	transkranielle Magnetstimulation
TOF	time-of-flight
ZNS	zentrales Nervensystem

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Definition des Schlaganfalls.....	1
1.2	Epidemiologische Daten zum Schlaganfall.....	2
1.3	Folgen des Schlaganfalls.....	2
1.4	Mechanismen der funktionellen Erholung nach Schlaganfall	4
1.5	Neurorehabilitation.....	6
1.6	Motorische Rehabilitation nach Schlaganfall	7
1.6.1	Traditionelle Therapieansätze	8
1.6.2	Aktivitätsabhängige neuronale Plastizität.....	10
1.6.3	Moderne Therapieansätze	12
1.7	Roboterunterstützte Rehabilitation.....	14
1.7.1	Therapieroboter zur Beübung der oberen Extremität und ihre Wirksamkeit.....	15
1.7.2	Handroboter	17
1.8	Zielsetzungen und Fragestellungen der Arbeit.....	22
2	Methoden	23
2.1	Studienprotokoll	23
2.2	Patientengruppe	24
2.2.1	Patientenrekrutierung.....	24
2.2.2	Ein- und Ausschlusskriterien	25
2.2.3	Merkmale der Patientengruppe	26
2.3	Rehabilitation.....	30
2.3.1	Konventionelle Therapie	30
2.3.2	Therapie am neuartigen Handroboter	30

2.4	Strukturelle MRT-Untersuchungen	31
2.5	Erhebungsinstrumente	33
2.5.1	Klinische Skalen und Scores.....	33
2.5.2	Kraftmessung.....	41
2.6	Auswertungsverfahren.....	43
2.6.1	Statistische Auswertung.....	43
2.6.2	Vermessung der Infarktareale	43
2.6.3	Protokollblatt	44
3	Ergebnisse	45
3.1	Deskriptive Statistik	45
3.2	Inferenzstatistik	47
3.2.1	Entwicklung der funktionellen Handkraft	47
3.2.2	Auswirkungen der Therapie auf die Selbstständigkeit im Alltag und den Behinderungsgrad	52
3.2.3	Variablen mit möglichem Einfluss auf den Trainingserfolg.....	57
3.2.4	Evaluierung der Trainingssicherheit am Handroboter	62
4	Diskussion	63
4.1	Diskussion der Ergebnisse.....	63
4.2	Limitationen	68
4.3	Fazit und Ausblick.....	69
	Literaturverzeichnis	72

Anhang

Trainingsprotokoll (Handroboter)	ANHANG I
Therapieprotokoll (Klinik Judendorf-Strassengel)	ANHANG II

Mini Mental State Examination (MMSE)	ANHANG IIIa
Edinburgh Handedness Inventory (EHI)	ANHANG IIIb
Ashworth Scale (AS)	ANHANG IIIc
Motricity Index (MI)	ANHANG IIId
Rivermead Mobility Index (RMI)	ANHANG IIIe
Barthel Index (BI)	ANHANG IIIf
modified Rankin Scale (mRS)	ANHANG IIIg
National Institute of Health Stroke Scale (NIHSS)	ANHANG IIIh
Lebenslauf	ANHANG IV

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1:	Das multiprofessionelle Team der Neurorehabilitation	7
Abbildung 1-2:	Handroboter	17
Abbildung 1-3:	Graphische Benutzeroberfläche des Handroboters mit den getroffenen Therapieeinstellungen	19
Abbildung 1-4:	Graphische Benutzeroberfläche des Handroboters zur Verwaltung der Patientendatenbank.....	20
Abbildung 2-1:	Graphische Darstellung des Studienprotokolls	23
Abbildung 2-2:	Infarktareale der Studienpatienten	32
Abbildung 2-3:	Graphische Benutzeroberfläche des Handroboters zum Zeitpunkt der Kraftmessung.....	42
Abbildung 2-4:	Graphische Benutzeroberfläche mit der Darstellung der Kraftentwicklung im Therapieverlauf.....	42
Abbildung 2-5:	Darstellung eines akuten Infarkts anhand unterschiedlichen MRT- Sequenzen.....	44
Abbildung 3-1:	MI des betroffenen Arms vor (MI1) und nach (MI2) 15 Therapieeinheiten	49
Abbildung 3-2:	MI-Pinzettengriff des betroffenen Arms vor (MI1) und nach (MI2) 15 Therapieeinheiten.....	50
Abbildung 3-3:	Kraftzunahme im Therapieverlauf gemessen am Handroboter.....	51
Abbildung 3-4:	Kraftentwicklung der einzelnen Studienpatienten zwischen Therapiebeginn und –ende	52
Abbildung 3-5:	Entwicklung des RMI im Therapieverlauf.....	53
Abbildung 3-6:	Entwicklung des BI im Therapieverlauf.....	54
Abbildung 3-7:	Entwicklung der NIHSS im Therapieverlauf	56

Abbildung 3-8:	Zusammenhang zwischen dem Trainingserfolg, gemessen an der Kraftzunahme und dem Zeitintervall zwischen Akutereignis und Trainingsbeginn.....	58
Abbildung 3-9:	Zusammenhang zwischen dem Zeitintervall von Akutereignis bis Trainingsbeginn und den Verbesserungen im RMI	59
Abbildung 3-10:	Nicht signifikanter Zusammenhang zwischen dem Infarkt volumen und der Verbesserung im MI-Pinzettengriff	61
Abbildung 3-11:	Nicht signifikanter Zusammenhang zwischen dem Infarkt volumen und der Kraftentwicklung	61

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1:	Häufigkeit neurologischer Defizite in Folge eines Schlaganfalls ...	3
Tabelle 1-2:	Zeitliche Abfolge zerebraler Veränderungen in Folge eines Schlaganfalls.....	4
Tabelle 1-3:	Faktoren mit Einfluss auf die funktionelle Erholung.....	6
Tabelle 2-1:	Demographie der Studienpatienten.....	27
Tabelle 2-2:	Klinische Variablen zu den Studienpatienten	28
Tabelle 2-3:	Angaben zur Lateralität, Lokalisation, Ätiologie und Volumen der Läsionen	33
Tabelle 3-1:	Werte der deskriptiven Statistik.....	46
Tabelle 3-2:	Statistische Kenngrößen zum MI des betroffenen Arms und MI-Pinzettengriff des betroffenen Arms	47
Tabelle 3-3:	Zusammenhang der Verbesserungen im MI (betroffener Arm) mit den Verbesserungen im MI-Pinzettengriff (betroffener Arm).....	48
Tabelle 3-4:	Statistische Kenngrößen zu den Daten der Kraftmessung.....	51
Tabelle 3-5:	Statistische Kenngrößen zum RMI.....	53
Tabelle 3-6:	Statistische Kenngrößen zum BI	54
Tabelle 3-7:	Statistische Kenngrößen zur NIHSS	55
Tabelle 3-8:	Statistische Kenngrößen zur mRS	56
Tabelle 3-9:	Angaben zum Zeitintervall (Akutereignis bis Trainingsbeginn) und zu den Kaftmessungen	57
Tabelle 3-10:	Infarktgrößen, Verbesserungen im MI-Pinzettengriff und Kraftzunahme der einzelnen Studienpatienten	60

1 Einleitung

Ziel dieser Arbeit war es, die klinischen Effekte und die Therapiesicherheit eines neuartigen Handroboters, der speziell für die Beübung der distalen oberen Extremität entwickelt wurde, zu testen.

Die klinische Prüfung moderner Behandlungsmethoden im Bereich der Hand- und Fingerrehabilitation ist von großer Bedeutung. Dies ist einerseits dadurch zu begründen, dass motorische Defizite die größte Gruppe an Ausfällen in Folge eines Schlaganfalls darstellen. Andererseits ist die Rehabilitation motorischer Funktionen der distalen oberen Extremität besonders problematisch, da diese im Rahmen von konventionellen Behandlungsverfahren mit einem großen zeitlichen und personellen Aufwand verbunden ist und somit meist nur unzureichend gewährleistet werden kann.

Vor der Beschreibung der Methodik, den Ergebnissen und der abschließenden Diskussion zur Arbeit, folgt ein allgemeiner Abschnitt, welcher Grundlagen zum Thema Schlaganfall und motorischer Rehabilitation beinhaltet.

1.1 Definition des Schlaganfalls

Der Begriff Schlaganfall bezeichnet ein „plötzlich aufgetretenes neurologisches Defizit zerebrovaskulärer Genese“ (Schubert 2006, S. 303).

Weitere verwendete Synonyme sind zerebraler Insult, Hirninsult, zerebrale Apoplexie, Gehirnschlag und im angloamerikanischen Sprachgebrauch „stroke“.

Grundsätzlich gibt es drei verschiedene Formen zerebraler Durchblutungsstörungen.

Die größte Gruppe der ischämischen Ereignisse (85%) entsteht durch Gefäßverschlüsse oder Gefäßverengungen, welche zu einer Minderperfusion des Gehirns führen. Dazu zählen die transiente ischämische Attacke (TIA) und der ischämische Insult.

Bei hämorrhagischen Insulten (10%) kommt es zum Auftreten von Gehirnblutungen mit bevorzugter Lokalisation im Bereich der Stammganglien, des Thalamus und im subkortikalen Marklager.

Die dritte Gruppe, die Subarachnoidalblutungen (5%), zeigen Einblutungen in den Subarachnoidalraum, meist in Folge einer Aneurysmaruptur oder von Blutungen arteriovenöser Malformationen (Diener 1999, S. 1917).

1.2 Epidemiologische Daten zum Schlaganfall

In Österreich erleiden etwa 20 000 Personen pro Jahr einen Schlaganfall. Der Insult ist somit nach Erkrankungen des Herzkreislaufsystems und Malignomen, die dritthäufigste Todesursache (ÖGSF 2000).

Zu den nicht beeinflussbaren Risikofaktoren zerebrovaskulärer Geschehen zählen männliches Geschlecht und zunehmendes Lebensalter (Schubert 2006, S. 304-305). Auf Grund der Verschiebung der Bevölkerungsstruktur in Richtung eines steigenden Anteils an höheren Altersgruppen, ist in Zukunft mit einer weiteren Zunahme zerebrovaskulärer Geschehen zu rechnen (ÖGSF 2000).

1.3 Folgen des Schlaganfalls

Die Folgen zerebrovaskulärer Geschehen sind sehr variabel, und hängen maßgeblich von der Lokalisation und dem Ausmaß der Destruktion ab. Obwohl in den vergangenen Jahren die Sterblichkeitsrate nach Schlaganfall deutlich gesenkt werden konnte (ÖGSF 2000), ist der zerebrale Insult in den Industrienationen noch immer führende Ursache für eine dauerhafte Behinderung im Erwachsenenalter (EUSI 2003).

Nur etwa ein Viertel der Patienten gesundet vollständig, ein Viertel verstirbt an den Folgen des Schlaganfalls, bei einem Viertel bleibt eine leichte Behinderung und bei einem weiteren Viertel eine schwere Behinderung bestehen (Diener 2007, S. 382).

Das breite Ausfallsspektrum zerebrovaskulärer Geschehen umfasst motorische, sensorische, affektive und kognitive Defizite. Tabelle 1-1 gibt einen Überblick bezüglich der häufigsten Schlaganfallfolgen.

Tabelle 1-1: Häufigkeit neurologischer Defizite in Folge eines Schlaganfalls (Quelle: ESO)

Hemiparesen	70-80%
Gangstörungen	70-80%
visuelle Wahrnehmungsdefizite	60-75%
Dysarthrie	55%
Depression	40%
Aphasie	20-35%
Dysphagie	15-35%
Kognitive Defizite	10-20%

Wie aus Tabelle 1-1 ersichtlich ist, überwiegen vor allem motorische Ausfälle, wobei die Halbseitenlähmung das häufigste Defizit ist.

Unter den Begriffen Hemiparese und Hemiplegie versteht man eine „Halbseitenschwäche beziehungsweise eine vollständige halbseitige Lähmung unter Einschluss des Gesichts“ (Rudofsky 2007, S. 256).

Angaben zur funktionellen Restitution insultbedingter Halbseitenlähmungen finden sich in Luft 2007 (S. 1136). Demnach zeigen lediglich 5% der Patienten mit paretischer oberer Extremität eine vollständige Restitution der Hand- und Fingerfunktion, während bei 20% der Patienten keine Funktion der distalen oberen Extremität zurückkehrt (Nakayama 1994 zitiert nach Luft 2007, S. 1136). Patienten mit Lähmungen der unteren Extremität werden in etwa drei Viertel der Fälle wieder gehfähig, ein Viertel bleibt hingegen dauerhaft auf den Rollstuhl angewiesen oder ist bettlägerig (Jorgensen 1995 zitiert nach Luft 2007, S. 1136).

Diese Zahlen weisen auf die wenig zufriedenstellende, funktionelle Restitution motorischer Ausfälle der oberen Extremität nach Schlaganfall hin und unterstreichen somit den hohen Stellenwert der Entwicklung und Testung neuartiger Therapieverfahren in diesem Bereich der Rehabilitation.

1.4 Mechanismen der funktionellen Erholung nach Schlaganfall

Neuronale, plastische Veränderungen werden als ein zentraler Mechanismus bei der Wiederherstellung verloren gegangener Funktionen nach Schlaganfall diskutiert. Unter neuronaler Plastizität versteht man das Potential des Nervensystems zur Umstrukturierung. Entgegen der früheren Annahme, das menschliche Gehirn sei ein starr organisiertes System, handelt es sich demnach vielmehr um ein dynamisches Netzwerk (Müllbacher 2006, S. 513-514).

Plastische Veränderungen des zentralen Nervensystems (ZNS) können physiologisch im Rahmen der Entwicklung (Entwicklungsplastizität) oder bei Lernprozessen beobachtet werden. Aber auch zerebrale Läsionen (postläsionelle Plastizität, „Spontanerholung“) und eine dadurch notwendige, gezielte therapeutische Beübung der resultierenden Defizite (aktivitätsabhängige Plastizität) können derartige Reorganisationen des Gehirns initiieren (Müllbacher 2006, S. 513-522; Krakauer 2005).

Die zerebralen Veränderungen in Folge eines Schlaganfalls, können grob in drei Phasen gegliedert werden (siehe Tabelle 1-2).

**Tabelle 1-2: Zeitliche Abfolge zerebraler Veränderungen in Folge eines Schlaganfalls
(Quelle: modifiziert nach Cramer 2004)**

	Zeitraum	Zerebrale Veränderungen
Phase 1	in den ersten Stunden nach dem Infarkt	Veränderungen im zerebralen Blutfluss, des Gehirnödems, des zerebralen Metabolismus; Entzündungsreaktionen und Diaschisis
Phase 2	in den ersten Tagen bis Wochen nach dem Insult	„Spontanerholung“
Phase 3	Wochen bis Monate nach dem Insult	Die Spontanerholung erreicht ein Plateau: die Funktionen sind stabil aber noch therapeutisch modifizierbar

Wie aus der Tabelle 1-2 hervorgeht, tritt das Phänomen der neuronalen Plastizität in der Phase der „spontanen Erholung“ und im Zuge neurorehabilitativer Prozesse auf. Während die „Spontanerholung“ besonders stark in den ersten drei Monaten nach dem Insultgeschehen ausgeprägt ist, sind therapieinduzierte Verbesserungen der motorischen Funktionen auch noch Wochen bis Monate nach einem Infarkt möglich (Cramer 2008).

Anhand von Tierstudien konnten bereits molekulare und zelluläre Mechanismen, welche mit der zerebralen Reorganisation in Zusammenhang stehen, charakterisiert werden. Dazu zählen unter anderem das Dendritenwachstum, die axonale Aussprossung, Veränderungen in der synaptischen Übertragung, die verstärkte Nutzung von parallelen oder latenten Leitungswegen und die Ausschüttung von Nervenwachstumsfaktoren (Birbaumer 2006, S. 404-406; Bütefisch 2006, S. 18-19; Hebb 1949, Levi-Montalchini 1968, Wall 1971, Bliss 1973, Gage 2000 zitiert in Müllbacher 2006, S. 513-514).

Der Einsatz moderner, bildgebender Verfahren ermöglichte es, derartige Umbauprozesse auch in vivo nachzuweisen.

So berichteten Arbeiten über eine verminderte zerebrale Aktivität im Bereich der Läsion unmittelbar nach einem Insult. Hingegen zeigten sich in der kontralateralen Hemisphäre und in weiter entfernt liegenden Arealen mit Verbindungen zur Läsion verstärkte Aktivierungsmuster. Weiters kam es zu somatotopischen Verlagerungen innerhalb intakter, kortikaler Strukturen. Im Zuge der funktionellen Restitution näherten sich die zerebralen Aktivierungsmuster wieder allmählich jenen des gesunden Gehirns an. Eine weitgehende Normalisierung der funktionellen und strukturellen zerebralen Aktivität stünde demnach mit einer guten Funktionserholung in Zusammenhang (zusammengefasst in Cramer 2008).

Der Grad der funktionellen Erholung nach Schlaganfall variiert stark zwischen den einzelnen Betroffenen. Ein Problem stellt die Heterogenität im klinischen Response dar. Diese kann durch diverse patientenbezogene und infarktbezogene Faktoren mit Einfluss auf die funktionelle Restitution erklärt werden (siehe Tabelle 1-3).

Tabelle 1-3: Faktoren mit Einfluss auf die funktionelle Erholung
(Quelle: modifiziert nach Cramer 2008)

Patientenbezogene Faktoren	Infarktbezogene Faktoren
- Alter	- Infarktlokalisierung
- Komorbiditäten	- Infarktgröße
- persönliche Erfahrung und Bildung	- Schweregrad und Umfang der initialen Defizite nach Schlaganfall
- Medikation	- akute Interventionen nach Schlaganfall
- sozioökonomischer Status	- Art und Ausmaß der erhaltenen Therapie nach Schlaganfall
- bereits bestehende Behinderungen vor dem Schlaganfall	- medikamentöse Komplikationen nach dem Schlaganfall
- Depression	
- Genetik	

1.5 Neurorehabilitation

Die Neurorehabilitation widmet sich der Diagnostik und Therapie funktioneller Störungen in Folge von akuten Hirnschädigungen, Rückenmarksschädigungen, peripheren Nervenläsionen und chronisch neurologischen Erkrankungen. Um dieses umfassende Krankheitsspektrum zufriedenstellend behandeln zu können, ist die Zusammenarbeit eines multiprofessionellen Teams erforderlich (siehe Abbildung 1-1).

Das Hauptaugenmerk der Neurorehabilitation liegt auf der gezielten Diagnostik und Therapie funktioneller Defizite des individuellen Patienten. Die rehabilitations-spezifische Diagnostik erfasst initiale Funktionsverluste und dokumentiert Fortschritte im Therapieverlauf, um die Effektivität der angewendeten Behandlungsstrategien fortlaufend zu überprüfen (Fertl 2006, S. 529-541). In die Therapieplanung sollten neben den diagnostizierten Defiziten auch personenbezogene Faktoren (Alter, Geschlecht, Lebensstil, Beruf und Ausbildung) und Umweltfaktoren (soziale, politische, materielle und mentale Umgebung) mit einfließen (Hummelsheim 2005, S. 1161).

Ziel der modernen Neurorehabilitation ist es, verloren gegangene Funktionen auf Basis neurobiologisch fundierter Konzepte vollständig oder zumindest teilweise wiederherzustellen um eine größtmögliche Selbstständigkeit des Patienten im Alltag zu erreichen. Zur Umsetzung dieses Ziels ist die aktive Mitarbeit des Patienten unabdingbar. Die Devise neurorehabilitativer Verfahren lautet demnach „Hilfe zur Selbsthilfe“ (Poier 2003).

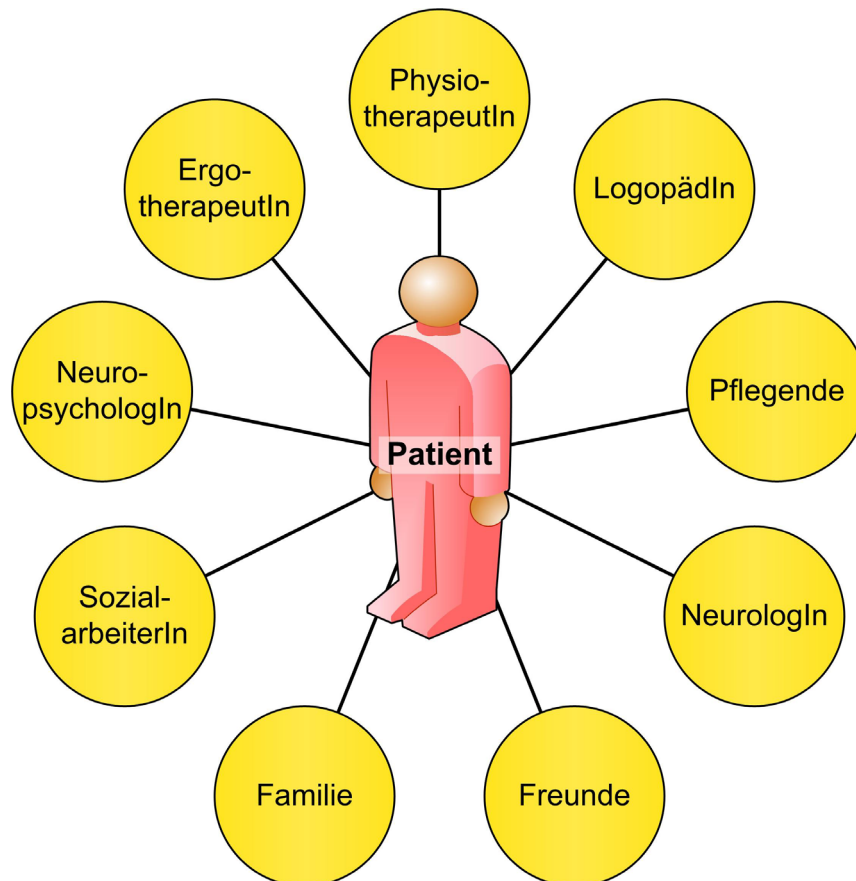


Abbildung 1-1: Das multiprofessionelle Team der Neurorehabilitation
(modifiziert nach Poier 2003, S. 10)

1.6 Motorische Rehabilitation nach Schlaganfall

Motorische Ausfälle nach Schlaganfall stellen die größte Gruppe an therapierten Defiziten in der Neurorehabilitation dar (Luft 2007, S. 1136).

Aktuell koexistieren traditionelle Therapieverfahren und moderne Behandlungsmethoden. Während konventionelle Techniken vor allem die

Haltungskontrolle und die Muskeltonusregulation als essentielle Therapiekomponenten favorisieren, wird der aktiven Bewegungsausübung weniger Bedeutung zugemessen. Im Gegensatz dazu sehen moderne Therapiestrategien aktives und aufgabenspezifisches Training als Grundvoraussetzung für einen guten Rehabilitationserfolg an (Nelles 2005).

Demnach verfolgen die unterschiedlichen Therapieansätze teilweise völlig gegensätzliche Grundgedanken.

Die eindeutige Überlegenheit einer bestimmten Behandlungsstrategie konnte bislang noch nicht belegt werden. Auch fehlt für viele, bereits im klinischen Alltag präsente Therapieverfahren, ein spezifischer Wirksamkeitsnachweis. In Zukunft sind daher Studien zur Prüfung der Wirksamkeit der verschiedenen Rehabilitationskonzepte notwendig.

Im Folgenden werden die bekanntesten traditionellen Behandlungsmethoden kurz vorgestellt und die Grundkomponenten moderner Therapieverfahren erläutert. Da letztere aus dem zunehmend besseren Verständnis des motorischen Systems hervorgegangen sind, werden in diesem Abschnitt auch die Erkenntnisse zur aktivitätsabhängigen, neuronalen Plastizität dargestellt. Weiters folgt ein Kapitel zur roboterunterstützten Rehabilitation, in dem neben anderen Therapierobotern zur Beübung der oberen Extremität auch der in dieser Studie untersuchte neu entwickelte Handroboter vorgestellt wird.

1.6.1 Traditionelle Therapieansätze

Zu den bekanntesten konventionellen Behandlungsmethoden zählen die Konzepte nach Bobath, Vojtá, Perfetti und die propriozeptive neuromuskuläre Fazilitierung (PNF).

Bobath-Konzept

Die Bobath-Therapie ist der am weitesten verbreitete traditionelle Therapieansatz. Das Behandlungskonzept definiert keine klar vorgegebenen Übungen, sondern vermittelt die Grundgedanken des therapeutischen Vorgehens. Demnach gilt es pathologische Fehlhaltungen zu unterdrücken und normale Bewegungsmuster zu verstärken. Als Hauptursache für pathologische Fehlhaltungen wird ein erhöhter Muskeltonus angesehen, welcher durch gezielte Berührung und Muskeldehnung behandelt werden kann. Auf Grund der fehlenden Definition bestimmter Übungen

ist die Therapie nach dem Bobath-Konzept stark von der individuellen Erfahrung des Therapeuten abhängig (Luft 2007, S.1138). Laut dem Autor Paci (2003) ist dies auch der Grund für den bislang fehlenden Wirksamkeitsnachweis der Bobath-Therapie.

Vojta-Therapie

Dieses Konzept beruht auf dem Prinzip der Reflexlokomotion. Dabei werden in vorgegebenen Ausgangspositionen (Rücken-, Bauch- oder Seitenlage) definierte Triggerpunkte stimuliert, wodurch bestimmte Reflexmuster ausgelöst werden, welche motorische Bestandteile menschlicher Bewegungsmuster darstellen (Greifen, Umdrehen, Krabbeln, usw.). Die Zielsetzung der Therapie ist, eine automatisierte Steuerung der Körperhaltung und eine koordinierte Muskelaktivität mit adäquater Stützfunktion der Extremitäten (IVG 2000).

Konzept nach Perfetti

Nach dem Konzept von Perfetti werden menschliche Fähigkeiten wie Bewegung, Wahrnehmung und Gedächtnis als eine funktionelle Einheit betrachtet. Kognitive Fähigkeiten und eine intakte Sensibilität werden somit als Voraussetzung für das Funktionieren der Motorik angesehen und sollen daher bewusst in die Bewegungsausführung miteinfließen. Die Therapie läuft in drei verschiedenen Übungsebenen ab. In der ersten Ebene erfolgen rein passive Bewegungen durch den Therapeuten. Die Übungen zweiten Grades setzen sich aus unterstützten, willkürlichen Bewegungen zusammen. Die dritte Übungsebene beinhaltet aktive Bewegungen des Patienten mit zunehmender Komplexität (Kompetenznetz Schlaganfall a).

Propriozeptive neuromuskuläre Fazilitierung (PNF)

Im Rahmen der PNF werden alltägliche Bewegungsmuster durchgeführt. Zusätzlich erfolgt eine exterozeptive (taktile, visuell, akustisch) und propriozeptive (Muskel-, Gelenks-, Sehnenrezeptoren) Stimulation. Die Reizung kann „direkt“, durch Beübung der Zielmuskelgruppe, oder „indirekt“, durch Training weiter entfernt liegender Muskelgruppen erfolgen. Laut dem Prinzip der PNF fließt die Aktivität von starken zu weniger kräftigen Muskeln über. Behandlungsziele sind eine Reduktion des erhöhten Muskeltonus, die Muskelkräftigung, die

Muskeldehnung und die Behebung pathologischer Bewegungsmuster (Kompetenznetz Schlaganfall b).

1.6.2 Aktivitätsabhängige neuronale Plastizität

Die gewonnenen Erkenntnisse zur aktivitätsabhängigen Plastizität aus tierexperimentellen Studien und Untersuchungen am Menschen sind für die Weiterentwicklung neurorehabilitativer Verfahren von großer Bedeutung. Exemplarisch werden im Folgenden einige Arbeiten präsentiert.

Nudo et al. (1996) untersuchten trainingsinduzierte, plastische Veränderungen im primären Motorkortex bei gesunden Primaten.

Die Affen der Versuchsgruppe erhielten entweder ein gezieltes Training der Fingermotorik, indem Futter aus Bohrlöchern mit unterschiedlichem Durchmesser gewonnen werden musste, oder eine Beübung des Handgelenks mit repetitiven Pro- und Supinationsbewegungen des Unterarms, durch Rotation der Drehschraube eines Futterspenders. Die Kontrollgruppe unterzog sich keinem spezifischen behavioralen Training. Etwaige Veränderungen der kortikalen Bewegungsrepräsentanzen im Therapieverlauf wurden mittels zweimalig durchgeführten elektrophysiologischen Mapping-Untersuchungen erfasst. Während die Kontrollgruppe relativ konstante kortikale Aktivierungsmuster aufwies, zeigten sich bei der Versuchsgruppe neben motorischen Funktionszugewinnen auch plastische Veränderungen des Motorkortex. Die gezielte Beübung der Fingermotorik resultierte in einer vergrößerten kortikalen Repräsentanz der Finger mit paralleler Verkleinerung des kortikalen Handgelenkareals. Im Vergleich dazu führten die repetitiven Pro- und Supinationsbewegungen des Unterarms zu einer Vergrößerung der kortikalen Repräsentanz des Handgelenks auf Kosten des Fingerareals.

Auch im gesunden menschlichen Gehirn wurden bereits aktivitätsassoziierte, plastische Veränderungen beobachtet.

So konnte in einer Arbeit von Elbert et al. (1995) mittels Magnetenzephalographie (MEG) nachgewiesen werden, dass die Greiffinger (Finger II-V) der linken Hand von Musikern (Geigenspieler, Chellospieler, Gitaristen) eine größere kortikale Repräsentanz im primär somatosensorischen Kortex aufweisen, im Vergleich zu einer Kontrollgruppe und zum Daumen der linken Hand. Dieses Ergebnis ist

dadurch zu erklären, dass die linke Hand für die komplexen Griffe am Instrument zuständig ist, was wiederum mit erhöhter Fingergeschicklichkeit und gesteigertem sensorischen Stimulus in Verbindung steht.

Eine ähnliche Arbeit wurde von Pascual-Leone und Mitarbeitern (1993) durchgeführt. Sie untersuchten die kortikalen Repräsentanzen der zum Lesen der Brailleschrift verwendeten Finger bei Blinden. Mittels evozierter Potentiale und transkranieller Magnetstimulation (TMS) konnte eine Ausweitung der sensorischen und motorischen kortikalen Areale der beim Lesen involvierten Finger nachgewiesen werden.

Andere Arbeiten beschäftigen sich mit therapieinduzierter Plastizität in Folge zerebraler Schädigung.

So versuchten Johansen-Berg et al. (2002) funktionelle Veränderungen des Gehirns zu charakterisieren, welche mit klinischen Funktionsverbesserungen korrelieren. Dazu wurden hemiparetische Patienten zwei Wochen lang nach dem Konzept der Constraint-Induced Movement Therapy (CIMT) behandelt. Vor Beginn und nach Abschluss des Trainingsprogramms wurden funktionelle Magnetresonanztomographie-Untersuchungen (fMRT) zur Erfassung zerebraler Reorganisation durchgeführt. Klinische Veränderungen wurden anhand des Motricity Index (MI), des Jebsen Arm Tests und der Griffstärke erfasst. Die therapieinduzierte klinische Verbesserung der betroffenen oberen Extremität konnte mit verstärkten fMRT-Aktivierungsmustern im Bereich des kontralateralen, prämotorischen und somatosensorischen Kortex und der beiden Kleinhirnhemisphären in Zusammenhang gebracht werden.

In einer anderen Arbeit testeten Liepert et al. (2000 a) die Auswirkungen eines zwölf-tägigen CIMT Programms auf die Reorganisation des motorischen Kortex, bei chronischen Insultpatienten. Die zerebralen Umbauprozesse wurden mittels TMS untersucht. Vor der Therapie zeigte sich ein nur kleines, kortikales Repräsentationsareal der betroffenen Hand, welches sich im Rahmen der absolvierten Behandlung signifikant vergrößerte. Parallel dazu kam es zu motorischen Funktionszugewinnen, welche auch in einer sechsmonatigen Nachuntersuchung noch reproduzierbar waren. Weiters zeigten sich in der „Follow-up“ Untersuchung in beiden Hemisphären wieder beinahe idente Aktivierungsmuster.

Therapieinduzierte, plastische Veränderungen wurden von Liepert et al. (2000 b) auch bereits nach einer einmaligen, intensiven Physiotherapieeinheit (1,5 Stunden) beobachtet. Die verstärkten Aktivierungsmuster bildeten sich jedoch innerhalb eines Tages wieder beinahe vollständig zurück. Dies lässt darauf schließen, dass nur ein kontinuierliches Training zu anhaltenden Funktionsverbesserungen führt.

Diese neu gewonnenen Erkenntnisse zur zerebralen Plastizität bildeten die Grundlage für die Entwicklung der im Folgenden besprochenen modernen Therapieverfahren.

1.6.3 Moderne Therapieansätze

Zu den neuartigen Behandlungsverfahren für die obere Extremität zählen unter anderem die roboterunterstützte Rehabilitation, die CIMT, das Armfähigkeitstraining, die therapeutisch-elektrische Stimulation, das mentale Training und die repetitive Wiederholung einzelner Bewegungen (Nelles 2005).

Manche dieser Rehabilitationsmethoden werden als isoliertes Therapieverfahren eingesetzt (z.B. CIMT), andere werden adjuvant zu herkömmlichen Techniken angewendet (z.B. roboterunterstützte Rehabilitation, mentales Training, therapeutisch-elektrische Stimulation).

Die modernen Ansätze sehen einen frühzeitigen Therapiebeginn und repetitives, intensives, aufgabenorientiertes Training als Schlüsselemente für einen guten Behandlungserfolg an.

Trainingsintensität

Der positive Einfluss eines intensiven Trainingsprogramms auf die Rückbildung insultbedingter Defizite wurde bereits durch mehrere Arbeiten bestätigt.

Beispielsweise berichtete eine Literaturrecherche von Kwakkel und Mitarbeitern (1997) über eine geringe, aber statistisch signifikante Verbesserung der Alltagskompetenz infolge einer intensivierten Therapie. Zwei Jahre später führten Kwakkel et al. (1999) selbst eine Studie zu den Auswirkungen unterschiedlicher Therapieintensität auf die Selbstständigkeit im Alltag, das Gehvermögen und die Fingergeschicklichkeit bei akuten Schlaganfallpatienten durch. Die Studienteilnehmer wurden drei verschiedenen Therapieprogrammen zugeordnet, wobei alle Patienten ein Standardrehabilitationsprogramm absolvierten. In der

Versuchsgruppe erfolgte zusätzlich zur herkömmlichen Therapie fünfmal wöchentlich, für jeweils 30 Minuten, über insgesamt 20 Wochen ein spezifisches Armtraining (Gruppe 1) beziehungsweise Beintraining (Gruppe 2). In der Vergleichsgruppe wurden für diesen Zeitraum die betroffenen Extremitäten mittels einer aufblasbaren Schiene immobilisiert. Die Patienten im beinbetonten Rehabilitationsprogramm (Gruppe 2) zeigten im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikante Verbesserungen bezüglich ihrer Alltagsfähigkeiten, des Gehvermögens und der Fingergeschicklichkeit. Die Gruppe mit dem intensiven Armtraining (Gruppe 1) schnitt lediglich bezüglich der Armgeschicklichkeit signifikant besser ab als die Vergleichsgruppe. Insgesamt zeigten alle Patienten im intensiven Therapieprogramm ein besseres funktionelles Ergebnis als jene der Kontrollgruppe.

Auch eine ältere Untersuchung von Sivenius et al. (1985) berichtete bereits über den positiven Einfluss eines intensiven Trainings auf den Rehabilitationserfolg.

Repetitives und aufgabenspezifisches Training

Laut den Ergebnissen einiger wissenschaftlicher Arbeiten scheinen „task“-Spezifität und multiple Übungswiederholungen weitere wichtige Komponenten einer erfolgreichen Rehabilitation zu sein.

So berichtete ein Kommentar von Page (2003), dass mittels eines aufgabenspezifischen Trainings in normaler Behandlungsintensität (30-45 Minuten), kortikale Reorganisationsprozesse und motorische Funktionsverbesserungen erzielt werden konnten.

Auch Bütetisch et al. (1995) untersuchten die Auswirkungen repetitiver, aufgabenspezifischer Übungswiederholungen zweimal täglich für jeweils 15 Minuten auf die motorische Funktion von hemiparetischen Schlaganfallpatienten. Dazu wurden die Effekte repetitiver Extensions- und Flexionsbewegungen der Finger- und Handgelenke mit dem Erfolg einer eher unspezifischen Therapieform, der transkutanen Nervenstimulation und einem Training basierend auf dem Konzept von Bobath verglichen. Jene Patienten mit dem repetitiven, „task“-spezifischen Trainingsprogramm zeigten die größten funktionellen Fortschritte, gemessen an der Griffstärke, der maximalen Kraft und den erreichten Spitzengeschwindigkeiten. Entgegen der Meinung von Bobath führten die aktiven

Bewegungswiederholungen zu einer Reduktion von Synkinesien und einem verminderten Muskeltonus.

Die Beständigkeit des Therapieerfolgs eines frühzeitigen, gezielten Rehabilitationsprogramms für die obere Extremität von Schlaganfallpatienten wurde von Feys und Mitarbeitern (2004) evaluiert. Die Patienten der Versuchsgruppe erhielten zusätzlich zu einem Standardrehabilitationsprogramm täglich ein sensomotorisches Training des paretischen Arms. Die therapieinduzierten motorischen Funktionsverbesserungen der Versuchsgruppe waren auch in einer fünfjährigen Nachuntersuchung noch reproduzierbar.

Während der positive Effekt eines intensiven, repetitiven und aufgabenspezifischen Trainings bereits vielfach durch Studien bestätigt werden konnte, stellt die tatsächliche Anwendung derartiger Therapiestrategien im klinischen Alltag ein Problem dar. Die Ursache dafür ist, dass ein intensives, repetitives und aufgabenspezifisches Training im Zuge konventioneller Behandlungsmethoden mit einem enormen zeitlichen und personellen Aufwand verbunden ist. Daher ist zukünftig gerade in diesem Bereich der Einsatz von Therapierobotern sehr viel versprechend.

1.7 Roboterunterstützte Rehabilitation

Die roboterunterstützte Rehabilitation nahm 1990 ihren Anfang und unterliegt seither einer fortwährenden, raschen Entwicklung (Hesse 2003). Grundsätzlich gibt es zwei verschiedene Klassen von Rehabilitationsrobotern mit unterschiedlichen Zielsetzungen. Eine Variante dient der Kompensation von Ausfällen, die andere beschäftigt sich mit der Wiedererlangung von Funktionen durch gezieltes Training (Hogan 2005, S. 605).

Roboterunterstützte Techniken sind vor allem in der Rehabilitation der oberen Extremität sehr viel versprechend, da eine Beübung der Hand- und Fingerfunktion direkt durch einen Therapeuten sehr zeitintensiv ist und somit unter Wahrung der personellen Ressourcen meist nicht in einem zufrieden stellenden Ausmaß erfolgen kann.

Der Einsatz von Therapierobotern kann zusätzlich zum herkömmlichen Rehabilitationsprogramm ein automatisiertes, intensives, repetitives und aufgabenorientiertes Training für die obere Extremität gewährleisten.

Neben diesen therapeutisch relevanten Vorteilen, bieten Therapieroboter weiters die Möglichkeit zur präzisen Dokumentation von Trainingsdaten. Dies gestattet eine nachfolgende, objektive Evaluierung der absolvierten Einheiten mit Quantifizierung des tatsächlichen „Inputs“ und „Outputs“, was vor allem im Rahmen klinischer Studien hilfreich ist.

Bislang sind für roboterassistierte Therapieverfahren nicht mehr Nebenwirkungen beschrieben worden als für herkömmlichen Behandlungsmethoden (Hogan 2005, S. 618-619).

Therapieroboter zur Beübung der oberen Extremität sind aktuell bereits im klinischen Alltag präsent. Einige Geräte werden im folgenden Kapitel kurz vorgestellt. Danach folgt die Beschreibung, des in dieser Arbeit untersuchten, neuartigen Amadeo[®] Handroboters.

1.7.1 Therapieroboter zur Beübung der oberen Extremität und ihre Wirksamkeit

Der MIT-Manus ist ein Therapieroboter, der horizontale Bewegungen in zwei Freiheitsgraden im Schulter- und Ellbogengelenk erlaubt (Hesse 2003). Aisen et al. (1997) testeten die Auswirkungen der Therapie am MIT-Manus auf die motorische Funktion von hemiparetischen Schlaganfallpatienten. Dazu wurden 20 Studienteilnehmer jeweils zwei verschiedenen Therapiegruppen zugeordnet. Beide Gruppen absolvierten ein Standardrehabilitationsprogramm. Während die Experimentalgruppe zusätzlich am MIT-Manus trainiert wurde, unterzog sich die Kontrollgruppe nur einem „Scheintraining“ am Roboter. Insgesamt zeigten sich bei beiden Gruppen funktionelle Verbesserungen im Therapieverlauf. Die „Robotergruppe“ wies jedoch signifikant größere motorische Funktionszugewinne auf, welche auch noch in einer dreijährigen Nachuntersuchung reproduzierbar waren (Volpe 1999).

Ein weiterer Therapieroboter zur Beübung der oberen Extremität ist der Mirror-Image Motion Enabler (MIME). Dieses Gerät ermöglicht simultane Schulter- und Ellbogenbewegungen beider Arme in je drei Freiheitsgraden, wobei die gesunde

die paretische Hand führt (Hesse 2003). Lum et al. (2002) verglichen die Therapieeffekte des MIME-Roboters mit jenen von konventionellen Techniken. 27 chronische, hemiparetische Schlaganfallpatienten absolvierten insgesamt 24 Trainingsstunden und wurden zwei verschiedenen Therapiegruppen zugeteilt. Die Versuchsgruppe führte roboterassistierte Schulter- und Ellbogenbewegungen am MIME-Roboter durch. Die Kontrollgruppe erhielt eine gezielte Beübung der oberen Extremität mit konventionellen Behandlungsverfahren und zusätzlich in jeder Einheit fünf Minuten Therapie am MIME-Roboter. Nach zwei Monaten zeigte die „Robotergruppe“ größere Fortschritte als die Vergleichsgruppe, gemessen am Fugl-Meyer Motor Score (FM), der proximalen Armkraft und der maximal möglichen Reichweite der oberen Extremitäten. In einer sechsmonatigen Nachuntersuchung war die Versuchsgruppe der Kontrollgruppe nur mehr bezüglich besserer Alltagskompetenzen überlegen.

Der „Neuro Rehabilitation Robot“ (NeReBot) ist ein Therapiegerät zur Beübung des Schulter- und Ellbogengelenks. Eine Arbeit von Masiero et al. (2007) verglich die Wirksamkeit einer fünfwöchigen Therapie (vier Stunden pro Woche) am NeReBot mit einem multidisziplinären Standardbehandlungsverfahren. Im Gegensatz zu den Kontrollprobanden zeigten sich bei der Versuchsgruppe unmittelbar nach der Therapie signifikante, motorische und funktionelle Verbesserungen der oberen Extremität, gemessen an der Medical Research Council Skala (MRC), dem Fugl-Meyer Motor Assessment, der Functional Independence Measure (FIM) und der motorischen Komponente der FIM. Dieser Therapieeffekt war auch in einer erneuten Evaluierung nach 240 Tagen noch nachweisbar.

Der „Hand Wrist Assistive Rehabilitation Device“ (HWARD) wurde speziell zur Beübung des Handgelenks entwickelt. Man testete die Wirksamkeit des Gerätes im Rahmen einer Studie, bei der Patienten 15 Tage lang am Roboter trainiert wurden. Es gab zwei verschiedene Therapiegruppen, wobei eine Gruppe über den gesamten Zeitraum in einem „aktiv-roboterassistierten“ Modus trainiert wurde. Die zweite Gruppe erhielt in den ersten 7,5 Tagen eine „aktiv-nicht-roboterassistierte“ Therapie am HWARD. Danach wurde ebenfalls auf einen „aktiv-roboterassistierten“ Modus umgestellt. In beiden Gruppen zeigten sich signifikante motorische Verbesserungen der distalen, oberen Extremität und eine Zunahme

der entsprechenden kortikalen Repräsentanzen zwischen der Basiserhebung und der Endmessung. Auffällig war, dass jene Gruppe welche über den gesamten Zeitraum „aktiv-roboterassistiert“ trainiert wurde, signifikant größere Zugewinne verzeichnete (Takahashi 2008). Dies lässt darauf schließen, dass ein „aktiv-assistierter“ Therapiemodus bessere Therapieerfolge verspricht als rein aktive oder passive Verfahren.

Neben den hier exemplarisch besprochenen Therapierobotern gibt es noch weitere Geräte, wie den ARM-guide, Bi-Manu-Track, GENTLE/S Robot, REHAROB und viele mehr (Hesse 2003; Luft 2007, S.1142-1143).

Im Anschluss folgt nun die Beschreibung des in dieser Arbeit untersuchten neuartigen Handroboters.

1.7.2 Handroboter



Abbildung 1-2: Handroboter

(Quelle: mit freundlicher Genehmigung von Tyromotion)

Der neuartige Amadeo[®] Handroboter wurde zur gezielten Beübung der Hand- und Fingermotorik entwickelt. Der Prototyp entstand in einer Zusammenarbeit der Technischen Universität Graz, der Rehabilitationsklinik Judendorf-Strassengel und der Firma Tyromotion (Scherer 2006). Durch intensive, weitere Forschungsarbeit

wurde das Gerät von der Firma Tyromotion weiterentwickelt und ist mittlerweile kommerziell verfügbar.

Therapie am Handroboter

Vor Therapiebeginn wird der betroffene Arm in eine Handschiene gelegt und die Finger auf die vorgesehenen Fingerschlitten positioniert. Durch Höhenverstellung und seitliche Schwenkung des Geräts sollte eine möglichst bequeme Position für den Patienten gefunden werden.

Während der Therapie werden durch das Vor- und Rückwärtsfahren der Fingerschlitten Extensions- und Flexionsbewegungen auf die Finger übertragen. Die Beuge- und Streckbewegungen können für alle Finger simultan (Nachbildung von Greifbewegungen) oder versetzt erfolgen.

Bestimmte Trainingsvariablen wie die Therapieschwindigkeit und das Ausmaß des Bewegungsumfangs können an die jeweiligen motorischen Funktionen des Patienten angepasst werden. Der Bewegungsraum ist für alle Finger getrennt einstellbar. Falls nötig können einzelne Finger nicht oder nur eingeschränkt mitbewegt werden.

Die gewählten Therapieeinstellungen können gespeichert werden und sind somit in allen nachfolgenden Trainingseinheiten abrufbar.

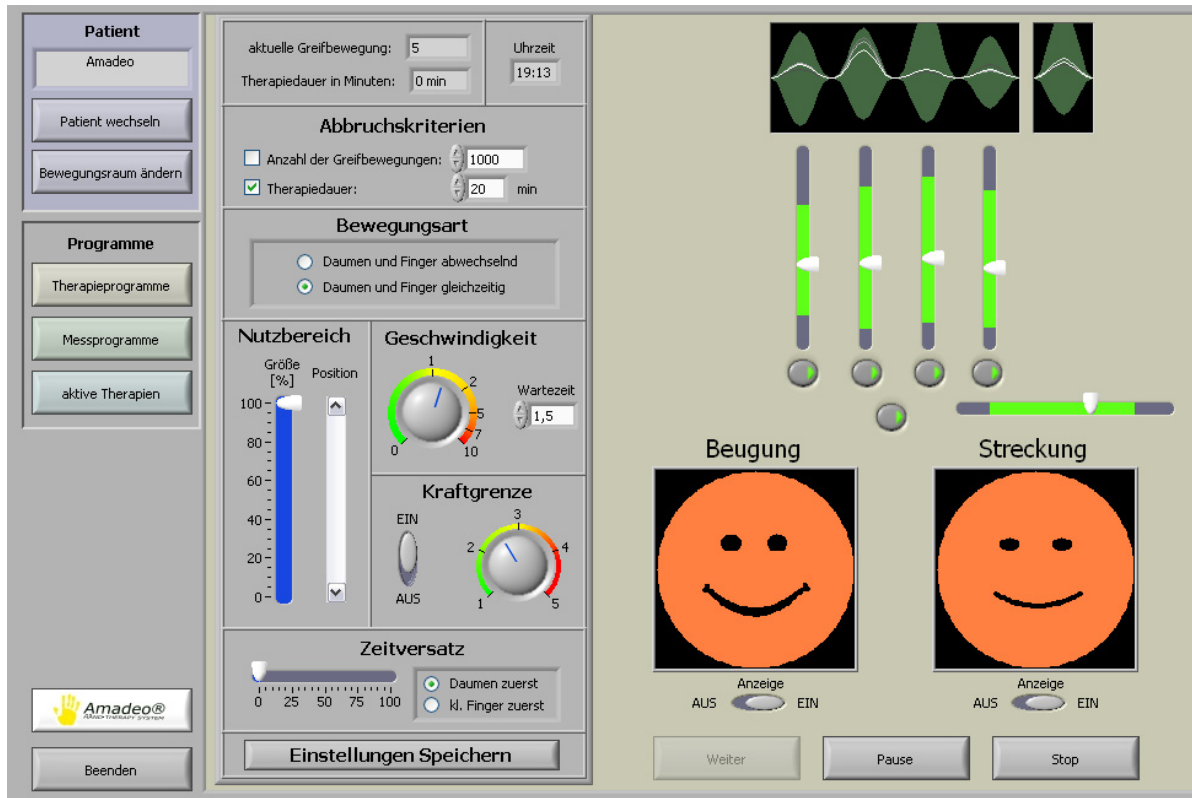


Abbildung 1-3: Graphische Benutzeroberfläche des Handroboters mit den getroffenen Therapieeinstellungen

Je nach Anforderung kann zwischen drei verschiedenen Therapiemodi am Gerät ausgewählt werden.

Passiver Therapiemodus: Die Therapie ist rein passiv. Kontinuierliche Beuge- und Streckbewegungen der Finger erfolgen allein durch das Gerät. Ist die aktive Mitarbeit des Patienten möglich, wird diese über Sensoren erfasst und am Therapiebildschirm in Form von „Smilies“ visualisiert.

Aktiver Therapiemodus: Die Bewegungen werden durch den Patienten selbst initiiert und gegebenenfalls durch den Therapieroboter unterstützt oder komplettiert. Voraussetzung für die Anwendung dieses Therapiemodus sind motorische Restfunktionen der oberen Extremität.

Interaktiver Therapiemodus: Im Zuge virtueller Spiele mit abgestuften Schwierigkeitsgraden können noch bestehende sensorische und motorische Defizite, bei bereits vorhandener motorischer Basisfunktion, weiter trainiert und verbessert werden.

Messungen am Handroboter

Messungen der Griffstärke und des Bewegungsumfangs können direkt am Therapiergerät über eingebaute Sensoren erfolgen. Die erhobenen Messdaten werden gespeichert. Durch die kontinuierliche Erfassung der Daten kann eine Visualisierung des Therapiefortschritts in Form von Trendlinien erfolgen.

Patientendatenbank

Die Patientendatenbank beinhaltet persönliche Informationen (Name, Geburtsdatum, Sozialversicherungsnummer) und diverse Trainingsdaten zu den einzelnen Patienten. Es erfolgt eine exakte Dokumentation von Datum, Uhrzeit, Trainingsdauer, gewähltem Therapiemodus, Anzahl der durchgeführten Greifbewegungen und der Kraft- und Bewegungsraummessungen im Verlauf der absolvierten Einheiten. Dies ermöglicht die fortlaufende Kontrolle des Therapiefortschritts eines jeden Patienten.

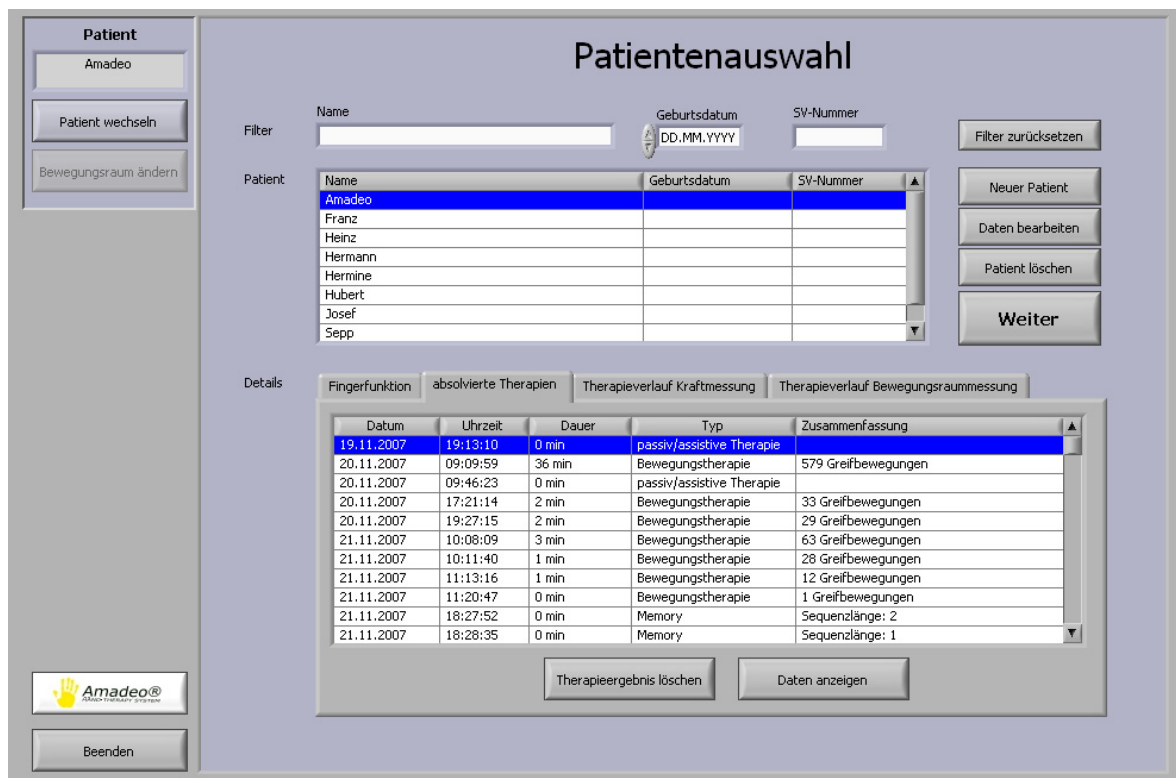


Abbildung 1-4: Graphische Benutzeroberfläche des Handroboters zur Verwaltung der Patientendatenbank

Sicherheitsvorkehrungen des Handroboters

Um eine gefahrlose und schonende Therapie zu ermöglichen, ist der Handroboter mit bestimmten Schutzvorrichtungen ausgestattet.

Die natürliche Fingerbewegung wird durch die Fingerschlitten in eine zweidimensionale Bewegung überführt. Durch die zwei offenen Freiheitsgrade werden Zwangsbewegungen der einzelnen Finger vermieden.

Treten während der Therapie Widerstände von 25 N oder mehr auf, erfolgt automatisch ein Trainingsabbruch. Weiters kann eine bestimmte Kraftgrenze definiert werden. Wird diese überschritten, kehrt der Fingerschlitten automatisch um und die Bewegung wird nicht mehr vollständig ausgeführt.

Um anatomische und funktionelle Besonderheiten berücksichtigen und Schmerzen durch fehlerhafte Positionierung vermeiden zu können, ist es möglich, die Spreizung der verschiedenen Fingermodule einzeln zu verstellen und eine Höhenadaptierung des Therapieroboters vorzunehmen (Scherer 2006; Tyromotion GmbH).

1.8 Zielsetzungen und Fragestellungen der Arbeit

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden die klinischen Effekte und die Therapiesicherheit eines Trainings am neuartigen Handroboter bei Schlaganfallpatienten mit distal betonten Armparesen evaluiert.

Folgende Fragestellungen wurden behandelt:

1. Ist eine Serie von 15 Sitzungen am Handroboter bei Patienten mit mittel- bis hochgradigen, distal betonten Paresen der oberen Extremität wirksam, im Sinne einer positiven Beeinflussung der funktionellen Handkraft, gemessen anhand des Motricity Index (MI) und der Kraftmessungen bei Fingerflexion am Gerät?
2. Zeigen sich analoge Veränderungen bei den Skalen zur Einstufung des Behinderungsgrades (National Institute of Health Stroke Scale (NIHSS), modified Rankin Scale (mRS)) und zur Testung der Selbstständigkeit im Alltag (Barthel Index (BI), Rivermead Mobility Index (RMI))?
3. Steht der Trainingserfolg mit den Variablen Infarkt volumen, Anzahl der durchgeführten Greifbewegungen und dem Intervall zwischen Akutereignis und Trainingsbeginn in Beziehung?
4. Ist die Therapie am Handroboter klinisch sicher und applikabel?

2 Methoden

2.1 Studienprotokoll

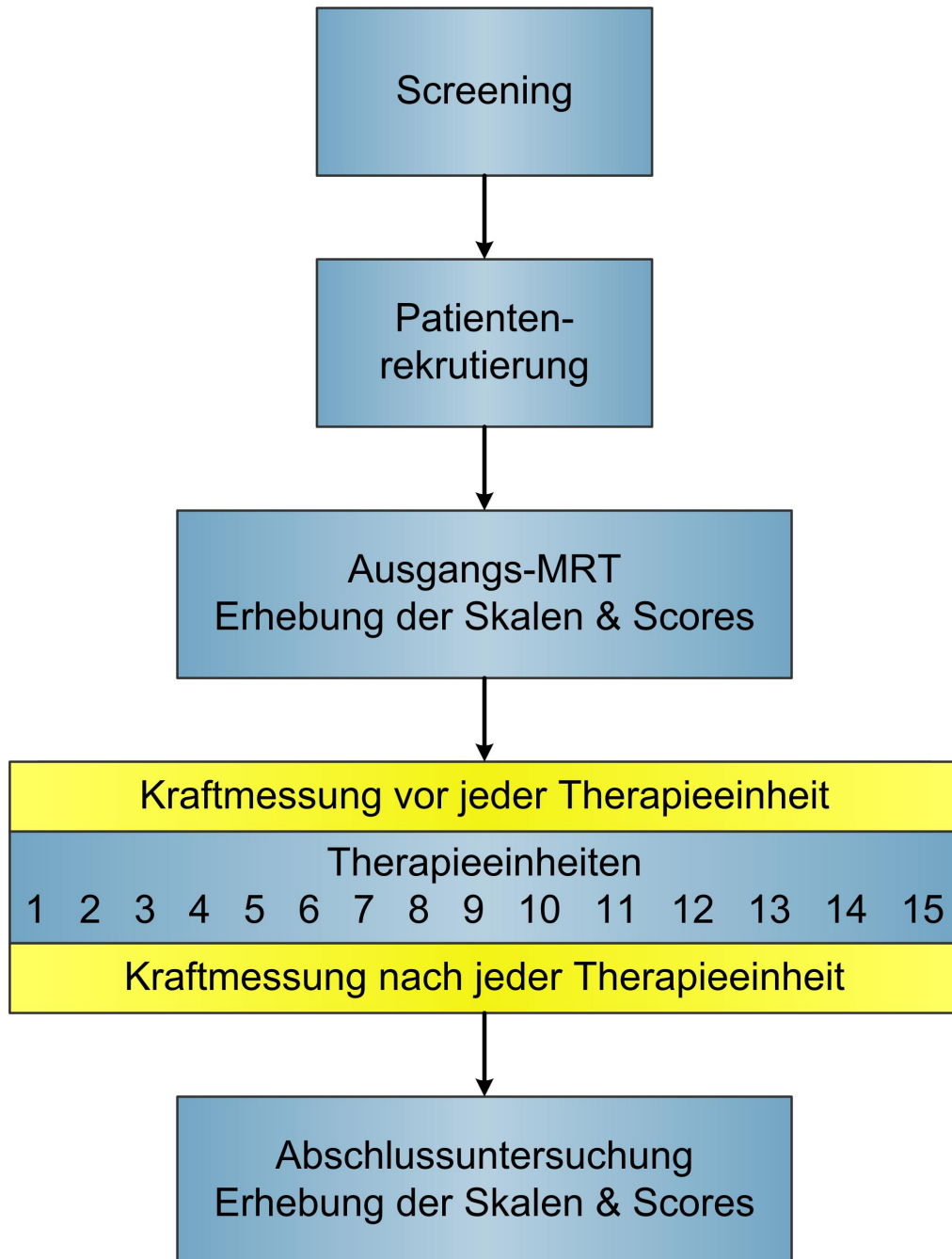


Abbildung 2-1: Graphische Darstellung des Studienprotokolls

Am Beginn stand eine Screeningphase in der die Selektion potentieller Studienpatienten laut den definierten Ein- und Ausschlusskriterien stattfand. Nach der endgültigen Rekrutierung eines Patienten zur Studie (siehe 2.2.1) wurde eine Magnetresonanztomographie-Untersuchung (MRT) zur genauen Charakterisierung des Infarktareals durchgeführt (siehe 2.4). Weiters erfolgte die erste Erhebung der definierten klinischen Skalen und Scores, um bestehende funktionelle Defizite zu erfassen und zu dokumentieren (siehe 2.5.1).

Im Anschluss daran nahm jeder der Patienten an einem dreiwöchigen Aufenthalt in der Rehabilitationsklinik Judendorf-Strassengel teil. In dieser Zeit erhielt der Patient zusätzlich zu einem konventionellen Rehabilitationsprogramm 15 Therapieeinheiten am Handroboter (siehe 2.3). Vor Beginn und am Ende jeder Trainingssession am Handroboter wurde die Griffstärke direkt am Gerät gemessen um etwaige Veränderungen der Kraft im Therapieverlauf zu detektieren (siehe 2.5.2). Die einzelnen Therapiesitzungen wurden von der zuständigen Ergotherapeutin in Form eines Protokollblatts (siehe ANHANG I) dokumentiert.

Nach Abschluss des Rehabilitationsaufenthalts fand eine klinische Enduntersuchung mit erneuter Erhebung der klinischen Skalen und Scores statt, um eventuell aufgetretene, funktionelle Veränderungen im Rahmen der dreiwöchigen Therapie zu erfassen.

2.2 Patientengruppe

2.2.1 Patientenrekrutierung

Nach entsprechender Sichtung potentieller Studienpatienten anhand der definierten Ein- und Ausschlusskriterien wurden stationäre und ambulante Patienten der Universitätsklinik für Neurologie in Graz und der Rehabilitationsklinik Judendorf-Strassengel zur Teilnahme an der Studie eingeladen.

Eligible Personen wurden zu einer Voruntersuchung auf die Universitätsklinik für Neurologie bestellt. Im Rahmen dieser Untersuchung prüfte man nochmals die Übereinstimmung der Patienten mit den definierten Ein- und Ausschlusskriterien (siehe 2.2.2). Wurden diese erfüllt, folgte eine mündliche und schriftliche Aufklärung bezüglich des geplanten weiteren Vorgehens. Die Studie wurde von der Ethikkommission der Medizinischen Universität Graz approbiert und das

Vorliegen einer schriftlichen, informierten Einverständniserklärung stellte die Grundlage zur Teilnahme an dieser Studie dar.

2.2.2 Ein- und Ausschlusskriterien

Einschlusskriterien:

1. Eingeschränkte motorische Funktion der Hand (irrespektiv der Händigkeit/dominanz) in Folge eines erstmaligen, singulären Schlaganfalls ischämischer oder hämorrhagischer Ätiologie.
2. Schweregrad der ausgeprägtesten Parese der Finger nach der Medical Research Council –Skala:
Faustschluss Kraftgrad 2: Bewegung unter Ausschaltung der Schwerkraft
Faustschluss Kraftgrad 3: Bewegung gegen die Schwerkraft
3. Das Intervall zwischen Studieneinschluss und Akutereignis musste mindestens 6 Wochen betragen.
4. Alter zwischen 18-85 Jahren.
5. Nachweis einer mit den klinischen Symptomen und Zeichen konkordanten Gewebeschädigung (ischämischer Infarkt oder primäre intrazerebrale Blutung) in der Bildgebung (MRT oder Computertomographie).
6. Keine hochgradige Spastizität der betroffenen Handmuskulatur, definiert anhand der Ashworth Skala (AS) < 3.

ad 2 und 3) Auf Grund der streng gewählten Ein- und Ausschlusskriterien war es nicht möglich, geeignete Studienteilnehmer in einer ausreichenden Zahl zu rekrutieren. Deshalb erfolgte nachträglich eine Relaxierung der Einschlusskriterien. Folglich wurden Patienten mit initialen Defiziten der Finger (laut den Aufzeichnungen aus der Krankenakte) mit Kraftgrad 0-4 nach MRC-Skala in die Studie eingeschlossen. Weiters wurde das mindestens notwendige Zeitintervall zwischen Akutereignis und Trainingsbeginn auf 33 Tage reduziert.

Ausschlusskriterien:

1. Kontraindikationen für MRT-Untersuchungen: Metallimplantate, Schrittmacher, nicht MRT-taugliche Aneurysmaclips, Schwangerschaft, Klaustrophobie, u. ä.
2. Orthopädische oder rheumatische Erkrankungen (z.B. chronische Polyarthritits, aktivierte Arthrosen, u.ä.), die eine roboterunterstützte Rehabilitation der Hand als unangenehm oder gefährlich erscheinen lassen.
3. Kognitive, neuropsychologische oder sensorische Beeinträchtigungen, welche die Befolgung des Studienprotokolls gefährden: klinisch manifeste Depression, Demenz, signifikante sensomotorische Aphasie, Hemineglect, Apraxie, usw.
4. Klinisch wahrnehmbare, durch Training nicht unterdrückbare Synkinesien der nicht betroffenen Seite.
5. Andere schwerwiegende neurologische Erkrankungen: ausgeprägte Leukoaraiose, konfluierende "white matter lesions", Parkinson-Syndrom, Multiinfarktgeschehen, u.ä.
6. Einleitung einer Pharmakotherapie mit Neuroleptika, Antikonvulsiva oder Antidepressiva weniger als vier Wochen vor Studienbeginn.
Neuordnung entsprechender Präparate während der Studie oder Notwendigkeit zur Dosisänderung.
7. Ausschlussgründe während der Studie:
 - Neuauftretende zentrale neurologische Symptome.
 - Intoleranz der mechatronischen Handorthese oder des Scanningvorgangs.

2.2.3 Merkmale der Patientengruppe

Insgesamt haben elf Teilnehmer die Studie, gemäß dem definierten Protokoll, durchlaufen (siehe Tabelle 2-1). Die Patientengruppe setzte sich aus zwei Frauen

Methoden

und neun Männern zusammen, wobei das durchschnittliche Alter bei 66 Jahren lag. Acht Patienten wiesen motorische Ausfälle der linken Körperhälfte, drei rechtsseitige Paresen auf. Ursächlich handelte es sich bei zehn der Fälle um ein ischämisches Geschehen. Nur ein Patient erlitt eine intrazerebrale Blutung. Genauere Angaben zu den demographischen (siehe Tabelle 2-1) und klinischen (siehe Tabelle 2-2) Variablen der Studienpatienten können den nachfolgenden Tabellen entnommen werden.

Tabelle 2-1: Demographie der Studienpatienten

#	Geschl.	Alter (a)	Händigkeit	Komorbiditäten/ Risikofaktoren	Medikation (Handelsnamen)
1	w	63	re	art. Hypertonie, Hypercholesterinämie, Hypothyreose	Cosaar, Cosaar plus, Ebrantil, Euthyrox, Lescol, Norvasc
2	m	79	re	art. Hypertonie, VHF	Marcoumar, Seloken ret., Teveten
3	m	59	re	Z.n. Nikotinabusus	TASS, Trittico
4	m	62	re	art. Hypertonie, Depressio, Hyperlipidämie, Nikotinabusus	Citalopram, Co Diovan forte, Simvastatin, TASS, Trittico
5	m	61	re	art. Hypertonie, Depressio, Dyslipoproteinämie, Z.n. Synkope, Z.n. TIA	Asasantin ret., Lescol, Seropram, Teveten
6	m	65	re	art. Hypertonie, Nikotinabusus, Hyperlipidämie	Asasantin ret., Euthyrox, Sortis, Teveten
7	m	48	re	Z.n. Alkoholabusus, Adipositas, Z.n. Nikotinabusus	Asasantin ret., Gladem, Lescol, Teveten
8	m	67	re	art. Hypertonie, St.p. PTA der ACC	Acemin, Concor, Ebrantil, Norvasc, TASS, Trittico
9	m	70	re	Depressio, Hyperlipidämie, Nikotinabusus	Ciprallex, Simvastatin, TASS, Trittico
10	m	80	re	Art. Hypertonus, Hypercholesterinämie, IDDM	Avandament, Citalopram, Cosaar plus, Fludex, Norvasc, Simvastatin, TASS
11	w	68	re	Adipositas, art. Hypertonie, Hypercholesterinämie, IDDM, koronare Herzkrankheit, Nephropathie	Asasantin, Insulin, Neurontin, Renitec, Zocord

#...Stud.ID, a...Jahre, **ACC**...Arteria carotis communis, **art**...arteriell, **IDDM**...insulin dependent diabetes mellitus, **m**...männlich, **PTA**...perkutane transluminale Angioplastie, **re**...rechts, **ret**...retard, **TASS**...Thrombo ASS, **VHF**...Vorhofflimmern, **w**...weiblich, **Z.n**...Zustand nach

Tabelle 2-2: Klinische Variablen zu den Studienpatienten

#	Diagnose	Lateralität der Parese	Neurosonographie	initiale Defizite (anhand der Aufzeichnungen in der Krankenakte)	AS	MMSE	Intervall* (d)
1	Thalamusblutung (re)	li	N.V.	<p>li OE: prox. KG 2, distal KG 2-3</p> <p>li UE: prox. KG 2, distal KG 2-3</p> <p>sonstige Auffälligkeiten: Dysarthrie, Neglect (li), zentrale Facialisparese (li), pos. Babinski (li), vermindertes Schmerzempfinden (li OE)</p>	N.V.	N.V.	90
2	Mediainsult (re)	li	20%ige ACI-Stenose (li) 20%ige Stenose der Carotisbifurkation (re)	<p>li OE: distal KG 2</p> <p>li UE: prox. KG 4, distal KG 0</p>	N.V.	N.V.	54
3	Mediainsult (re)	li	30%ige ACI- u. ACE- Abgangsstenose (bds.)	<p>li OE: prox. KG 3, distal KG 3-4</p> <p>sonstige Auffälligkeiten: brachiofazial betonte Hypästhesie (li), FNV dysmetrisch (li), Babinski pos. (li)</p>	1	23	41
4	Mediainsult (re)	li	80%ige ACI- Abgangsstenose (re), 70%ige ACI-Abgangsstenose (li)	<p>li OE: schlaffe Plegie **</p> <p>li UE: prox. KG 3, distal KG 2</p> <p>sonstige Auffälligkeiten: pos. Babinski (li), Hemidysästhesie (li), Facialisparese (li), buccofaziale Apraxie, visueller und taktiler Hemineglect (li), Dysarthrie</p>	2	27	50
5	Ponsinfarkt (re)	li	20%ige Stenose der Carotisbifurkation (bds.)	<p>li OE: KG 2</p> <p>li UE: KG 2</p> <p>sonstige Auffälligkeiten: pos. Babinski (li), Facialisparese (li), Dysarthrie</p>	2	30	434

#	Diagnose	Lateralität der Parese	Neurosonographie	Initiale Defizite (anhand der Aufzeichnungen in der Krankenakte)	AS	MMSE	Intervall* (d)
6	Mediainsult (li)	re	hochgradige ACI-Obstruktion (li), 40%ige ACI-Abgangsstenose (re), 30% ige ACE- Abgangsstenose (bds.)	re OE: KG 4 re UE: KG 4 sonstige Auffälligkeiten: zentrale Fazialisparese (re), motorische Teilaphasie	3	27	418
7	Mediainsult (li)	re	N.V.	re OE: prox. KG 1, distal KG 0 re UE: prox. KG 3, distal KG 0 sonstige Auffälligkeiten: pos. Babinski (re), Hemihypästhesie (re), zentrale Facialisparese (re)	2	30	424
8	Mediainsult (re)	li	20%ige ACC-Stenose (bds.), 70%ige ACE-Abgangsstenose (re), 60%ige ACE-Abgangsstenose (li)	li OE: prox. KG 6, distal KG 3-4 re UE: paretisch sonstige Auffälligkeiten: Sprachverständnisstörung, Herdblick (re)	1	26	49
9	Mediainsult (re)	li	ACI-Verschluss (re), 60-70%ige ACI Stenose (li)	li OE: prox. KG 1, distal KG 1 sonstige Auffälligkeiten: zentrale Facialisparese (li), Babinski positiv (li), Dysarthrie	0	29	94
10	Mediainsult (li)	re	N.V.	re OE: hochgradig paretisch ** re UE: hochgradig paretisch**	1	26	66
11	Ponsinfarkt (re)	li	ACI Abgangsstenose 40-50% (re) u. 50-60% (li), ACE Abgangsstenosen 80% (re) u. 50% (li), 50% ACC Stenose (bds.)	li OE: KG 2 li UE: KG 2 sonstige Auffälligkeiten: Babinski positiv (li), Dysarthrie, zentrale Facialisparese (li)	2	30	33

#...Stud. ID, **... der genaue Paresegrad in der Initialphase war aus den Aufzeichnungen nicht zu entnehmen, **ACC**...Arteria carotis communis, **ACE**...Arteria carotis externa, **ACI**...Arteria carotis interna, **bds**...beidseits, **d**...Tage, **Intervall***...zwischen Akutereignis und Trainingsbeginn, **KG**...Kraftgrad, **li**...links, **N.V**...nicht verfügbar, **OE**...obere Extremität, **pos**...positiv, **prox**...proximal, **re**...rechts, **UE**...untere Extremität

2.3 Rehabilitation

Die Studienpatienten nahmen an einem dreiwöchigen Aufenthalt in der Klinik Judendorf-Strassengel, einem Rehabilitationszentrum für Neurologie, Neuroorthopädie, Orthopädie, Schmerztherapie und Kinderrehabilitation (Leiter: Prim. Dr. Peter Grieshofer) teil. Das Therapieprogramm setzte sich aus konventionellen Techniken und zusätzlichen Einheiten am neu entwickelten Handroboter zusammen.

2.3.1 Konventionelle Therapie

Im Rahmen des konventionellen Therapieprogramms erhielt jeder der Patienten Ergo- und Physiotherapieeinheiten, Sequenztraining und Lymphdrainage.

Alle weiteren Behandlungen wurden individuell auf die jeweiligen Defizite des Patienten abgestimmt, um eine bestmögliche Rehabilitation zu gewährleisten. Zur Veranschaulichung befindet sich im Anhang exemplarisch ein Therapieprotokoll eines Studienpatienten (siehe ANHANG II).

2.3.2 Therapie am neuartigen Handroboter

Trainingsmodus

Jeder Studienpatient erhielt insgesamt 15 Therapien am Handroboter. Im Zuge dieser Einheiten wurden automatisierte, simultane Extensions- und Flexionsbewegungen der Finger der betroffenen Hand durchgeführt (passiver Therapiemodus). Diese Einstellungen wurden gewählt, da durch die gleichzeitigen Beuge- und Streckbewegungen der Finger ein physiologischer Faustschluss imitiert wird (aufgabenspezifisches Training). Die Dauer einer Sitzung betrug jeweils 20 Minuten. Während dieser Zeit beaufsichtigte eine Ergotherapeutin das Training und motivierte den Patienten zu einer bestmöglichen, aktiven Mitarbeit bei der Bewegungsausübung. Zur genauen Dokumentation wurde ein Protokollblatt geführt. Dieses beinhaltete Informationen bezüglich Datum, Dauer, Geschwindigkeit, Griffstärke und ergänzende Bemerkungen zu den einzelnen Therapieeinheiten (siehe ANHANG I).

Individuelle Therapieeinstellungen am Gerät

Da das Ausmaß der motorischen Defizite und die anatomischen Gegebenheiten zwischen den einzelnen Studienpatienten variierten, wurden für jede Person individuelle Therapieeinstellungen am Handroboter vorgenommen.

Je nach Defizit wurden die passende Bewegungsgeschwindigkeit und der maximal mögliche Bewegungsraum der Finger ausgewählt. Diese Einstellungen wurden einmal vor Beginn der ersten Therapieeinheit getroffen und für alle folgenden Sitzungen gespeichert und beibehalten.

Um ein komfortables Training am Handroboter zu gewährleisten, wurden vor jeder Therapieeinheit erneut eine Höhenverstellung des Geräts und eine Anpassung der Armschiene und der Fingerspreizung vorgenommen.

2.4 Strukturelle MRT-Untersuchungen

Zur genauen Charakterisierung der Ausdehnung und Lokalisation des Infarktareals wurde vor Beginn des dreiwöchigen Trainingsprogramms bei jedem Patienten eine MRT-Untersuchung mit hochauflösenden, T1-gewichteten Sequenzen, ein sogenannter struktureller Scan, angefertigt. Diese Untersuchung wurde an der Abteilung für Neuroradiologie der Universitätsklinik für Radiologie in Graz (Leiter: Univ.-Prof. Dr. Franz Ebner) an einem 3-Tesla-MRT durchgeführt.

Die folgende Abbildung zeigt die Insultlokalisationen der elf Studienpatienten (siehe Abbildung 2-2).

Tabelle 2-3 enthält Informationen bezüglich Lateralität, Lokalisation, Ätiologie und Volumen der Läsionen.

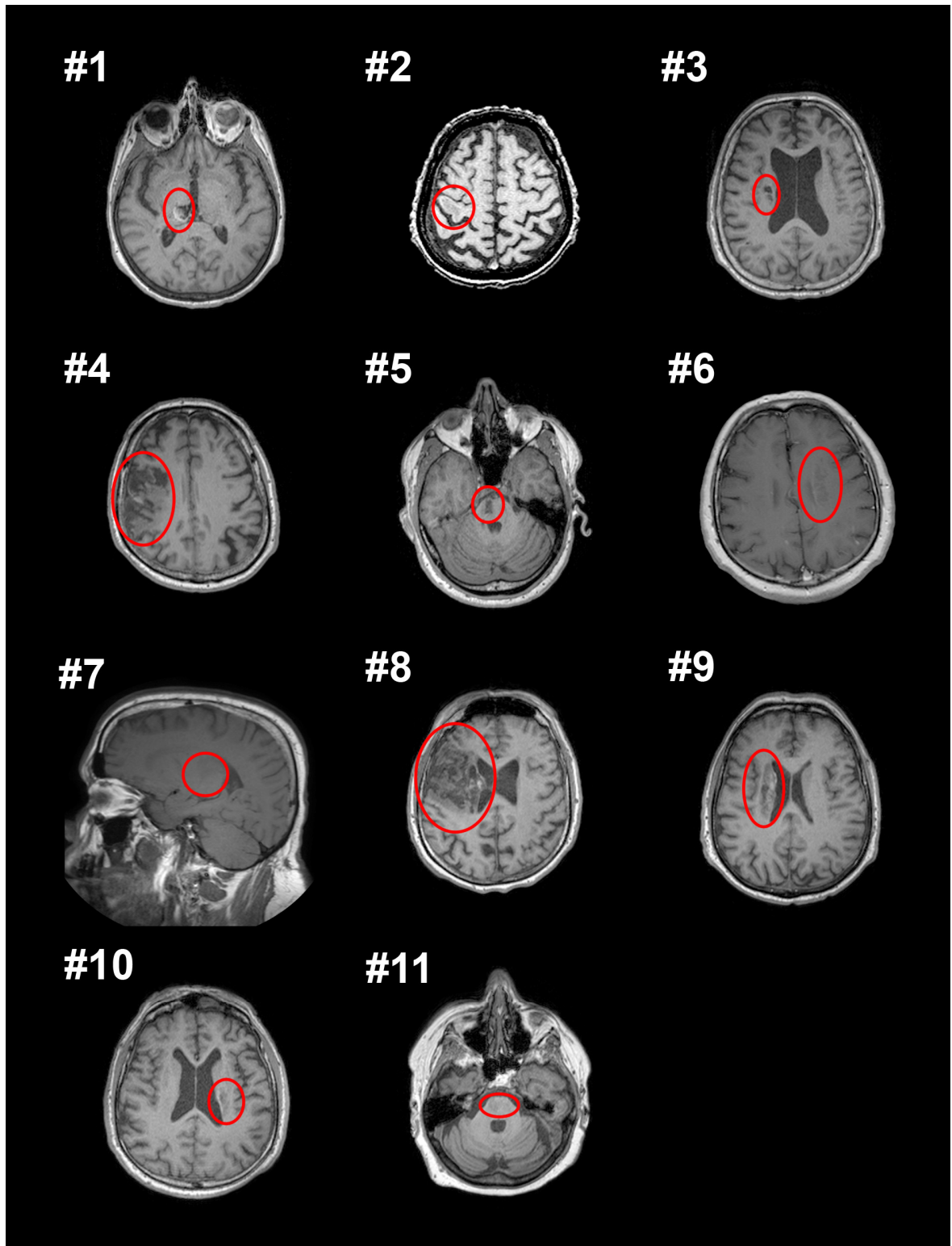


Abbildung 2-2: Infarktareale der Studienpatienten (roter Kreis): Darstellung in T1-gewichteten MRT-Schnittbildern mit axialer Schichtführung (radiologische Konvention: rechts im Bild ist gleich links); mit Ausnahme von Patient #7 (= saggitale Schichtführung)

Tabelle 2-3: Angaben zur Lateralität, Lokalisation, Ätiologie und Volumen der Läsionen

#	Seite	Lokalisation	Ätiologie	Infarktvolumen
1	re	Thalamus	Blutung	3,3 cm ³
2	re	Gyrus praecentralis	Ischämie (ACM)	1,6 cm ³
3	re	Corona radiata	Ischämie (ACM)	1,2 cm ³
4	re	frontoparietaler Kortex und Marklager	Ischämie (ACM)	50,1 cm ³
5	re	Pons	Ischämie (vertebrobasilär)	0,2 cm ³
6	li	Corona radiata	Ischämie (ACM)	1,8 cm ³
7	li	Stammganglien	Ischämie	3,1 cm ³
8	re	frontaler Kortex und Marklager, Stammganglien	Ischämie (ACM) sekundär hämorrhagisch	90,6 cm ³
9	re	Stammganglien, Striatum	Ischämie (ACM)	8,1 cm ³
10	li	Capsula interna, Corona radiata	Ischämie (ACM)	0,9 cm ³
11	re	Pons	Ischämie (vertebrobasilär)	0,3 cm ³

#...Stud.ID, **ACM**...Arteria cerebri media, **cm³**... Kubikzentimeter, **re**...rechts, **li**...links

2.5 Erhebungsinstrumente

2.5.1 Klinische Skalen und Scores

Im Rahmen der Studie wurden bei jedem Patienten insgesamt acht verschiedene klinische Skalen und Scores erhoben. Die „Mini Mental State Examination“ (MMSE) und „Ashworth Scale“ (AS) dienen der Prüfung bestimmter Ein- und Ausschlusskriterien (kognitive Fähigkeiten, Spastizität). Mittels des „Edinburgh Handedness Inventory“ (EHI) wurde die Dominanz der Händigkeit bestimmt. Zur

Quantifizierung therapieinduzierter, motorischer Veränderungen zog man den Motricity Index (MI) heran. Etwaige Einflüsse der Therapie auf den Grad der Behinderung und auf die Selbstständigkeit im Alltag wurden anhand der „modified Rankin Scale“ (mRS), der „National Institute of Health Stroke Scale“ (NIHSS), dem „Barthel Index“ (BI) und dem „Rivermead Mobility Index“ (RMI) erhoben.

Zur Erfassung therapieinduzierter Veränderungen erfolgten die klinischen Testungen jeweils zu Beginn und nach Abschluss der 15 Einheiten am Handroboter (siehe Abbildung 2-1).

Jene Messinstrumente, welche ausschließlich der Prüfung der Ein- und Ausschlusskriterien und der Bestimmung der Händigkeit dienten, wurden nur einmalig, im Zuge einer Voruntersuchung eingesetzt.

Die Erhebung der Skalen und Scores erfolgte immer durch den gleichen Arzt, um untersucherbedingte Abweichungen der Ergebnisse zu vermeiden.

Im folgenden Abschnitt werden die verwendeten Messinstrumente näher vorgestellt. Die englischsprachigen Originalversionen der nachfolgenden klinischen Testungen befinden sich im Anhang (siehe ANHANG IIIa-h).

Kognitive Testung

Mini Mental State Examination (MMSE) (Folstein et al. 1975)

Testbeschreibung:

Der Mini-Mental-Test dient der Beurteilung des Wahrnehmungs-, Lern-, und Erinnerungsvermögens eines Patienten.

Als Screeningverfahren kann er Defizite in diesen Bereichen aufdecken. Bei regelmäßiger Durchführung ist der Test auch zur Verlaufskontrolle kognitiver Funktionsstörungen einsetzbar.

Die Skala besteht aus fünf Hauptpunkten, welche Orientierung, Merkfähigkeit, Aufmerksamkeit, Erinnerungsfähigkeit und Sprache eines Patienten prüfen. Jedes dieser Items setzt sich wiederum aus mehreren Unterpunkten mit unterschiedlichen Aufgabenstellungen zusammen.

Generell können 0 bis 30 Punkte erreicht werden, wobei 30 Punkte für eine gute kognitive Leistung sprechen. Eine Punktzahl kleiner oder gleich 23 gilt als Indikator für das Vorhandensein kognitiver Funktionsstörungen. (Masur 2000, S. 157-159; Oesch 2007, S. 271-273; Kurlowicz 1999).

Gütekriterien:

Die Angaben zu den Gütekriterien der MMSE variieren stark (Blum 2008 a). So beschrieben Folstein et al. (1975) eine gute Test-Retest-Reliabilität und hohe Interrater-Reliabilität für den Mini-Mental Test. Während eine Arbeit von Bowie et al. (1999) eine inadäquate Test-Retest-Reliabilität, vor allem zur Erfassung minimaler, therapieinduzierter, kognitiver Veränderungen im Rahmen von klinischen Studien, zeigte. Laut einer Untersuchung von Hopp et al. (1997) weist die MMSE eine mäßige Test-Retest-Reliabilität und moderate Konstrukt-Validität auf. Grundsätzlich wird der Mini-Mental Test, als Screeninguntersuchung zur Detektion kognitiver Defizite empfohlen. Für die Verlaufsbeobachtung scheint die Skala jedoch weniger geeignet zu sein (Masur 2000, S. 159; Hopp 1997).

Auswahlbegründung:

Im Rahmen dieser Arbeit wurde die MMSE einmal, vor Einschluss der Patienten in das Studienprotokoll, erhoben. Der Test diente als Screeningverfahren zur Erfassung kognitiver Beeinträchtigungen, welche die Einhaltung des Studienprotokolls gefährden hätten können.

Testung der Händigkeit

Edinburgh Handedness Inventory (EHI)(Oldfield 1971)

Testbeschreibung:

Das EHI wird zur Bestimmung der Händigkeitsdominanz eingesetzt. Der Proband wird dazu aufgefordert seine bevorzugte Hand zur Ausführung zehn verschiedener Aufgabenstellungen anzugeben. Wird eine Tätigkeit im gleichen Ausmaß sowohl mit der linken als auch mit der rechten Hand durchgeführt, kann dies mit jeweils einem „+“ in der Spalte für die rechte und linke Hand dokumentiert werden. Die starke Präferenz einer Hand zur Ausübung bestimmter Dinge, wird mit „++“ gekennzeichnet. Im Anschluss an die zehn Hauptitems zur Händigkeit folgen noch zwei weitere Fragestellungen bezüglich der Präferenz eines Beins oder Auges (Masur 2000, S. 97-98).

Gütekriterien:

Es sind keine Angaben zu den Testgütekriterien des EHI nach Oldfield in der Literatur vorhanden.

Auswahlbegründung:

Die Testung erfolgte einmal vor Beginn des Trainingsprogramms. Es war von Interesse, ob die motorischen Ausfälle die dominante oder nicht-dominante Hand des Patienten betreffen.

Beurteilung der Spastizität

Ashworth Scale (AS) (Ashworth 1964)

Testbeschreibung:

Die Ashworth Skala wird zur Einstufung der Spastizität (erhöhter Muskeltonus) verwendet. Als Maß für einen erhöhten Muskeltonus wird der geschwindigkeitsabhängige Widerstand, der bei passiver Bewegung einer Extremität auftritt, herangezogen (Schädler 2006, S.232).

Die verwendete Version der AS wies folgende Skalierung auf:

0	Kein erhöhter Muskeltonus.
1	Leicht erhöhter Muskeltonus in der Anfangs- oder Endphase einer Bewegung.
2	Merklich erhöhter Muskeltonus, wobei der betroffene Körperteil noch einfach gebeugt werden kann.
3	Beträchtlich erhöhter Muskeltonus. Die Ausführung passiver Bewegungen ist erschwert.
4	Der betroffene Körperteil ist sowohl bei Extension als auch bei Flexion rigide.

Gütekriterien:

Eine Untersuchung von Brashear et al. (2002) zeigte eine gute Intrarater- und Interrater-Reliabilität der Ashworth Skala. Laut Pandyan et al. (1999) erwies sich die Skala für die obere Extremität als besonders zuverlässig. Außerdem scheint das Original der Ashworth Skala der modifizierten Version (mAS) bezüglich ihrer Reliabilität überlegen zu sein.

Auswahlbegründung:

Die Skala wurde einmalig zur Prüfung der Ein- und Ausschlusskriterien erhoben. Laut den Einschlusskriterien darf keine hochgradige Spastizität (Ashworth Skala < 3) der betroffenen Handmuskulatur bestehen.

Motorischer Funktionstest

Motricity Index (MI) (Demeurisse et al. 1980)

Testbeschreibung:

Der MI dient der Erfassung motorischer Defizite in Folge eines Schlaganfalls. Der Test besteht insgesamt aus sechs Items, wobei sich jeweils drei auf die Funktionen der oberen beziehungsweise unteren Extremität beziehen. Im Bereich der oberen Extremität erfolgt eine Prüfung der Schulterabduktion, der Ellbogenbeugung und des „Pinzettengriffs“ (maximal 99 Punkte). Bei der unteren Extremität werden die Beugung im Hüftgelenk, die Extension im Knie und die Dorsalflexion im Sprunggelenk beurteilt (maximal 99 Punkte). Für eine Körperhälfte (obere + untere Extremität) können demnach Punktzahlen zwischen 0 und 198 erreicht werden. Gute motorische Funktionen korrelieren mit einer hohen Punktzahl (Masur 2000, S. 83-86; Müller 2006, S. 547-548).

Gütekriterien:

In einer Arbeit von Collin et al. (1990) wurde der MI als ein valides und reliables Instrument zur Erfassung motorischer Funktionen bei Insultpatienten beschrieben. Von Bohannon und Mitarbeitern (1999) wurde eine gute Konstrukt- und Kriteriumsvalidität des MI bestätigt.

Auswahlbegründung:

Der MI wurde eingesetzt um Veränderungen der motorischen Funktionen im Therapieverlauf zu detektieren. Die Skala wurde vor Beginn und am Ende des dreiwöchigen Rehabilitationsprogramms erhoben. Da in dieser Arbeit vor allem die Fortschritte der Hand- und Fingermotorik von großem Interesse waren, erfolgte eine gesonderte Auswertung des Unterpunkts „Pinzettengriff“ und der Gesamtpunktzahl des betroffenen Arms. Bei der Aufgabenstellung „Pinzettengriff“, soll der Patienten ein 2,5 cm großes Objekt (z.B. Würfel) zwischen Daumen und Zeigefinger fassen und anheben.

Testung der Selbstständigkeit im Alltag

Rivermead Mobility Index (RMI) (Collen 1991)

Testbeschreibung:

Der Patient wird bezüglich seiner Fähigkeit alltägliche Tätigkeiten auszuführen befragt. Es handelt sich vor allem um Aktivitäten, welche die Mobilität betreffen. Die Beantwortung der Fragen erfolgt mit „Ja“ oder „Nein“, wobei jedes „Ja“ einen Punkt zählt. Es können Punktzahlen zwischen 0 und 15 erreicht werden. Je höher die Punktzahl, desto mobiler ist der Patient (Masur 2000, S. 625-626; Schädler 2006, S. 154-156).

Gütekriterien:

In einer Arbeit von Hsueh et al. (2003) zeigte sich eine gute Interrater-Reliabilität für die Gesamtpunktzahl des RMI. Bezogen auf den BI konnten eine gute konvergente und prädiktive Validität des RMI nachgewiesen werden. Besonders in den ersten 90 Tagen nach Insult wies der RMI eine hohe Nachweisempfindlichkeit für Veränderungen auf. Die modifizierte Version des RMI (mRMI) zeigte keine bessere Responsivität, obwohl der mRMI ursprünglich dazu entwickelt wurde, den RMI empfindlicher für Veränderungen zu machen.

Schindl und Mitarbeiter (2000) validierten die deutsche Version des RMI gegenüber dem motorischen Teil der Functional Independence Measure (FIM) und der Gehgeschwindigkeit, wobei sich eine gute Korrelation der beiden Messinstrumente zeigte. In der Studie erwies sich der RMI als ein reliables, valides und responsives Instrument zur Erfassung der Mobilität bei akuten und chronischen Schlaganfallpatienten.

Barthel Index (BI) (Mahoney 1965)

Testbeschreibung:

Der Barthel Index ist ein Instrument zur Erfassung der Selbstständigkeit von Schlaganfallpatienten im Alltag. Der Test setzt sich aus zehn verschiedenen Items zusammen. Es werden Funktionen des täglichen Lebens wie Nahrungsaufnahme, Fortbewegung, Körperpflege, Toilettengang, Baden, Gehen auf ebenem Untergrund, Stiegensteigen (auf- und abwärts), Ankleiden, Blasen- und Stuhlkontrolle abgefragt. Die Antworten sollen durch direktes Beobachten oder Interview mit dem Betroffenen, Angehörigen oder Pflegepersonal erhoben werden.

Positiv bewertet wird alles, was vom Patient tatsächlich im Alltag ausgeführt wird. Was theoretisch gemacht werden könnte, aber im Alltag nicht umgesetzt wird, zählt nicht. Beim Barthel-Index handelt es sich um eine Ordinalskala mit einer Abstufung von 15, 10, 5 und 0 Punkten. Insgesamt können zwischen 0 und 100 Punkte erreicht werden. Eine hohe Punktzahl spricht für weitgehende Unabhängigkeit im Alltag (Masur 2000, S. 604-606; Schädler 2006, S. 55-58; Müller 2006, S. 549-550).

Gütekriterien:

Van der Putten und Mitarbeiter (1999) verglichen den BI und die FIM bezüglich ihrer Responsivität. Es zeigte sich eine ähnliche Nachweisempfindlichkeit der beiden Instrumente, obwohl der FIM ursprünglich dazu entwickelt wurde, die Empfindlichkeit des BI gegenüber Veränderungen zu erhöhen. Andere Studien berichteten über eine gute Interrater-Reliabilität (Wolfe 1991; Loewen 1988) und Intrarater-Reliabilität (Loewen 1988) des BI. Auch die deutsche Version des BI weist in der Akutphase eine sehr gute Interrater-Reliabilität hinsichtlich der Gesamtpunktzahl und der einzelnen Items auf (Heuschmann et al. 2005).

Erfassung von Behinderungen

Modified Rankin Scale (mRS) (Van Swieten 1988)

Testbeschreibung:

Die mRS ist ein häufig verwendetes Instrument in der Schlaganfallforschung. Sie erfasst den Behinderungsgrad und den daraus resultierenden Pflegeaufwand in Folge eines Insults. Mit Hilfe der Skala sollen Aspekte zur physischen, mentalen und sprachlichen Leistungsfähigkeit des Patienten zusammengefasst werden. Der Schwerpunkt liegt aber vor allem auf den Bereichen Mobilität und Kontinenz. Es handelt sich um eine Ordinalskala von 0 bis 6, wobei 0 für keinerlei Einschränkungen und 6 für Tod infolge eines Insults steht. Die Bewertung erfolgt durch direkte Beobachtung des Patienten oder in Form von schriftlichen beziehungsweise telefonischen Befragungen von Bezugspersonen. (Schädler 2006, S. 83-85; Blum 2008 b).

Gütekriterien:

In einer Untersuchung von Wolfe und Mitarbeitern (1991) zeigte sich eine akzeptable Intertester-Reliabilität. Die Validität der Skala wird auf Grund der

ungenauen Definition der abgefragten Aktivitäten bemängelt (New 2006). Gegenüber anderen Messinstrumenten, wie dem BI oder der FIM, weist die mRS eine schlechtere Nachweisempfindlichkeit auf (Dromerick 2003).

The National Institute of Health Stroke Scale (NIHSS) (Brott 1989)

Testbeschreibung:

Die Skala erfasst neurologische Ausfälle nach Schlaganfall. Der Test kann in 15 Hauptpunkte gegliedert werden, welche eng an den neurologischen Status angelehnt sind: Prüfung des Bewusstseins durch Ansprache und gezielte Aufforderungen, Pupillenreaktion, Blickfolgebewegungen, Gesichtsfeldprüfung, Testung des Nervus facialis, motorische Funktionen der oberen und unteren Extremitäten, Ataxie, Sensibilität, Neglect, Dysarthrie und Sprache. Die NIHSS ist eine Ordinalskala mit jeweils drei bis vier Unterpunkten. Insgesamt kann eine Punktzahl zwischen 0 und 36 erreicht werden. Hohe Punktzahlen korrelieren mit schwerwiegenden Ausfällen in Folge eines Insults (Masur 2000, S. 212-214; Schädler 2006, S. 216-219).

Gütekriterien:

Eine Untersuchung von Brott et al. (1989) wies eine hohe Interrater-Reliabilität und Test-Retest-Reliabilität für die NIHSS nach. Auch die Erhebung der Skala durch nicht neurologisch geschultes Personal stellte sich als zuverlässig heraus (Goldstein 1997). Untersuchungen zur Validität zeigten eine Korrelation der NIHSS mit der Infarktgröße in der Computertomographie und dem klinischem Outcome (Brott 1989). Im Vergleich zur Canadian Neurological Scale und der Middle Cerebral Artery Neurological Scale besitzt die NIHSS den höchsten prognostischen Wert bei Insultpatienten (Muir 1996).

Auswahlbegründung:

Die vier soeben beschriebenen Skalen zur Erfassung des Behinderungsgrades und der Selbstständigkeit im Alltag wurden vor Beginn und am Ende des Rehabilitationsaufenthalts erhoben, um etwaige Veränderungen im Therapieverlauf zu detektieren. Es muss bedacht werden, dass derartige Messinstrumente nicht zur Erfassung motorischer Funktionen geeignet sind, da positive Veränderungen der Punktzahlen auch durch Kompensation der Ausfälle mit der gesunden Extremität bedingt sein können. Ein besseres Ergebnis muss somit nicht zwingend mit einer guten funktionellen Erholung korrelieren (Higgins

2005). Der Beweggrund für den Einsatz dieser Messinstrumente war die Tatsache, dass eine Zunahme der Kraft oder Verbesserungen im MI nicht immer relevant für den einzelnen Patienten, im Sinne einer erhöhten Selbstständigkeit und Unabhängigkeit im Alltag sein müssen. Die vier Messinstrumente wurden zur Quantifizierung des persönlichen Benefits für die einzelnen Studienpatienten eingesetzt.

2.5.2 Kraftmessung

Die Kraftmessungen wurden direkt am Handroboter jeweils zu Beginn und am Ende jeder Therapieeinheit durchgeführt.

Die Messung erfolgte über eine begrenzte Zeitspanne, in welcher der Patient dazu angehalten wurde, eine maximal mögliche Flexions- und Extensionsbewegung seiner Finger durchzuführen. Die auftretenden Fingerkräfte wurden durch im Gerät integrierte Dehnungsmessstreifen erfasst.

Die ermittelte Griffstärke entspricht dem Mittelwert zu jenem Zeitpunkt, zu dem die Summe der Kräfte der einzelnen Finger ihren Maximalwert erreicht.

Die Griffstärke kann getrennt für Beuge- und Streckbewegungen ermittelt werden. Im Ergebnisteil entspricht der Begriff „Griffstärke“ der Kraft bei maximal möglicher Fingerflexion.

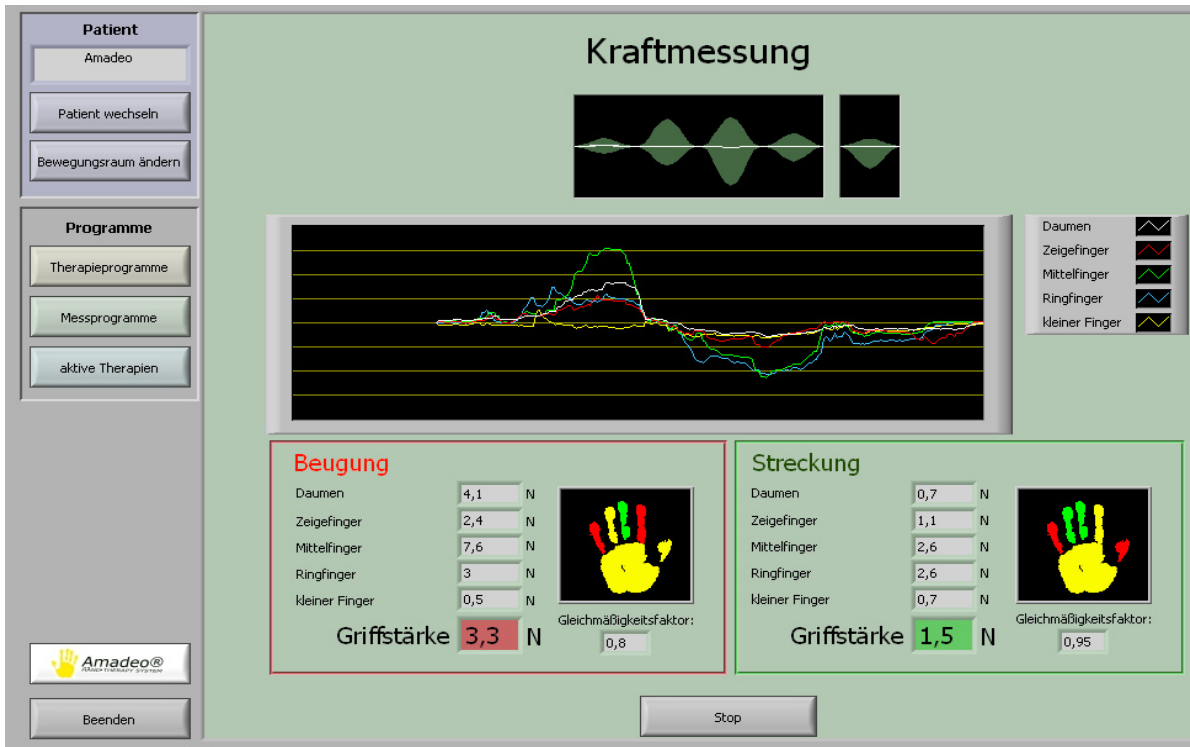


Abbildung 2-3: Graphische Benutzeroberfläche des Handroboters zum Zeitpunkt der Kraftmessung

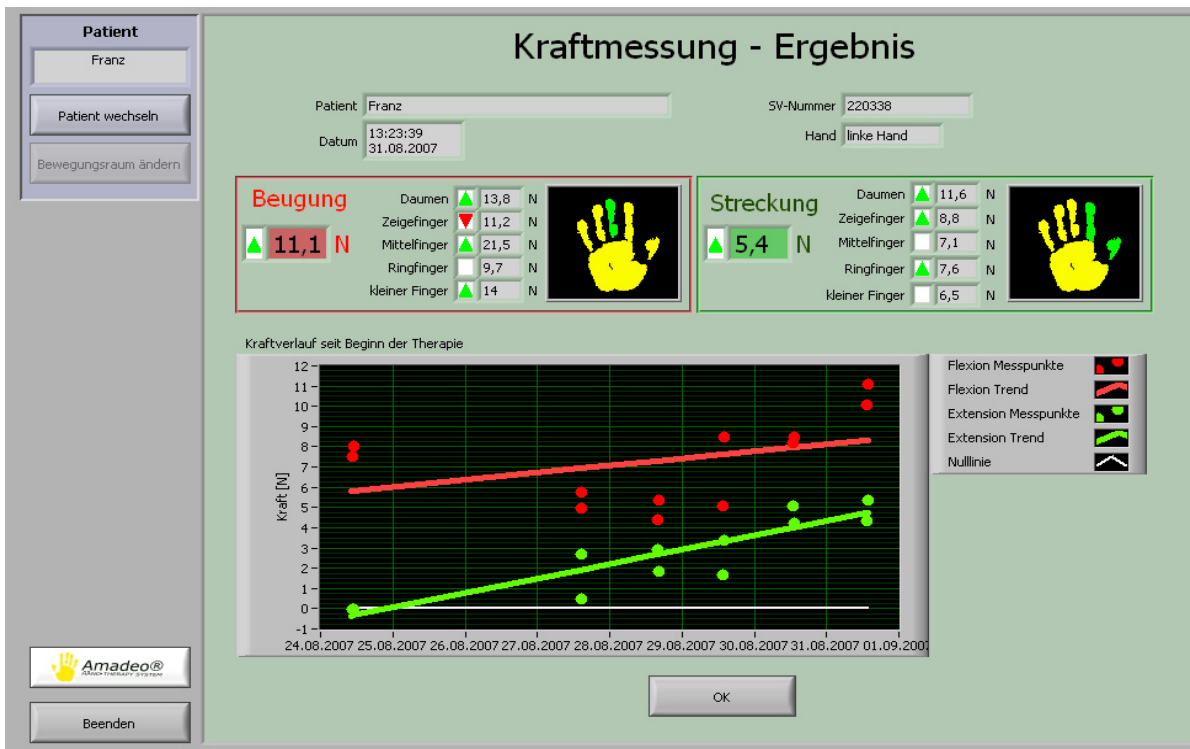


Abbildung 2-4: Graphische Benutzeroberfläche des Handroboters mit der Darstellung der Kraftentwicklung im Verlauf der einzelnen Therapieeinheiten

2.6 Auswertungsverfahren

2.6.1 Statistische Auswertung

Die Ergebnisse der erhobenen neurologischen Skalen und Scores und die Daten der Kraftmessungen wurden mittels SPSS (Version 11.5) ausgewertet.

2.6.2 Vermessung der Infarktareale

Die Größe des Infarkt- oder Blutungsgeschehens wurde mittels einer dedizierten, von der „Forschungseinheit für Bildgebende Neurologische Forschung“ der Universitätsklinik für Neurologie Graz entwickelten, Software auf T1-gewichteten strukturellen MRT-Bildern vermessen. Die Auswahl der T1-gewichteten Scans erlaubte die Erfassung des tatsächlichen Gewebeuntergangs, beziehungsweise jener Areale mit hochgradiger Parenchymdestruktion (siehe Abbildung 2-2).

Zur Veranschaulichung zeigt die folgende Abbildung die Darstellung eines Infarkts in unterschiedlichen MRT-Sequenzen (FLAIR – fluid-attenuated inversion-recovery, DWI – diffusion weighted imaging, TOF – time of flight) und -Gewichtungen (T1, T2).

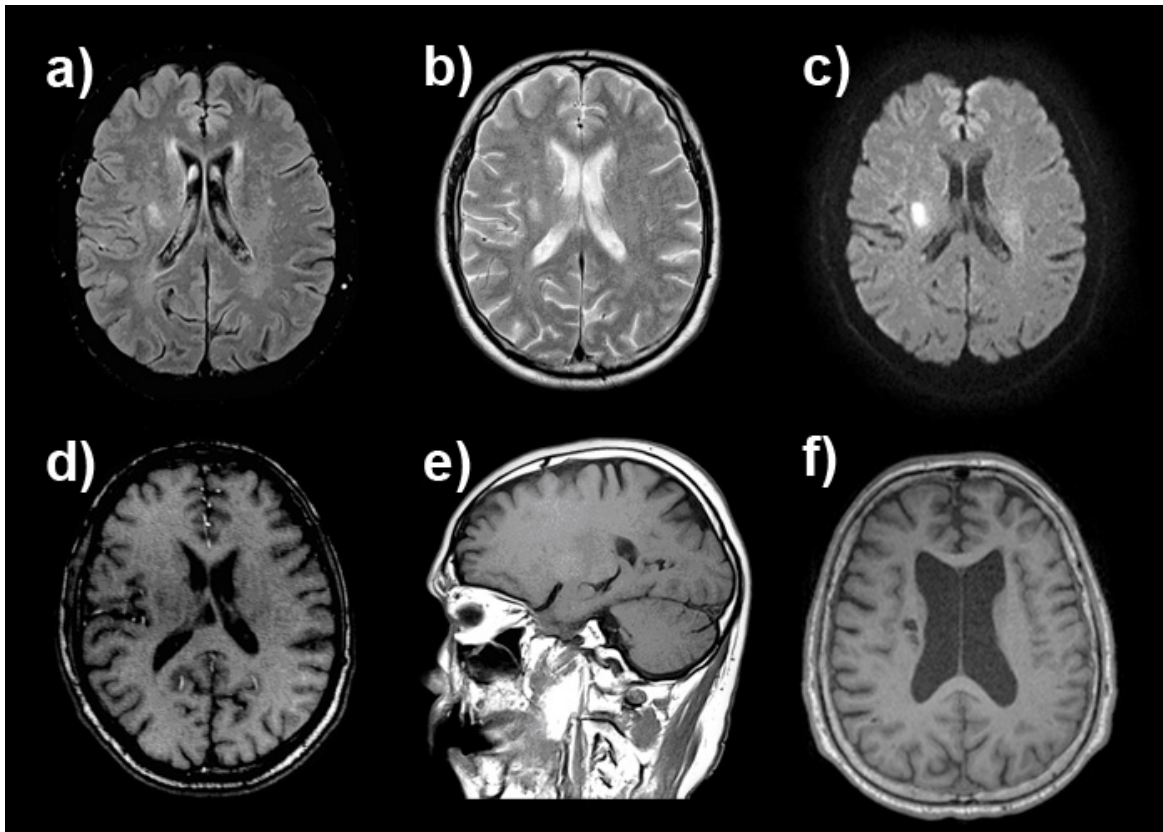


Abbildung 2-5: Darstellung eines akuten Infarkts bei einem Nicht-Studienteilnehmer (a bis e) anhand unterschiedlichen MRT- Sequenzen: a) FLAIR-Aufnahme b) T2-Bild mit unscharf begrenzter Signalanhebung c) DWI mit akutem Infarkt d) TOF-Aufnahme in T1-Gewichtung e) sagittales, T1-gewichtetes Bild; In den T1- gewichteten Sequenzen ist der Infarkt zu diesem frühen Zeitpunkt noch nicht erkennbar. Im Vergleich dazu zeigt sich in f) (T1-gewichtet) ein alter, abgeräumter Infarkt im chronischen Stadium, an nahezu identer Stelle bei einem Studienpatienten.

2.6.3 Protokollblatt

Zur Evaluierung der Therapiesicherheit des neuen Handroboters wurde von den Ergotherapeutinnen ein Protokoll geführt (siehe ANHANG I). Dieses beinhaltete Informationen bezüglich Datum, Dauer, Therapieschwindigkeit und Kraftmessungen einer jeden Trainingseinheit. Zusätzlich enthielt es ein Feld für Bemerkungen, welches zur Notiz von Besonderheiten und Beschwerden im Therapieverlauf diente. Die Auswertung dieser Aufzeichnungen erlaubte die grobe Überprüfung der Therapiesicherheit des Handroboters.

3 Ergebnisse

3.1 Deskriptive Statistik

Angaben zur deskriptiven Statistik befinden sich in Tabelle 3-1.

Tabelle 3-1: Werte der deskriptiven Statistik

#	MI 1 (betroffener Arm)	MI 2 (betroffener Arm)	MI 1 Pinzettengriff (betroffener Arm)	MI 2 Pinzettengriff (betroffener Arm)	Kraft-	Kraft-	RMI 1	RMI 2	BI 1	BI 2	NIHSS 1	NIHSS 2	mRS 1	mRS 2
					Messung \bar{X} E1-3	Messung \bar{X} E 13-15								
1	N.V.	66	N.V.	22	7,67	8,00	N.V.	5	N.V.	55	N.V.	4	N.V.	4
2	N.V.	88	N.V.	22	7,33	14,25	N.V.	15	N.V.	100	N.V.	1	N.V.	2
3	92	99	33	33	12,33	22,00	13	13	95	95	3	3	3	3
4	47	88	14	22	8,00	12,00	8	12	55	95	3	1	4	2
5	76	91	26	33	12,50	13,00	15	15	95	100	1	0	1	1
6	58	65	19	26	9,50	7,00	10	12	80	90	7	5	3	3
7	70	70	26	26	11,33	12,33	11	12	85	85	2	2	3	3
8	60	76	22	26	3,67	7,00	3	13	50	90	5	3	4	3
9	50	54	22	26	6,00	11,00	8	10	70	80	N.V.	N.V.	3	3
10	29	37	11	19	4,50	5,33	0	2	35	40	7	6	4	4
11	66	70	22	26	9,33	15,50	5	5	50	75	3	1	4	4
\bar{X}	60,9	73,1	21,7	25,6	8,3	11,7	8,1	10,4	68,3	82,3	3,9	2,6	3,2	2,9
σ	18,2	18	6,6	4,4	3,3	4,8	4,8	4,4	21,8	19,2	2,2	2,0	1,0	0,9
\tilde{X}	60	70	22	26	8	12	8	12	70	90	3	2,5	3	3
min	29	37	11	19	3,67	5,33	0	2	35	40	1	0	1	1
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
max	92	99	33	33	12,50	22,00	15	15	95	100	7	6	4	4

#...Stud. ID, σ ...Standardabweichung, \bar{X} ...Mittelwert, \tilde{X} ...Median, 1...vor der Therapie, 2...nach der Therapie, BI...Barthel Index, E...Therapieeinheit, max...Maximum, MI...Motricity Index, min...Minimum, NIHSS...National Institute of Health Stroke Scale, N.V....nicht verfügbar, RMI...Rivermead Mobility Index, RS...Rankin Scale

3.2 Inferenzstatistik

3.2.1 Entwicklung der funktionellen Handkraft

Entwicklung gemessen am Motricity Index (MI)

Auswertungsschritte

Die Veränderungen des MI im Verlauf der Therapieeinheiten am Handroboter wurden mittels des non-parametrischen Wilcoxon Rang-Tests für zwei verbundene Stichproben quantifiziert, da keine Normalverteilung vorlag.

Um spezifische Aussagen bezüglich der Handfunktion gewinnen zu können, wurden die Gesamtpunktzahl des betroffenen Arms (MI - betroffener Arm) und der Unterpunkt „Pinzettengriff“ (MI-Pinzettengriff - betroffener Arm) analysiert.

In die Berechnungen des MI1 (Mittelwert der erreichten Punktzahl aller Patienten vor Therapiebeginn) gingen die Daten der neun Studienpatienten mit den vollständigen Datensätzen ein. Zur Kalkulation von MI2 (Mittelwert der erreichten Punktzahl aller Patienten am Ende der 15 Therapieeinheiten) wurden die Werte von allen elf Studienteilnehmern herangezogen.

Statistische Analyse

Tabelle 3-2: Statistische Kenngrößen zum MI des betroffenen Arms und MI-Pinzettengriff des betroffenen Arms, vor (MI1, MI1-Pinzettengriff) und nach (MI2, MI2-Pinzettengriff) den 15 Therapieeinheiten

	MI1 (betroffener Arm)	MI2 (betroffener Arm)	MI1- Pinzettengriff (betroffener Arm)	MI2- Pinzettengriff (betroffener Arm)
\bar{x}	60,9	73,1	21,7	25,6
σ	18,2	18	6,6	4,4
p	0,012		0,017	

1...vor der Therapie, 2...nach der Therapie, \bar{x} ...Mittelwert, σ ...Standardabweichung, p...Irrtumswahrscheinlichkeit

Es zeigte sich eine statistisch signifikante Verbesserung des MI (betroffener Arm) um durchschnittlich 12,2 Punkte ($p=0,012$) und des MI-Pinzettengriff (betroffener Arm) um 3,9 Punkte ($p=0,017$). Angaben zu den statistischen Kenngrößen der Berechnung sind Tabelle 3-2 zu entnehmen. Eine graphische Darstellung der Ergebnisse in Form von Whisker-Boxplots ist in Abbildung 3-1 und Abbildung 3-2 zu sehen.

Die genauere Analyse der Daten ergab, dass die Verbesserungen im Gesamtscore des MI des betroffenen Arms bei vier (# 6, 9, 10, 11) von neun Patienten ausschließlich auf Punktzugewinne im Unterpunkt „Pinzettengriff“ zurückzuführen sind.

Tabelle 3-3: Zusammenhang der Verbesserungen im MI (betroffener Arm) mit den Verbesserungen im MI-Pinzettengriff (betroffener Arm)

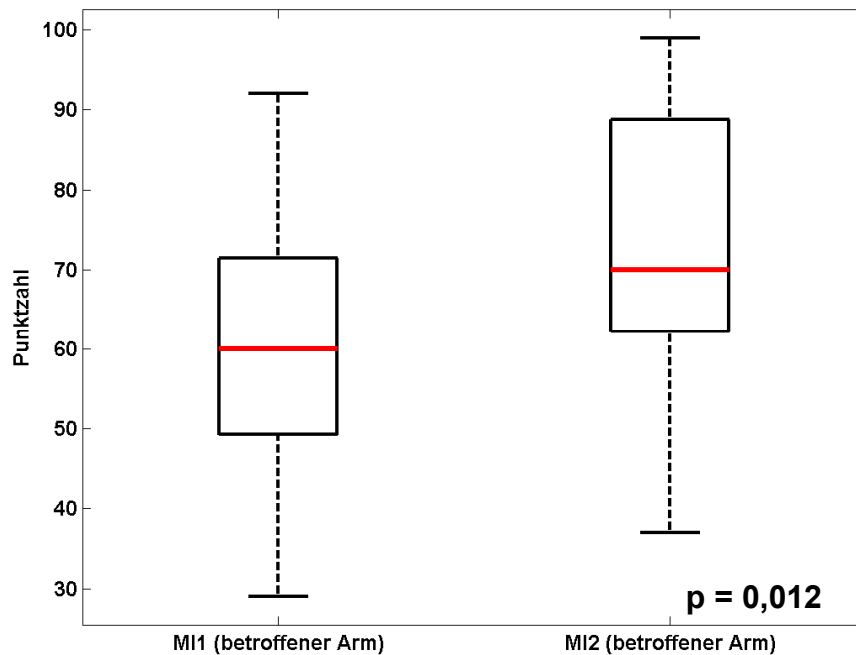
#	Δ MI (betroffener Arm)	Δ MI Pinzettengriff (betroffener Arm)
1	N.V.	N.V.
2	N.V.	N.V.
3	7	0
4	41	8
5	15	7
6	7	7
7	0	0
8	16	4
9	4	4
10	8	8
11	4	4

#...Stud. ID, Δ MI...Verbesserung des MI zwischen Therapiebeginn und -ende (MI2 – MI1)

Der MI des betroffenen Beins zeigte keine wesentliche Verbesserung im Therapieverlauf (MI1 des betroffenen Beins: $80,8 \pm 16,4$; MI2 des betroffenen Beins: $86,8 \pm 15,0$).

Ergebnisse

Die nicht betroffenen Extremitäten erreichten sowohl zu Beginn als auch am Ende des Rehabilitationsprogramms die maximal mögliche Punktzahl der jeweiligen Scores.



**Abbildung 3-1: MI des betroffenen Arms vor (MI1) und nach (MI2) 15 Therapieeinheiten
(maximal erreichbare Punktzahl: 99);**

**Whisker-Boxplot: *Box*= Bereich zwischen 25. und 75. Perzentile, *Mittellinie*= Median,
„Whiskers“= Spannweite, + = Ausreißer;**

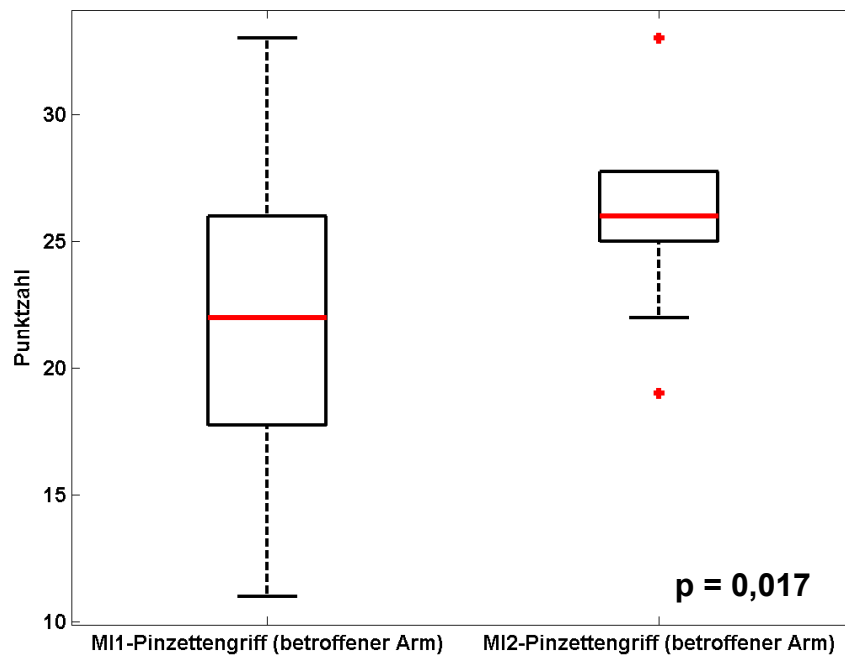


Abbildung 3-2: MI-Pinzettengriff des betroffenen Arms vor (MI1) und nach (MI2) 15 Therapieeinheiten (maximal erreichbare Punktzahl: 33);

Whisker-Boxplot: Box= Bereich zwischen 25. und 75. Perzentile, Mittellinie= Median, „Whiskers“= Spannweite, + = Ausreißer;

Kraftentwicklung gemessen am Gerät

Auswertungsschritte

Der Begriff Kraft beziehungsweise Griffstärke wird in dieser Arbeit mit der maximal möglichen Kraft bei Fingerbeugung gleichgesetzt. Um die Kraftentwicklung im Rahmen der 15 Therapieeinheiten zu quantifizieren, wurden der Mittelwert aus den Kraftmessungen der ersten drei Therapieeinheiten (E1-E3) und der Mittelwert aus den Kraftmessungen der letzten drei Therapieeinheiten (E13-E15) miteinander verglichen. Die Berechnung der Mittelwerte erfolgte, um den Einfluss der Varianz zwischen und innerhalb der Trainingssitzungen zu minimieren und relativ verlässlich Änderungen zwischen Therapiebeginn und Therapieende darzustellen. Die Auswertung der Daten erfolgte wiederum mittels des non-parametrischen Wilcoxon Rang-Tests für zwei verbundene Stichproben, da eine Normalverteilung der Daten nicht gegeben war. Die Analyse beinhaltete die Daten aller elf Studienpatienten.

Statistische Analyse

Tabelle 3-4: Statistische Kenngrößen zu den Daten der Kraftmessung

	\bar{x} Kraft E1-3	\bar{x} Kraft E13-15
\bar{x}	8,3	11,7
σ	3,3	4,8
p	0,013	

\bar{x} ...Mittelwert, σ ...Standardabweichung, **E**...Einheit, **p**...Irrtumswahrscheinlichkeit

Die statistische Analyse zeigte eine signifikante ($p=0,013$), mittlere Zunahme der Kraft um 3,4 N im Zuge der Therapieeinheiten. Die statistischen Kenngrößen und eine graphische Darstellung der Berechnung finden sich in Tabelle 3-4 und Abbildung 3-3. Abbildung 3-4 zeigt die Kraftentwicklung bei den einzelnen Studienpatienten zwischen Therapiebeginn und -ende.

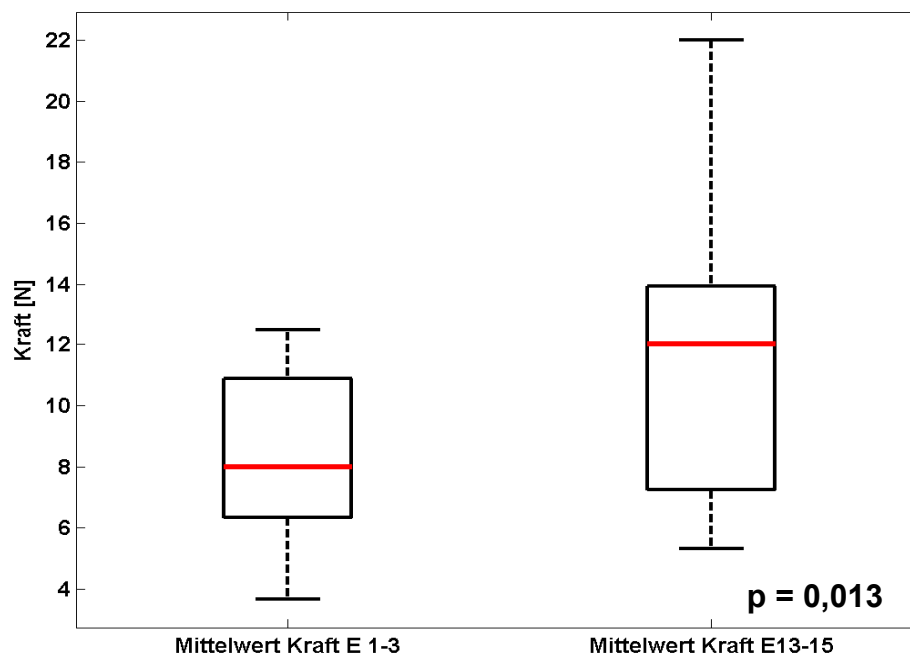


Abbildung 3-3: Kraftzunahme im Therapieverlauf gemessen am Handroboter

Whisker-Boxplot: *Box*= Bereich zwischen 25. und 75. Perzentile, *Mittellinie*= Median, „*Whiskers*“= Spannweite, + = Ausreißer;

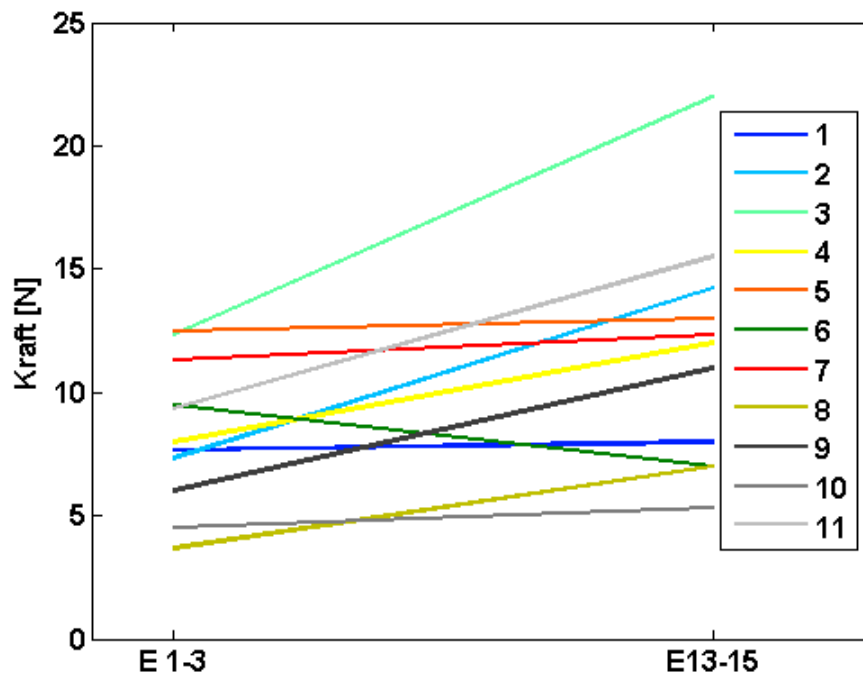


Abbildung 3-4: Kraftentwicklung der einzelnen Studienpatienten zwischen Therapiebeginn und –ende

3.2.2 Auswirkungen der Therapie auf die Selbstständigkeit im Alltag und den Behinderungsgrad

Auswertungsschritte

Die Veränderungen im Therapieverlauf wurden durch den Vergleich zweier Mittelwerte (Mittelwert aller Patienten vor Beginn des Therapieprogramms und Mittelwert aller Patienten nach Ende der Therapieeinheiten) detektiert. Die statistische Analyse erfolgte mittels des non-parametrischen Wilcoxon Rang-Tests für zwei gepaarte Stichproben, da keine Normalverteilung vorlag.

In die Auswertung von RMI1, BI1 und RS1 gingen die Daten von neun Studienpatienten ein. Der NIH1 wurde aus den Messungen von acht Patienten errechnet. In den NIH2 fließen die Daten von zehn Patienten ein. Der RMI2, BI2 und RS2 beinhalten die Messungen von allen elf Studienteilnehmern.

Entwicklung anhand des Rivermead Mobility Index (RMI)

Statistische Analyse

Tabelle 3-5: Statistische Kenngrößen zum RMI vor (RMI1) und nach (RMI2) den absolvierten Therapieeinheiten

	RMI 1	RMI 2
\bar{x}	8,1	10,4
σ	4,8	4,4
p	0,026	

1...vor der Therapie, 2...nach der Therapie, \bar{x} ...Mittelwert, σ ...Standardabweichung, p...Irrtumswahrscheinlichkeit

Der RMI zeigte eine durchschnittliche Zunahme der Punktzahl um 2,3, welche sich als statistisch signifikant (p=0,026) erwies (siehe Tabelle 3-5; Abbildung 3-5).

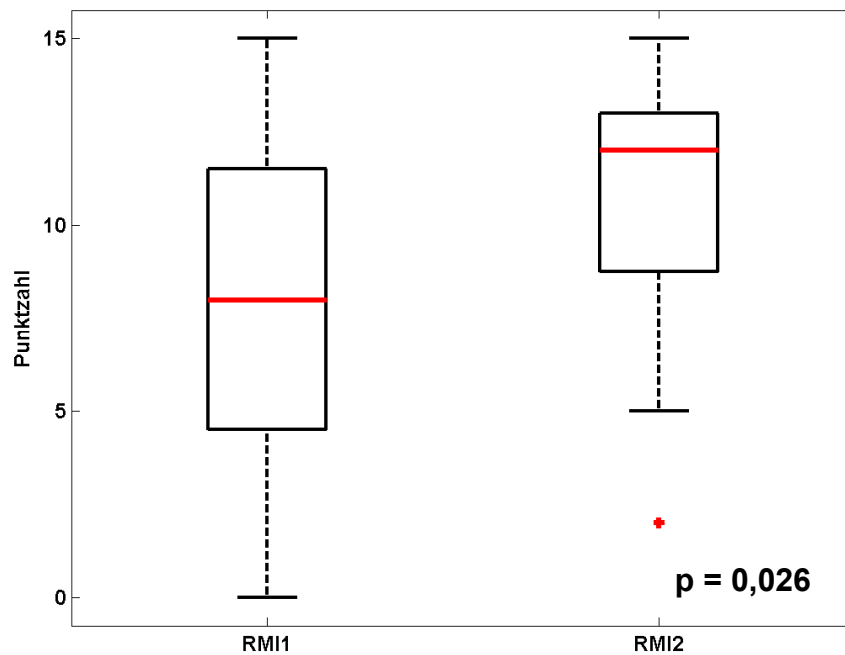


Abbildung 3-5: Entwicklung des RMI im Therapieverlauf

(maximal erreichbare Punktzahl: 15);

Whisker-Boxplot: Box= Bereich zwischen 25. und 75. Perzentile, Mittellinie= Median, „Whiskers“= Spannweite, + = Ausreißer;;

Entwicklung anhand des Barthel Index (BI)

Statistische Analyse

Tabelle 3-6: Statistische Kenngrößen zum BI vor (BI1) und nach (BI2) den absolvierten Therapieeinheiten

	BI 1	BI 2
\bar{x}	68,3	82,3
σ	21,8	19,2
p	0,017	

1...vor der Therapie, 2...nach der Therapie, \bar{x} ...Mittelwert, σ ...Standardabweichung, p...Irrtumswahrscheinlichkeit

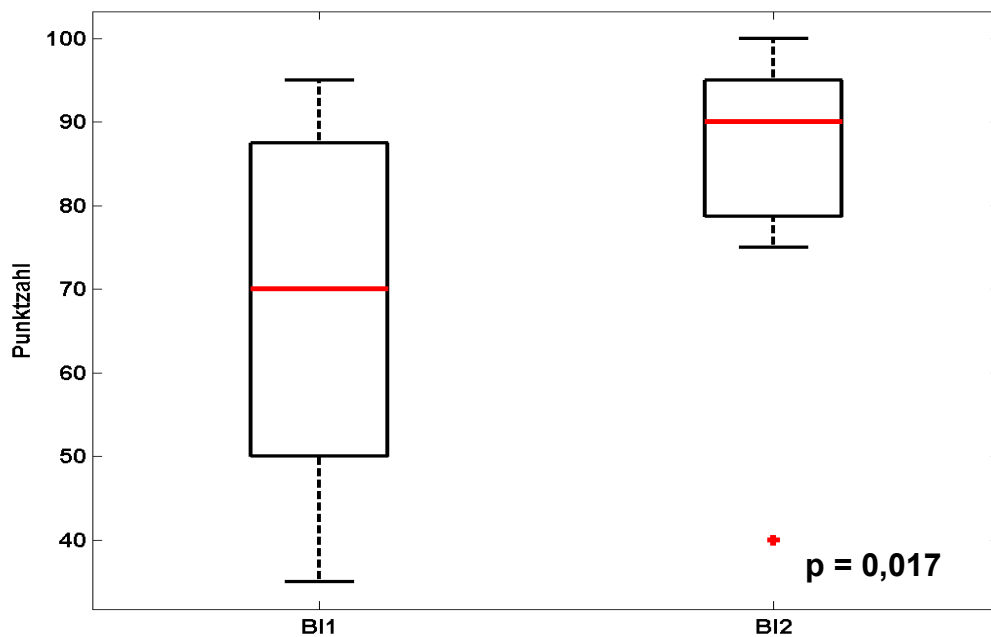


Abbildung 3-6: Entwicklung des BI im Therapieverlauf

(maximale Punktzahl: 100);

Whisker-Boxplot: Box= Bereich zwischen 25. und 75. Perzentile, Mittellinie= Median, „Whiskers“= Spannweite, + = Ausreißer;

Der BI zeigte zwischen Therapiebeginn und –ende eine statistisch signifikante Verbesserung (p=0,017) um durchschnittlich 14 Punkte (siehe Tabelle 3-6 und Abbildung 3-6).

Entwicklung anhand der National Institute of Health Stroke Scale (NIHSS)

Statistische Analyse

Tabelle 3-7: Statistische Kenngrößen zur NIHSS vor (NIHSS1) und nach (NIHSS2) den absolvierten Therapieeinheiten

	NIHSS 1	NIHSS 2
\bar{x}	3,9	2,6
σ	2,2	2,0
p	0,023	

1...vor der Therapie, 2...nach der Therapie, \bar{x} ...Mittelwert, σ ...Standardabweichung, **p**...Irrtumswahrscheinlichkeit

Die Analyse der NIHSS ergab signifikante Verbesserungen ($p=0,023$) um durchschnittlich 1,3 Punkte im Verlauf der 15 Therapieeinheiten (siehe Tabelle 3-7 und Abbildung 3-7)

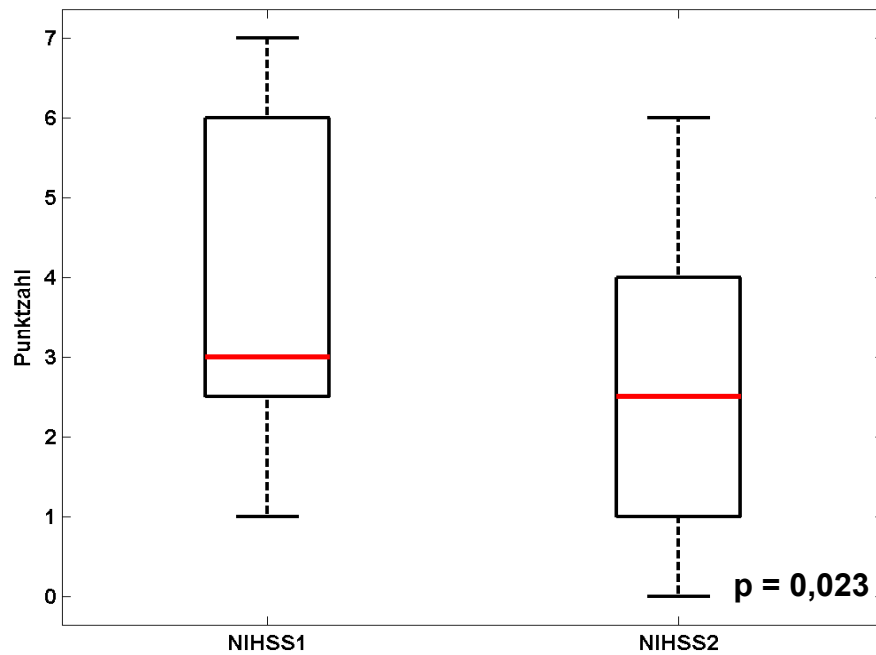


Abbildung 3-7: Entwicklung der NIHSS im Therapieverlauf

(maximal erreichbare Punktzahl: 36, je höher die Punktzahl desto schwerer die Ausfälle);

Whisker-Boxplot: *Box*= Bereich zwischen 25. und 75. Perzentile, *Mittellinie*= Median, „*Whiskers*“= Spannweite, + = Ausreißer;

Entwicklung anhand der modified Rankin Scale (mRS)

Statistische Analyse

Tabelle 3-8: Statistische Kenngrößen zur mRS vor (mRS1) und nach (mRS2) den absolvierten Therapieeinheiten

	mRS1	mRS2
\bar{x}	3,2	3,0
σ	1,0	1,0
p	0,180	
1...vor der Therapie, 2...nach der Therapie, \bar{x} ...Mittelwert, σ ...Standardabweichung, p ...Irrtumswahrscheinlichkeit		

Die Verbesserungen der mRS erwiesen sich nicht als statistisch signifikant (p=0,180) (siehe Tabelle 3-8).

3.2.3 Variablen mit möglichem Einfluss auf den Trainingserfolg

Auswertungsschritte

Der Zusammenhang zwischen den untersuchten Einflussvariablen (Intervall von Akutereignis bis Trainingsbeginn, Anzahl der Greifbewegungen, Infarkt volumen) und dem Trainingserfolg wurde statistisch mittels einer Korrelationsanalyse und der Berechnung eines empirischen Korrelationskoeffizienten getestet. Die Bestimmung der Signifikanz erfolgte durch einen t-Test zur Prüfung des Korrelationskoeffizienten, mit fünfprozentigem Signifikanzniveau.

Als Maß für den Trainingserfolg wurden entweder die Verbesserung der Griffstärke oder Veränderungen im MI-Pinzettengriff herangezogen.

Zusammenhang zwischen dem Zeitintervall von Akutereignis bis Trainingsbeginn und der Kraftzunahme

Statistische Analyse

Tabelle 3-9: Angaben zum Zeitintervall (Akutereignis bis Trainingsbeginn) und zu den Kraftmessungen der einzelnen Studienpatienten

#	Intervall (Akutereignis-Trainingsbeginn) [Tage]	Kraftmessung [N] E1-3	Kraftmessung [N] E13-15	Kraftzunahme [N] (E13-15) - (E1-3)
11	33	9,33	15,50	6,17
3	41	12,33	22,00	9,67
8	49	3,67	7,00	3,33
4	50	8,00	12,00	4,00
2	54	7,33	14,25	6,92
10	66	4,50	5,33	0,83
1	90	7,67	8,00	0,33
9	94	6,00	11,00	5,00
6	418	9,50	7,00	-2,50
7	424	11,33	12,33	1,00
5	434	12,50	13,00	0,50

#... Stud. ID, E...Einheit, [N]...Newton

Der berechnete, empirische Korrelationskoeffizient ($r=-0,67$) erwies sich als statistisch signifikant (5% Signifikanzniveau, Testgröße=2,74; Quantil=1,83). Demnach besteht ein signifikanter, negativer Zusammenhang zwischen dem Zeitintervall von Akutereignis bis Trainingsbeginn und der Kraftverbesserung. Je früher also mit einer Therapie begonnen wird, desto besser ist das funktionelle Ergebnis, gemessen an der Kraft (siehe Abbildung 3-8).

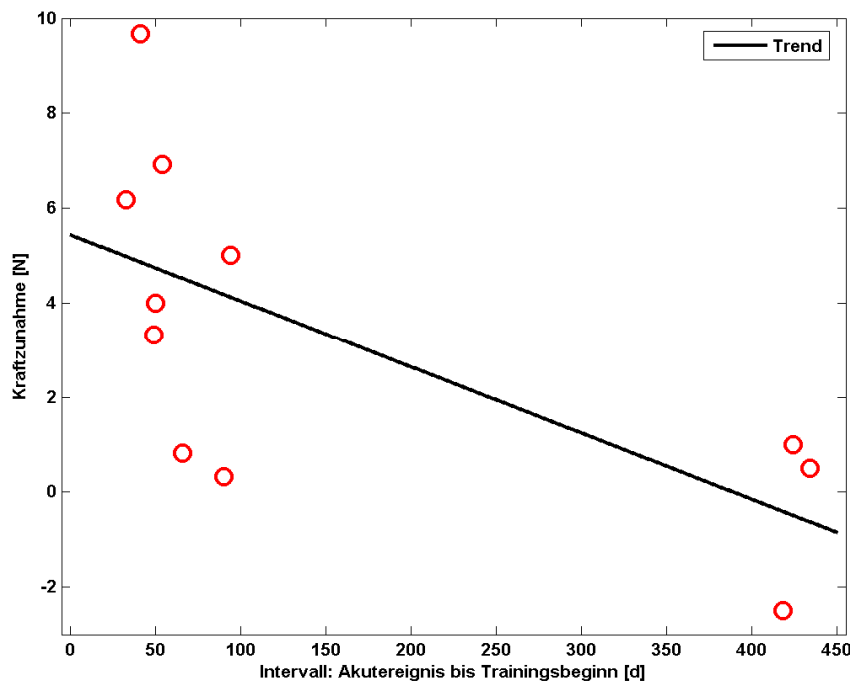


Abbildung 3-8: Zusammenhang zwischen dem Trainingserfolg, gemessen an der Kraftzunahme und dem Zeitintervall zwischen Akutereignis und Trainingsbeginn [Tage]

Einfluss des Zeitintervalls zwischen Akutereignis und Trainingsbeginn auf Skalen zur Erfassung der Selbstständigkeit im Alltag und des Behinderungsgrades

Die Prüfung der Korrelation ergab einen Trend in Richtung positiver Beeinflussung der getesteten Skalen und Scores (RMI, BI, NIHSS, RS) durch einen frühzeitigen Therapiebeginn. Der berechnete empirische Korrelationskoeffizient ($r= 0,60$) erwies sich jedoch nur für die Korrelation zwischen dem Intervall von Akutereignis bis Studieneinschluss und dem RMI als statistisch signifikant (5% Signifikanzniveau; Testgröße=1,99; Quantil=1,89) (siehe Abbildung 3-9).

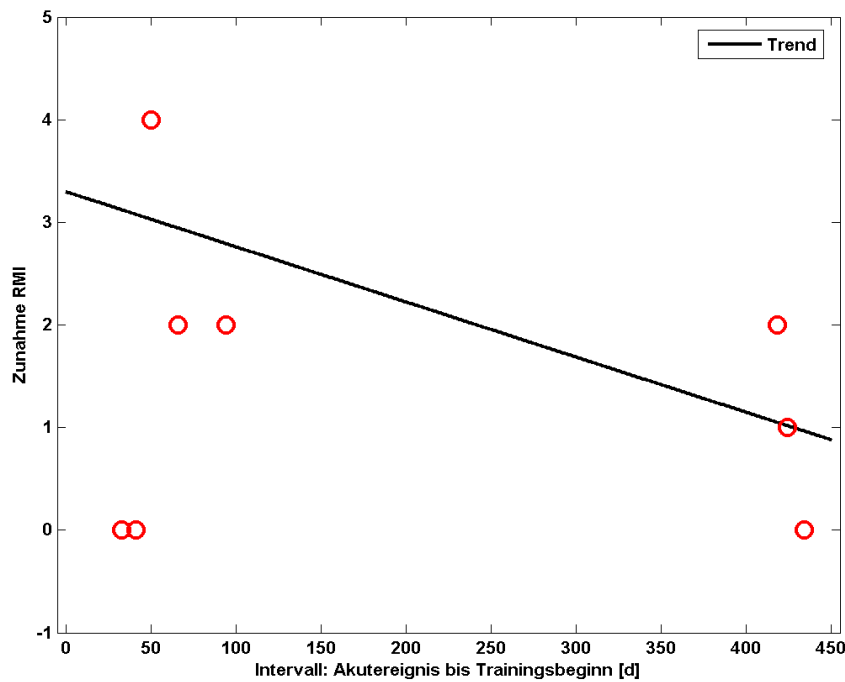


Abbildung 3-9: Zusammenhang zwischen dem Zeitintervall von Akutereignis bis Trainingsbeginn [Tage] und den Verbesserungen im RMI

Zusammenhang zwischen der Anzahl der Greifbewegungen und der Kraftzunahme

Statistische Analyse

Die Auswertung ergab keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen der Gesamtanzahl der absolvierten Greifbewegungen im Rahmen der 15 Therapieeinheiten und dem Trainingserfolg, gemessen an den Veränderungen der Griffstärke ($r = -0,05$; 5% Signifikanzniveau; Testgröße = 0,16; Quantil = 1,83).

Zusammenhang zwischen Infarktvolu-men und Therapieerfolg, gemessen am MI-Pinzettengriff und der Kraftentwicklung

Die Vermessung der Infarktareale zeigte eine schiefe Verteilung mit neun kleinen und zwei großen Läsionen (siehe Tabelle 3-10).

Tabelle 3-10: Infarktgrößen, Verbesserungen im MI-Pinzettengriff und Kraftzunahme der einzelnen Studienpatienten

#	5	11	10	3	2	6	7	1	9	4	8
Infarktgröße (cm³)	0,2	0,3	0,9	1,2	1,6	1,8	3,1	3,3	8,1	50,1	90,6
\tilde{x}	1,8										
σ	29,1										
min.	0, 2										
max.	90,6										
Δ MI-Pinzettengriff	7	4	8	0	N.V.	7	0	N.V.	4	8	4
Kraftzunahme [N] (E13-15) – (E1-3)	0,50	6,17	0,83	9,67	6,92	-2,5	1,00	0,33	5,00	4,00	3,33

#...Stud. ID, **cm³**...Kubikzentimeter, **E**...Einheit, **max**...Maximum, **Δ MI-Pinzettengriff**...Verbesserung des MI-Pinzettengriffs zwischen Therapiebeginn und -ende, **min**...Minimum, **[N]**...Newton, **N.V.**...nicht verfügbar, \tilde{x} ...Median

Die Erstellung von Streudiagrammen zeigte keinen Zusammenhang zwischen der Infarktgröße und dem Trainingserfolg, gemessen am MI-Pinzettengriff (siehe Abbildung 3-10) und der mittleren Kraftzunahme [N] (siehe Abbildung 3-11). Die beiden Studienpatienten mit den ausgedehnten Infarktarealen (# 4, 8) unterschieden sich nicht wesentlich vom Rest der untersuchten Personen, bezüglich einer besseren oder schlechteren motorischen Erholung.

Ergebnisse

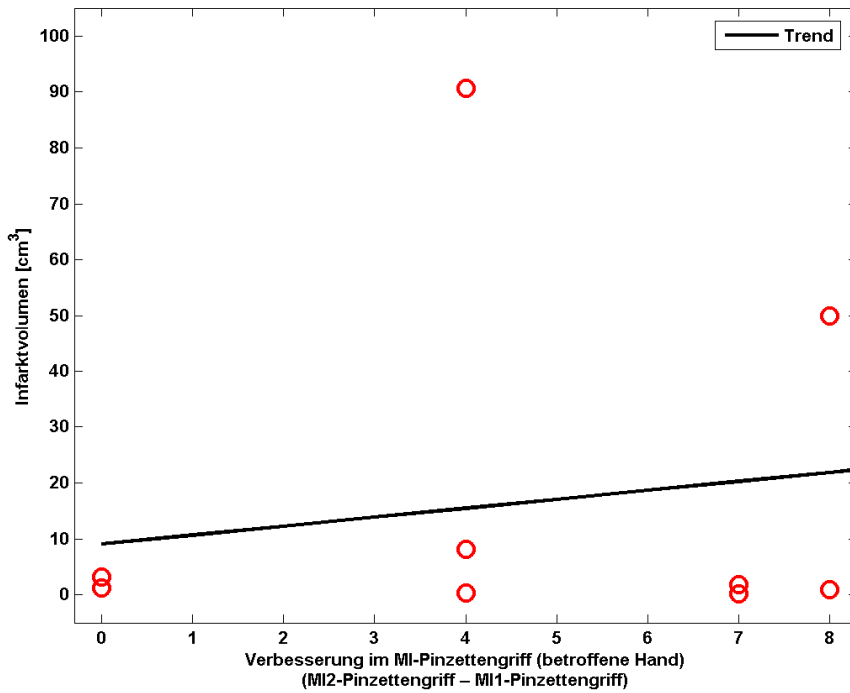


Abbildung 3-10: Nicht signifikanter Zusammenhang zwischen dem Infarktvolumen und der Verbesserung im MI-Pinzettengriff

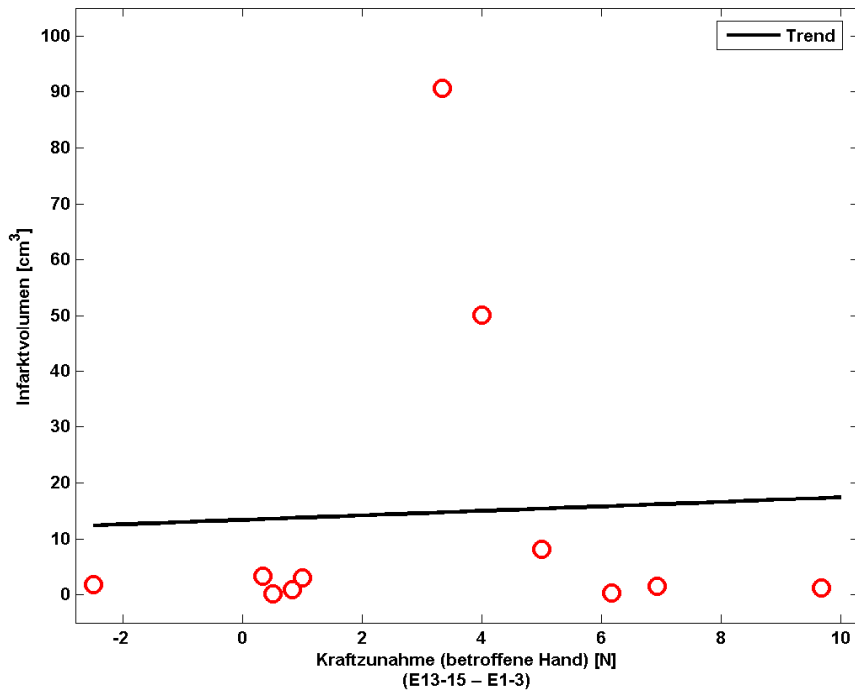


Abbildung 3-11: Nicht signifikanter Zusammenhang zwischen dem Infarktvolumen und der Kraftentwicklung

3.2.4 Evaluierung der Trainingssicherheit am Handroboter

Die Auswertung der Protokollblätter ergab keine Hinweise auf eine unzureichende Therapiesicherheit des neuartigen Handroboters.

Lediglich ein Patient klagte über Hypästhesien des trainierten Arms. Diese traten nach der Therapie auf und hielten bis zum Abend an. Die Beschwerden sind jedoch im Zuge einiger Trainingseinheiten wieder abgeklungen.

Ein weiterer Patient gab an, während der Therapie eine unangenehme Haltung einnehmen zu müssen, da die Position der Handschiene nicht achsengerecht eingestellt war. Durch Adaptierung der Geräteposition konnte dieses Problem jedoch behoben werden.

Bei vier Patienten mussten im Rahmen der 15 Therapieeinheiten geringfügige Veränderungen der Trainingsgeschwindigkeit und des Bewegungsraums vorgenommen werden. Gründe dafür waren ein gelegentlich erhöhter Muskeltonus oder das subjektive Empfinden des Patienten. Nach Adaptierung der Therapieeinstellungen konnte das Training wieder beschwerdefrei fortgesetzt werden. Durch die Änderungen der Einstellungen wurde die Therapiequalität nicht beeinflusst.

4 Diskussion

Im Folgenden werden die Ergebnisse der vorliegenden Studie diskutiert und interpretiert. Weiters werden die Limitationen der Arbeit und die daraus resultierenden Einschränkungen der Aussagekraft der Ergebnisse besprochen. Nach einem kurzen Resümee zur Arbeit folgt abschließend ein Ausblick für die optimierte Gestaltung zukünftiger Studien in diesem Themenbereich.

4.1 Diskussion der Ergebnisse

Hauptziel der vorliegenden exploratorischen Untersuchung war es, die klinischen Effekte einer neuartigen, roboterunterstützten Rehabilitationsmethode für die obere Extremität zu untersuchen.

Therapieinduzierte Verbesserungen der funktionellen Handkraft wurden mittels des MI und Kraftmessungen am Gerät beurteilt.

Außerdem wurden die Auswirkungen des roboterunterstützten Therapieprogramms auf Skalen zur Einstufung des Behinderungsgrades (RS, NIHSS) und Erfassung der Selbstständigkeit im Alltag (BI, RMI) geprüft.

Variablen mit möglichen Auswirkungen auf den Trainingserfolg wurden untersucht (Zeitintervall zwischen Akutereignis und Trainingsbeginn, Anzahl der absolvierten Greifbewegungen und Infarkt volumen). Weiters erfolgte eine orientierende Evaluierung der Therapiesicherheit des verwendeten Handroboters im klinischen „Setting“.

Im Laufe der 15 Therapieeinheiten zeigten sich signifikante Verbesserungen der motorischen Handfunktion, gemessen am MI und der Griffstärke. Der Gesamtscore des MI des betroffenen Arms verbesserte sich durchschnittlich um 12,2 Punkte, der MI-Pinzettengriff des betroffenen Arms um 3,9 Punkte und die Griffstärke um 3,4 N.

Grundsätzlich war ein positiver Effekt des angewendeten Therapieschemas zu erwarten, da die Wirksamkeit stationärer Rehabilitationsbehandlung nach Schlaganfall als erwiesen gilt (Platz 1999).

Eine genauere Analyse der Daten ergab jedoch, dass der Punktzugewinn im MI des betroffenen Arms bei vier von neun Patienten ausschließlich auf die Verbesserungen im Unterpunkt „Pinzettengriff“ zurückzuführen ist und nicht etwa auf eine Steigerung der Ellbogen- oder Schulterfunktion.

Dieses Ergebnis könnte somit auf einen weitgehend spezifischen Effekt der intensiven Therapie am Handroboter hinweisen.

Ein weiteres Zeichen für die spezifische Wirkung der roboterunterstützten Therapie ist die Beobachtung, dass sich die signifikanten Verbesserungen des MI ausschließlich auf die betroffene Hand beschränkten, welche neben dem Standardrehabilitationsprogramm additiv am Handroboter trainiert wurde. Im Vergleich dazu zeigte das betroffene Bein, welches rein konventionell therapiert wurde, aber kein spezifisches roboter- oder laufbandunterstütztes Training erhielt, keine signifikanten Funktionszugewinne.

Die verbesserte Hand- und Fingermotorik dürfte demnach auf das zusätzliche, intensive, repetitive und aufgabenspezifische Training am Handroboter zurückzuführen sein.

Dieses Ergebnis geht konform mit anderen Arbeiten, die ebenfalls über eine Zunahme der Fingergeschicklichkeit im Tiermodell (Nudo 1996) und Griffstärke beim Menschen (Bütefisch 1995) in Folge eines intensiven, aufgabenorientierten Trainingsprogramms berichteten.

Als wesentliche Limitation dieser Interpretation muss jedoch angesehen werden, dass auf Grund des verwendeten Studiendesigns, die funktionellen Verbesserungen der Hand nicht explizit auf das Training am Handroboter zurückgeführt werden können. Um dies zu gewährleisten, wären eine Kontrollgruppe mit ausschließlich konventionellem Training und die Vereinheitlichung des Standardrehabilitationsprogramms notwendig.

Demnach sind die verbesserte Feinmotorik (MI-Pinzettengriff) und die Kraftzunahme der betroffenen Hand als Folge des angewendeten, kombinierten Rehabilitationsprogramms zu interpretieren.

Die Überlegenheit einer Kombination von herkömmlichen Therapiemethoden mit roboterunterstützten Verfahren, gegenüber rein konventioneller Rehabilitation wurde auch im Rahmen vorhergehender Arbeiten bereits bestätigt (Masiero 2007; Lum 2002; Aisen 1997).

Die Veränderungen im MI und der Griffstärke können als Verbesserung der motorischen Funktionen angesehen werden. Eine messbare verbesserte Motorik muss aber nicht immer gleichbedeutend mit einer für den Patienten persönlich relevanten Besserung seiner Defizite sein.

Da im Rahmen dieser Arbeit auch der persönliche Nutzen des Rehabilitationsprogramms für den individuellen Patienten von Interesse war, wurden auch die Auswirkungen des Trainings auf Skalen zur Erfassung der Selbstständigkeit im Alltag (RMI, BI) und des Behinderungsgrades (NIHSS, mRS) erfasst.

Es zeigten sich statistisch signifikante Verbesserungen des RMI um durchschnittlich 2,3 Punkte. Der BI wies eine mittlere Zunahme der Punktzahl um 14 auf. Die NIHSS besserte sich durchschnittlich um 1,3 Punkte, während die Veränderungen der mRS sich als statistisch nicht signifikant zeigten.

Laut diesen Ergebnissen führte das angewandte Rehabilitationsprogramm also nicht nur zu verbesserten motorischen Funktionen, sondern auch zu einer erhöhten Selbstständigkeit im Alltag und einer Reduktion des Behinderungsgrades.

Dieser Befund der parallelen Verbesserung der Motorik und Selbstständigkeit im alltäglichen Leben steht auch mit den Ergebnissen anderer Arbeiten im Einklang (Lum 2002; Masiero 2007).

Die beobachteten Veränderungen in den Skalen zur Messung der Alltagsfunktionen und des Behinderungsgrades lassen mehrere Schlussfolgerungen zu.

Durch das auf den jeweiligen Patienten abgestimmte Standardrehabilitationsprogramm wurde eine gezielte Beübung mit besonderem Schwerpunkt auf den individuellen Defiziten ermöglicht. Zusätzlich konnte durch die Therapie am Handroboter ein intensives, repetitives und aufgabenspezifisches Training an der betroffenen Hand appliziert werden. Diese Kombination von konventionellen und roboterunterstützten Verfahren resultierte in einer signifikanten, funktionellen Verbesserung der betroffenen oberen Extremität. Da eine intakte Handfunktion wiederum die Voraussetzung für die Ausführung einer großen Anzahl an Alltagsaktivitäten darstellt, scheint hier eine wechselseitige, positive Beeinflussung durchaus nahe liegend.

Alternativ dazu könnten aber auch Kompensationsmechanismen das Ergebnis dieser vier Messinstrumente beeinflusst haben. Unter Kompensation versteht man in diesem Fall, dass ursprüngliche Aufgabengebiete der paretischen Hand durch die nicht betroffene Extremität bewerkstelligt werden oder andere Bewegungsmuster der paretischen Hand den Ausfall kompensieren (Hummelsheim 1998, S. 66).

Die fehlende Verbesserung der mRS ist dahingehend nicht verwunderlich, als diese Skala auf Grund der geringen Itemzahl wenig sensitiv gegenüber Veränderungen im Therapieverlauf ist (Dromerick 2003).

Eine weitere Zielsetzung dieser Arbeit lautete, Variablen mit möglichen Auswirkungen auf den Trainingserfolg zu identifizieren.

Unter anderem wurde der Einfluss des Rehabilitationsbeginns auf das funktionelle Ergebnis untersucht. Die Korrelationsanalyse vom Zeitintervall zwischen Akutereignis und Therapiebeginn und dem Trainingserfolg, gemessen an der Kraftentwicklung, ergab einen signifikanten, indirekten Zusammenhang. Demnach dürfte ein möglichst frühzeitiger Trainingsbeginn mit einem guten funktionellen „Outcome“ in Verbindung stehen. Auch die Skalen zur Erfassung der Selbstständigkeit im Alltag und des Behinderungsgrades scheinen durch einen frühen Therapiestart positiv beeinflusst zu werden. Diese Ergebnisse stimmten mit Untersuchungen von Feys et al. (2004) überein, welche über anhaltende Verbesserungen der motorischen Armfunktion in Folge früh einsetzender (zwei bis fünf Wochen nach dem Akutereignis), repetitiver Beübung der oberen Extremität berichteten.

Ein möglichst frühzeitiger Anlauf des Rehabilitationsprogramms scheint demnach mit einem guten funktionellen Ergebnis nach Schlaganfall zu korrelieren. Mögliche Erklärungen hierfür wären, dass die Fähigkeit zur neuronalen Reorganisation mit Abstand zum Ereignis verloren geht oder dass die guten Verbesserungen in Folge eines frühzeitigen Trainings laufende, reparative Vorgänge in frühen Infarktstadien repräsentieren.

Da in dieser Arbeit acht von elf Patienten innerhalb der ersten 33 bis 94 Tage und drei Patienten erst zwischen dem 418. – 434. Tag dem Rehabilitationsprogramm zugeführt wurden, wurden vor allem relativ frühe und sehr späte Phasen studiert. Um die Korrelation zwischen dem Zeitintervall vom Akutereignis bis zum

Trainingsbeginn und der Verbesserung der Kraft noch weiter zu stärken, wären Daten von weiteren Patienten mit einem Trainingsbeginn zwischen dem 94. – 418. Tag nach Schlaganfall notwendig.

Als weitere Einflussvariable auf den Trainingserfolg wurde die Anzahl der durchgeführten Greifbewegungen im Rahmen der 15 Therapieeinheiten untersucht. Es ergab sich allerdings kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Kraftentwicklung und der Anzahl der Greifbewegungen.

Eine mögliche Erklärung hierfür wäre, dass die Studienpatienten, je nach individuell erhaltenen Funktionen und Empfinden, mit einem unterschiedlich großen Bewegungsraum der Finger trainiert wurden. Bei einem relativ klein gewählten Bewegungsraum wurde zwar eine höhere Anzahl an Faustschlussbewegungen durchgeführt, der Bewegungsumfang war jedoch deutlich reduziert. Da im Vergleich dazu Bewegungen im vollen Ausmaß mehr Zeit beanspruchen, wurde bei einem groß gewählten Bewegungsumfang nur eine geringere Anzahl an Greifbewegungen durchgeführt. Durch die unterschiedlichen Therapieeinstellungen variierte die Qualität der absolvierten Greifbewegungen zwischen den einzelnen Studienpatienten stark, wenn sie auch beim selben Patienten weitgehend konstant blieben. Alternativ dazu könnte die fehlende Korrelation durch das Auftreten eines „ceiling effects“ bedingt sein. Darunter versteht man, dass ab einer gewissen Dosis – in diesem Fall ab einer bestimmten Anzahl an Greifbewegungen – der maximale Effekt einer Therapie nicht mehr gesteigert werden kann.

Ferner wurde in dieser Arbeit ein möglicher Zusammenhang zwischen der Infarktgröße und dem Therapieerfolg, gemessen am MI-Index und der Griffstärke, getestet. Die Erstellung von Streudiagrammen zeigte keine sinnvolle Korrelation der untersuchten Variablen. So wiesen die beiden Patienten mit den großen Infarkt volumina weder eine bessere noch eine schlechtere Erholung im Vergleich zu den neun Patienten mit den kleineren Infarkten auf. Die fehlende Korrelation ist vermutlich auf die schiefe Verteilung der untersuchten Infarkt volumina zurückzuführen, welche sich wiederum durch die kleine Patientengruppe und die definierten Ein- und Ausschlusskriterien erklären lässt. Laut den definierten Richtlinien wurden Patienten mit möglichst isolierten, handbetonten Funktionsausfällen in die Studie eingeschlossen. Zusätzliche postläsionelle

Defizite, wie zum Beispiel Aphasie, Neglect und Apraxie, galten als Ausschlussgrund. Da größere Infarkte meist multiple Funktionsausfälle verursachen, entsprachen nur wenige Patienten mit großen Infarkten den definierten Ein- und Ausschlusskriterien. Der Großteil der eingeschlossenen Studienpatienten wies folglich kleine, subkortikale Infarkte auf. Ein weiterer wesentlicher Grund für die fehlende Korrelation der beiden Variablen ist vermutlich die Tatsache, dass der Schweregrad der Schädigung nicht nur von der Läsionsgröße, sondern auch maßgeblich von der Lokalisation und insbesondere dem Ausmaß der Destruktion beziehungsweise Überlappung mit der Pyramidenbahn abhängt (Stinear 2007). So können beispielsweise auch kleine Insulte unter Einbeziehung der Pyramidenbahn zu schwerwiegenden motorischen Defiziten mit wenig zufrieden stellenden Rehabilitationsergebnissen führen.

Abschließend erfolgte noch eine orientierende Evaluierung der Therapiesicherheit des verwendeten, neuartigen Handroboters. Es ergaben sich keine Hinweise auf maßgebliche Sicherheitsprobleme.

Selten aufgetretene, subjektive Beschwerden der Patienten im Rahmen der Therapieeinheiten konnten durch Adaptierung der Geräteposition, der Bewegungsgeschwindigkeit und des Bewegungsumfangs rasch behoben werden. Die Sicherheitsvorkehrungen des Handroboters scheinen daher ausreichend zu sein. Auch in anderen bisher durchgeführten Arbeiten wurden bislang nicht mehr Nebenwirkungen für roboterunterstützte Verfahren als für konventionelle Therapiemethoden beschrieben (Hogan 2005, S. 618-619; Aisen 1997).

4.2 Limitationen

Diese Arbeit und die Interpretation ihrer Ergebnisse unterliegen jedoch auch einer Reihe von Einschränkungen.

Die Anzahl von insgesamt elf untersuchten Studienpatienten ist recht gering. Eine derart kleine Stichprobe kann dazu führen, dass die Ergebnisse von „Ausreißern“ getrieben werden und somit nicht als repräsentativ für die Grundgesamtheit angesehen werden können.

Auch konnten auf Grund ungenügender zeitlicher und personeller Ressourcen die klinischen Skalen und Scores nicht immer lückenlos erhoben werden. Dieser

Datenverlust schmälerte nochmals die Aussagekraft der ohnehin kleinen Patientengruppe.

Da keine Kontrollgruppe mit ausschließlich konventionellem Therapieprogramm untersucht wurde und das Standardrehabilitationsprogramm bei den einzelnen Patienten variierte, kann die verbesserte Handfunktion nicht unmittelbar und kausal mit dem Training am Handroboter verknüpft werden.

Durch den Einschluss von sechs Patienten noch innerhalb der ersten drei Monate nach dem Insultgeschehen, wo laut Literatur die Phase der „Spontanerholung“ am stärksten ausgeprägt ist (Cramer 2008), kann ein konfundierender Effekt dieses Faktors, etwa im Gegensatz zum Studium von chronischen Schlaganfallpatienten (≥ 6 Monate nach Schlaganfall), nicht sicher ausgeschlossen werden. Umgekehrt stellt die vorliegende Studie aber ein realistisches Abbild der hierzulande geübten, klinischen Praxis dar und besitzt daher höhere praktische Relevanz. Ein Zuwarten mit der rehabilitativen Therapie allein aus wissenschaftlich, puristischen Überlegungen erscheint schon rein ethisch nicht vertretbar. Entsprechend ist auch in den Richtlinien der EUSI ein möglichst früher Therapiebeginn evidenzbasiert als wünschenswert festgelegt.

Da die Effektivität des Rehabilitationsprogramms nur einmalig nach Abschluss der fünfzehn Therapieeinheiten ermittelt wurde, kann die vorliegende Studie auch keine Aussage bezüglich der Beständigkeit der Therapieeffekte bieten.

4.3 Fazit und Ausblick

In der Rehabilitation von Schlaganfallpatienten gibt es wie auch in anderen Bereichen der klinischen Medizin keinen allgemein gültigen Therapieansatz nach dem Prinzip „one size fits all“ (Cramer 2008). Die bestmögliche Therapiestrategie für jeden einzelnen Patienten muss durch eine vorangehende genaue Diagnostik der vorhandenen Defizite ermittelt werden.

Obwohl die Aussagekraft dieser explorativen Studie limitiert ist, lassen diese ersten Ergebnisse doch auf einen positiven Effekt des Handroboters bei Einschränkungen der Hand- und Fingermotorik schließen. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die verbesserte Handfunktion, die erhöhte Selbstständigkeit im Alltag und die Reduktion des Behinderungsgrades im Therapieverlauf,

zumindest teilweise auch auf das roboterunterstützte Training zurückgeführt werden können. Auch die gute Therapiesicherheit am Handroboter spricht für den zukünftigen weiter reichenden Einsatz des Geräts in der Handrehabilitation. Weiters deutet die Studie auf die Wichtigkeit eines möglichst frühzeitigen Trainingsbeginns hin.

Diese Arbeit sollte als Basis für weiterführende Studien zur exakteren Evaluierung der Therapieeffekte des mechanotronischen Rehabilitationssystems gesehen werden. Um die Ergebnisse empirisch eindeutiger belegen zu können, sind Untersuchungen eines größeren Patientenkollektivs notwendig. Dabei würde die Einbindung mehrerer Krankenanstalten in die klinische Studie die Rekrutierung größerer Fallzahlen sicher erleichtern.

In einer derartigen Studie sollte überdies auch ein Studiendesign mit einer Versuchs- und Kontrollgruppe gewählt werden, um die tatsächlichen Therapieeffekte des Handroboters genauer quantifizieren zu können. Die Experimentalgruppe sollte sowohl ein Standardrehabilitationsprogramm als auch Training am Handroboter erhalten. Eine hinsichtlich der klinischen und demographischen Variablen bestmöglich vergleichbare Kontrollgruppe sollte ausschließlich konventionell therapiert werden. Um einen Vergleich der beiden Gruppen zu gewährleisten, müsste weiters eine Vereinheitlichung des Standardrehabilitationsprogramms erfolgen, was angesichts der Individualisierung und der zum Teil schweren Messbarkeit derartiger Therapieansätze eine methodische Herausforderung darstellen dürfte.

Andere Studien zu roboterunterstützten Verfahren berichteten vor allem über gute funktionelle Ergebnisse nach Trainingseinheiten in einem „aktiv-assistierten“ Therapiemodus (Lum 2002, Takahashi 2008). Zur Steigerung des Therapieeffekts sollte daher eventuell in Zukunft auch an die Umstellung auf einen „aktiv-assistierten“ Modus gedacht werden, was allerdings weitere Variabilität induziert und noch erhaltene Restfunktionen der oberen Extremität voraussetzt.

Zur exakteren Erfassung der Therapiesicherheit des Handroboters wären ein detaillierteres Protokollblatt und die regelmäßige Dokumentation von Patientenbefragungen zur Berücksichtigung der Patientenzufriedenheit sicher hilfreich.

Um die Beständigkeit der therapieinduzierten, funktionellen Verbesserungen nach Beendigung der Intervention zu prüfen, wären abschließende Nachuntersuchungen sinnvoll.

Literaturverzeichnis

Aisen, M.L., Krebs, H.I., Hogan, N. et al. (1997). The effect of robot-assisted therapy and rehabilitative training on motor recovery following stroke. *Archives of Neurology*, 54 (4): 443-446.

Ashworth, B. (1964). Preliminary trial of carisoprodal in multiple sclerosis. *Practitioner*, 192: 540-542.

Birbaumer, N., Schmidt, R. (2006). Lernen und Gedächtnis. In: Schmidt, R.F., Schaible, H.G. (2006). *Neuro- und Sinnesphysiologie*. (5., neu bearbeitete Auflage). Springer: Berlin, Heidelberg.

Blum, L. (2008 a). *Mini-Mental State Examination: Psychometric Properties*. (letztes update: 19.08.2008). online unter: http://www.medicine.mcgill.ca/strokinge-assess/module_mmse_psycho-en.html, zugegriffen am: 4.11.2008.

Blum, L. (2008 b). *Modified Rankin Scale (MRS): In depth review of the MRS*. (letztes update am 19.08.2008). online unter: http://www.medicine.mcgill.ca/strokinge-assess/module_mrs_indepth-en.html, zugegriffen am: 07.11.2008.

Bohannon, R.W. (1999). Motricity Index Scores are valid indicators of paretic upper extremity strength following stroke. *Journal of Physical Therapy Science*, 11: 59-61.

Bowie, P., Branton, T., Holmes, J. (1999). Should the Mini Mental State Examination be used to monitor dementia treatments? *The Lancet*, 354: 1527-1528.

Brashear, A., Zafonte, R., Corcoran, M., et al. (2002). Inter- and intrarater reliability of the Ashworth Scale and the Disability Assessment Scale in patients with upper-limb poststroke spasticity. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 83 (10): 1349-1354.

Brott, T., Adams, H.P, Olinger, C.P, et al. (1989). Measurements of acute cerebral infarction: a clinical examination scale. *Stroke*, 20: 864-870.

Bütefisch, C.M., Hummelsheim, H., Denzler, P., et al. (1995). Repetitive training of isolated movements improves the outcome of motor rehabilitation of the centrally paretic hand. *Journal of the Neurological Sciences*, 130: 59-68.

Bütefisch, C.M. (2006). Neurobiological bases of rehabilitation. *Journal of the Neurological Sciences*, 27: 18-23.

Collen, F.M., Wade, D.T., Robb, G.F., et al. (1991). The Rivermead Mobility Index: a further development of the Rivermead Motor Assessment. *International Disability Studies*, 13 (2): 50-54.

Collin, C., Wade, D. (1990). Assessing motor impairment after stroke: a pilot reliability study. *Journal of Neurology*, 53: 576-579.

Cramer, S.C. (2004). Functional imaging in stroke recovery. *Stroke*, 35: 2695-2698.

Cramer, S.C. (2008). Repairing the human brain after stroke: I. Mechanisms of spontaneous recovery. *Annals of Neurology*, 63: 272-287.

Demeurisse, G., Demol, O., Robaye, E. (1980). Motor evaluation in vascular hemiplegia. *European Neurology*, 19: 382-389.

Diener, H.C. (1999). Zerebrale Durchblutungsstörungen. In: Alexander, K., Daniel, W.G., Diener, H.C., et al. (1999). *Thieme's Innere Medizin – TIM*. Georg Thieme Verlag: Stuttgart.

Diener, H.C., Hacke, W., Luft, A.R. (2007) Zerebrale Ischämie. In: Brandt, T., Dichgans, J., Diener, H.C. (2007). *Therapie und Verlauf neurologischer Erkrankungen*. (5., vollständig überarbeitete Auflage). Verlag W. Kohlhammer: Stuttgart.

Dromerick, A.W., Edwards, D.F., Diring, M.N. (2003). Sensitivity to changes in disability after stroke: a comparison of four scales useful in clinical trials. *Journal of Rehabilitation, Research and Development*, 40 (1): 1-8.

Elbert, T., Pantev, C., Wienbruch, C., et al. (1995). Increased cortical representation of the fingers of the left hand in string players. *Science*, 270: 305-307.

ESO – European Stroke Organization. *What is the mortality due to stroke?*
online unter: http://www.eso-stroke.org/faq_02.php?cid=8#q8, zugegriffen am: 18.10.2008.

EUSI - Executive Komitee, EUSI Writing Komitee (2003). *European Stroke Initiative-Empfehlungen 2003: Ischämischer Schlaganfall – Prophylaxe und Behandlung - Informationen für niedergelassene und Krankenhausärzte.*
online unter: <http://www.eso-stroke.org/recommendations.php?cid=9&sid=1>, zugegriffen am: 13.10. 2008.

Fertl, E. (2006). Grundlagen der Neurologischen Rehabilitation. In: Lehrner, J., Pusswald, G., Fertl, E., et al. (2006). *Klinische Neuropsychologie: Grundlagen – Diagnostik – Rehabilitation*. Springer: Wien, New York.

Feys, H., Weerdt, W., Verbeke, G., et al. (2004). Early and repetitive stimulation of the arm can substantially improve the long-term outcome after stroke: a 5-year follow-up study of a randomized trial. *Stroke*, 35: 924-929.

Folstein, M.F., Folstein, S.E., McHugh, P.R. (1975). "Mini-mental state": a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12 (3): 189- 198.

Goldstein, L.B., Samsa, G.P. (1997). Reliability of the National Institutes of Health Stroke Scale: extension to non-neurologists in the context of a clinical trial. *Stroke*, 28: 307-310.

Hesse, S., Schmidt, H., Werner, C., et al. (2003). Upper and lower extremity robotic devices for rehabilitation and for studying motor control. *Current Opinion in Neurology*, 16: 705-710.

Heuschmann, P.U., Kolominsky-Rabas, P.L., Nolte, C.H. et al. (2005). Untersuchung der Reliabilität der deutschen Version des Barthel-Index sowie Entwicklung einer postalischen und telefonischen Fassung für den Einsatz bei Schlaganfall-Patienten. *Fortschritte der Neurologie, Psychiatrie*, 73: 74-82.

Higgins, J., Mayo, N.E., Desrosiers, J. et al. (2005). Upper-limb function and recovery in the acute phase poststroke. *Journal of Rehabilitation Research & Development*, 42 (1): 65-76.

Hogan, N., Krebs, H.I., Rohrer, B.R., et al. (2005). Technology for recovery after stroke. In: Barnes, M.P., Dobkin, B.H., Bogousslavsky, J. (2005). *Recovery after stroke*. Cambridge University Press: New York.

Hopp, G.A., Dixon, R.A. (1997). Longitudinal and psychometric profiles of two cognitive status tests in very old adults. *Journal of Clinical Psychology*, 53 (7): 673-686.

Hsueh, I.P., Wang, C.H., Sheu, C.F. et al. (2003). Comparison of psychometric properties of three mobility measures for patients with stroke. *Stroke*, 34: 1741-1745.

Hummelsheim, H. (1998). Behandlungsprinzipien sensomotorischer Störungen und ihre neurophysiologischen Grundlagen. In: Hummelsheim, H., Hauptmann, B. (1998). *Neurologische Rehabilitation: Neurologische Grundlagen- motorische Störungen- Behandlungsstrategien- Sozialmedizin*. Springer: Berlin.

Hummelsheim, H. (2005). Rehabilitation und ambulante Versorgung nach Schlaganfall. In: Wallesch, C.W. (2005). *Neurologie: Diagnostik und Therapie in Klinik und Praxis*. (1. Auflage). Elsevier, Urban & Fischer: München.

IVG – Internationale Vojta Gesellschaft e.V. (2000). *Therapie*.

online unter: http://www.vojta.com/cgi-local/ivg_ger.cgi?id=1005, zugegriffen am: 20.10.2008.

Johansen-Berg, H., Dawes, H., Guy, C., et al. (2002). Correlation between motor improvements and altered fMRI activity after rehabilitative therapy. *Brain*, 125: 2731-2742.

Kompetenznetz Schlaganfall a. *Kognitiv Therapeutische Übungen nach Perfetti*. online unter: <http://www.kompetenznetz-schlaganfall.de/219.0.html>, zugegriffen am: 20.10.2008.

Kompetenznetz Schlaganfall b. *Proprioceptive Neuromuskuläre Facilitation (PNF)*. online unter: <http://www.kompetenznetz-schlaganfall.de/217.0.html>, zugegriffen am: 20.10.2008.

Krakauer, J. W. (2005). Arm function after stroke: from physiology to recovery. *Seminars in Neurology*, 25 (4): 384-395.

Kurlowicz, L., Wallace, M. (1999). The Mini Mental State Examination (MMSE). *Try this: Best practices in nursing care to older adults - from the Hartford Institute for Geriatric Nursing*, issue number 3.

Kwakkel, G., Wagenaar, R.C., Koelman, T.W., et al. (1997). Effects of intensity of rehabilitation after stroke. *Stroke*, 28: 1550-1556.

Kwakkel, G., Wagenaar, R.C., Twisk, J.W.R., et al. (1999). Intensity of leg and arm training after primary middle-cerebral-artery stroke: a randomised trial. *The Lancet*, 354: 191-196.

Liepert, J., Bauder, H., Miltner W.H.R., et al. (2000 a). Treatment-induced cortical reorganization after stroke in humans. *Stroke*, 31: 1210-1216.

Liepert, J., Graef, S., Uhde, I., et al. (2000 b). Training-induced changes of motor cortex representations in stroke patients. *Acta Neurologica Scandinavica*, 101: 321-326.

Loewen, S.C., Anderson, B.A. (1988). Reliability of the Modified Motor Assessment Scale and the Barthel Index. *Physical Therapy*, 68: 1077-1081.

Lum, P.S., Burgar, C.G., Shor, P.C., et al. (2002). Robot-assisted movement training compared with conventional therapy techniques for the rehabilitation of upper-limb motor function after stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 83: 952-959.

Luft, A.R., Hesse, S. (2007). Motorische Rehabilitation. In: Brandt, T., Dichgans, J., Diener, H.C. (2007). *Therapie und Verlauf neurologischer Erkrankungen*. (5., vollständig überarbeitete Auflage). Verlag W. Kohlhammer: Stuttgart.

Mahoney, F.I., Barthel, D. (1965). Functional evaluation: The Barthel Index. *Maryland State Medical Journal*, 14: 61-65.

Masiero, S., Carraro, E., Celia, A., et al. (2007). Robotic therapy: a novel approach in upper-limb neurorehabilitation after stroke. *Neurological Sciences*, 28: 294.

Masur, H., Papke, K., Althoff, S., et al. (2000). *Skalen und Scores in der Neurologie: Quantifizierung neurologischer Defizite in der Forschung und Praxis.* (2. überarbeitete und aktualisierte Auflage). Georg Thieme Verlag: Stuttgart, New York.

Müllbacher, W. (2006). Neuroplastizität. In: Lehrner, J., Pusswald, G., Fertl, E., et al. (2006). *Klinische Neuropsychologie: Grundlagen – Diagnostik – Rehabilitation.* Springer: Wien, New York.

Müller, C. (2006). Skalen und Scores in der Neurorehabilitation. In: Lehrner, J., Pusswald, G., Fertl, E., et al. (2006). *Klinische Neuropsychologie: Grundlagen – Diagnostik – Rehabilitation.* Springer: Wien, New York.

Muir, K.W., Weir, C.J., Murray, G.D., et al. (1996). Comparison of neurological scales and scoring systems for acute stroke prognosis. *Stroke*, 27: 1817-1820.

Nelles, G. (2005). *Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Neurologie: Motorische Rehabilitation nach Schlaganfall.* (Erstellungsdatum: Mai 2002, letzte Überarbeitung: September 2005). online unter: <http://leitlinien.net>, AWMF-Reg.-Nr.: 030/062, zugegriffen am: 29.9.2008.

New, P.W., Buchbinder, R. (2006). Critical appraisal and review of the Rankin Scale and its derivatives. *Neuroepidemiology*, 26: 4-15.

Nudo, R., Milliken, G.W., Jenkins, W.M., et al. (1996). Use-dependent alterations of movement representations in primary motor cortex of adult squirrel monkeys. *The Journal of Neuroscience*, 16 (2): 785-807.

Oesch, P., Schädler, S., Keller, S., et al. (2007). *Assessments in der muskuloskelettalen Rehabilitation*. (1. Auflage). Hans Huber Verlag: Bern. online unter: www.igptr.ch/ass_igptrb/Beurteilungen/MMST.pdf, zugegriffen am: 4.11.2008.

ÖGSF – Österreichische Gesellschaft für Schlaganfallforschung. (2000). *Zahlen und Fakten zum Thema Schlaganfall*. online unter: <http://www.schlaganfall-info.at/info/fakten.html>, zugegriffen am: 13.10.2008.

Oldfield, R.C. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh Inventory. *Neuropsychologia*, 9 (1): 97-113.

Paci, M. (2003). Physiotherapy based on the Bobath concept for adults with post-stroke hemiplegia: a review of effectiveness studies. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 35: 2-7.

Page, S.J. (2003). Intensity versus task-specificity after stroke – How important is intensity? *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 82 (9): 730-732.

Pandyan, A.D., Johnson, G.R., Price, C.I. (1999). A review of the properties and limitations of the Ashworth and modified Ashworth Scales as measures of spasticity. *Clinical Rehabilitation*, 13 (5): 373-383.

Pascual-Leone, A., Torres, F. (1993). Plasticity of the sensorimotor cortex representation of the reading finger in Braille readers. *Brain*, 116: 39-52.

Platz, T. (1999). Gibt es einen Wirksamkeitsnachweis für physiotherapeutische Verfahren bei zerebralen Insulten? *Krankengymnastik – Zeitschrift für Physiotherapeuten*, 51: 251-260.

Poier, B. (2003). Neurorehabilitation - Die Pflege als "Drehscheibe" in einem multiprofessionellen Handlungsfeld unter dem Motto "Hilfe zur Selbsthilfe". *Österreichische Pflegezeitschrift*, 3: 9-14.

Rudofsky, G., Schmaltz, A. A., Taeger, K. (2007). *Ärztliche Sofortmaßnahmen – Notfälle und akute Erkrankungen von A bis Z*. (4. Auflage). Elsevier, Urban & Fischer: München.

Schädler, S., Kool, J., Lüthi, H. et al. (2006). *Assessments in der Neurorehabilitation*. Hans Huber Verlag: Bern. online unter:

- AS:

www.patientensicherheit.ch/de/projekte/sturz_Chedoke_MC_Master_Testbeschreibung_d.pdf, zugegriffen am: 04.11.2008.

- BI:

www.igptr.ch/ass_igpnr/Beurteilungen/BI.pdf, zugegriffen am: 04.11.2008

- mRS:

www.igptr.ch/ass_igpnr/Beurteilungen/MRS.pdf, zugegriffen am: 08.11.2008

- NIHSS:

www.igptr.ch/ass_igpnr/Beurteilungen/NIH-SS.pdf, zugegriffen am: 8.11.2008

- RMI:

www.igptr.ch/ass_igpnr/Beurteilungen/RMI.pdf, zugegriffen am: 04.11.2008

Scherer, R., Kollreider, A., Ram, D., et al. (2006). Roboterunterstützte Rehabilitation der Hand nach Schlaganfall. In: *Proceedings der gemeinsamen Jahrestagung der Deutschen, der Österreichischen und der Schweizerischen Gesellschaften für Biomedizinische Technik*. (2006). S. 1 – 2.

Schindl, M.R., Forstner, C., Kern, et al. (2000). Evaluation of a German version of the Rivermead Mobility Index (RMI) in acute and chronic stroke patients. *European Journal of Neurology*, 7: 523-528.

Schubert, F., Lalouschek W. (2006). Schlaganfall. In: Lehrner, J., Pusswald, G., Fertl, E., et al. (2006). *Klinische Neuropsychologie: Grundlagen – Diagnostik – Rehabilitation*. Springer: Wien, New York.

Sivenius, J., Pyorala, K., Heinonen, O.P., et al. (1985). The significance of intensity of rehabilitation of stroke – a controlled trial. *Stroke*, 16 (6): 928-931.

Stinear, C.M., Barber, P. A., Smale, P.R. et al. (2007). Functional potential in chronic stroke patients depends on cortical spinal tract integrity. *Brain*, 130: 170-180.

Takahashi, C.D., Der-Yeghiaian, L., Le, V., et al. (2008). Robot-based hand motor therapy after stroke. *Brain*, 131: 425-437.

Tyromotion GmbH. Amadeo®. online unter:

<http://www.tyromotion.com/index.php?id=8>, zugegriffen am: 28.10.2008.

Loewen, S.C., Anderson B.A. (1988). Reliability of the Modified Motor Assessment Scale and the Barthel Index, *Physical Therapy*, 68 (7): 1077-1081.

Van der Putten, J.J.M.F., Hobart, J.C., Freeman, J.A., et al. (1999). Measuring change in disability after inpatient rehabilitation: comparison of the responsiveness of the Barthel Index and the Functional Independence Measure. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 66: 480-484.

Van Swieten, J.C., Koudstall, P.J., Visser, M.C. et al. (1988). Interobserver agreement for the assessment of handicap in stroke patients. *Stroke*, 19: 604-607.

Volpe, B.T., Krebs, H.I., Hogan, et al. (1999). Robot training enhanced motor outcome in patients with stroke maintained over 3 years. *Neurology*, 53 (8): 1874-1876.

Wolfe, C.D.A., Taub, N.A., Woodrow, E.J. et al. (1991). Assessment of scales of disability and handicap for stroke patients. *Stroke*, 22 (10): 1242-1244.

ANHANG I: Trainingsprotokoll (Handroboter)



Motor recovery after stroke - Studie



Name:	Geb.Dat:
-------	----------

	Datum	Dauer (min)	Geschwindigkeit	Griffstärke [N]	Bemerkungen	Dgft.
1 Einheit						
2 Einheit						
3 Einheit						
4 Einheit						
5 Einheit						
6 Einheit						
7 Einheit						

ANHANG I: Trainingsprotokoll (Handroboter)

	Datum	Dauer	Geschwindigkeit	Griffstärke [N]	Bemerkungen	Dgft.
8 Einheit						
9 Einheit						
10 Einheit						
11 Einheit						
12 Einheit						
13 Einheit						
14 Einheit						
15 Einheit						

Patient: L.H.

Menge	Anwendungen	Betreuer
18x	Ergotherapie Einzel	
15x	Ergotherapie Handroboter	
1x	Rollstuhlanpassung	
4x	Erholungspause	
5x	Primar Visite	
4x	Oberarzt Visite	
13x	Frühstückstraining	
7x	Wasch- und Anziehtraining	
6x	Lymphdrainage kl. im Zimmer	
8x	Teilmassage im Zimmer	
6x	kognitives Training Einzel	
2x	Psychologische Diagnostik	
29x	Physio Einzel (30 min)	
4x	Gangschulung	
3x	Lokomat	
12x	Bewegungstrainer	
10x	Laufband	
16x	Topfenwickel	
2x	Ultraschall	
3x	Ergotherapie Befundung	A.K.
2x	Phys. End-Befundung	K.P.
1x	Phys. Anf.-Befundung	K.P.
13x	Sequenztraining 1	S.G.
3x	Psychologie Befundung	H.B.
1x	Logopädie Befundung	
188	Anwendungen gesamt	

ANHANG IIIa: MMSE (englischsprachige Originalskala)

**MINI-MENTAL
STATE EXAMINATION
(MMSE)**

Patient Name: _____
Rater Name: _____
Date: _____

Activity _____ **Score** _____

ORIENTATION – one point for each answer

Ask: "What is the: (year)(season)(date)(day)(month)?" _____
Ask: "Where are we: (state)(county)(town)(hospital)(floor)?" _____

REGISTRATION – score 1,2,3 points according to how many are repeated

Name three objects: Give the patient one second to say each.
Ask the patient to: repeat all three after you have said them.
Repeat them until the patient learns all three. _____

ATTENTION AND CALCULATION – one point for each correct subtraction

Ask the patient to: begin from 100 and count backwards by 7.
Stop after 5 answers. (93, 86, 79, 72, 65) _____

RECALL – one point for each correct answer

Ask the patient to: name the three objects from above. _____

LANGUAGE

Ask the patient to: identify and name a pencil and a watch. (2 points) _____
Ask the patient to: repeat the phrase "No ifs, ands, or buts." (1 point) _____
Ask the patient to: "Take a paper in your right hand, fold it in half,
and put it on the floor " (1 point for each task completed properly) _____
Ask the patient to: read and obey the following: "Close your eyes." (1 point) _____
Ask the patient to: write a sentence. (1 point) _____
Ask the patient to: copy a complex diagram of two interlocking pentagons. (1 point) _____

TOTAL (0–30): _____

References

Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. "Mini-mental state." A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. J Psychiatr Res. 1975;12:189-198.

Edinburgh Handedness Inventory

Please circle Left or Right to show your preferences in the use of hands in the following activities.

If you are really indifferent, circle "Either".

Where the preference is so strong that you would never try to use the other hand select "No".

	Which hand do you prefer?			Do you ever use the other hand?	
Writing:	Left	Right	Either	Yes	No
Drawing:	Left	Right	Either	Yes	No
Throwing:	Left	Right	Either	Yes	No
Using Scissors:	Left	Right	Either	Yes	No
Using a Toothbrush:	Left	Right	Either	Yes	No
Using a Knife (without fork):	Left	Right	Either	Yes	No
Using a Spoon:	Left	Right	Either	Yes	No
Using a Broom (upper hand):	Left	Right	Either	Yes	No
Striking a Match:	Left	Right	Either	Yes	No
Opening a Box (lid):	Left	Right	Either	Yes	No

Ashworth Scale

0. No increase in muscle tone.
1. Slight increase in tone giving a “catch” when affected part is moved in flexion or extension.
2. More marked increase in tone but affected part is easily flexed.
3. Considerable increase in tone; passive movement difficult.
4. Affected part is rigid in flexion or extension.

RIVERMEAD MOBILITY INDEX

COPYRIGHT: RIVERMEAD REHABILITATION CENTRE,
ABINGDON ROAD, OXFORD OXI 4XD.
(Reproduce freely but acknowledge source.)

PATIENT'S NAME:

HOSPITAL NUMBER:

Score 0 = No 1 = Yes

DATE

1. Do you turn over from your back to your side without help?				
2. From lying in bed, are you able to get up to sit on the edge of the bed on your own?				
3. Could you sit on the edge of the bed without holding on for 10 seconds?				
4. Can you (using hands and an aid if necessary) stand up from a chair in less than 15 seconds, and stand there for 15 seconds,				
5. Observe patient standing for 10 seconds without any aid.				
6. Are you able to move from bed to chair and back without any help?				
7. Can you walk 10 metres with an aid if necessary but with no standby help?				
8. Can you manage a flight of steps alone, without help?				
9. Do you walk around outside alone, on pavements?				
10. Can you walk 10 metres inside with no caliper, splint or aid and no standby help?				
11. If you drop something on the floor, can you manage to walk 5 metres to pick it up and walk back?				
12. Can you walk over uneven ground (grass, gravel, dirt, snow or ice) without help?				
13. Can you get in and out of a shower or bath unsupervised, and wash yourself?				
14. Are you able to climb up and down four steps with no rail but using an aid if necessary?				
15. Could you run 10 metres in 4 seconds without limping? (A fast walk is acceptable.)				
TOTAL				

ANHANG IIIf: BI (englischsprachige Originalskala)

**THE
BARTHEL
INDEX**

Patient Name: _____

Rater Name: _____

Date: _____

Activity **Score**

FEEDING

0 = unable

5 = needs help cutting, spreading butter, etc., or requires modified diet

10 = independent

BATHING

0 = dependent

5 = independent (or in shower)

GROOMING

0 = needs to help with personal care

5 = independent face/hair/teeth/shaving (implements provided)

DRESSING

0 = dependent

5 = needs help but can do about half unaided

10 = independent (including buttons, zips, laces, etc.)

BOWELS

0 = incontinent (or needs to be given enemas)

5 = occasional accident

10 = continent

BLADDER

0 = incontinent, or catheterized and unable to manage alone

5 = occasional accident

10 = continent

TOILET USE

0 = dependent

5 = needs some help, but can do something alone

10 = independent (on and off, dressing, wiping)

TRANSFERS (BED TO CHAIR AND BACK)

0 = unable, no sitting balance

5 = major help (one or two people, physical), can sit

10 = minor help (verbal or physical)

15 = independent

MOBILITY (ON LEVEL SURFACES)

0 = immobile or < 50 yards

5 = wheelchair independent, including corners, > 50 yards

10 = walks with help of one person (verbal or physical) > 50 yards

15 = independent (but may use any aid; for example, stick) > 50 yards

STAIRS

0 = unable

5 = needs help (verbal, physical, carrying aid)

10 = independent

TOTAL (0-100): _____

ANHANG IIIf: BI (englischsprachige Originalskala)

The Barthel ADL Index: Guidelines

1. The index should be used as a record of what a patient does, not as a record of what a patient could do.
2. The main aim is to establish degree of independence from any help, physical or verbal, however minor and for whatever reason.
3. The need for supervision renders the patient not independent.
4. A patient's performance should be established using the best available evidence. Asking the patient, friends/relatives and nurses are the usual sources, but direct observation and common sense are also important. However direct testing is not needed.
5. Usually the patient's performance over the preceding 24-48 hours is important, but occasionally longer periods will be relevant.
6. Middle categories imply that the patient supplies over 50 per cent of the effort.
7. Use of aids to be independent is allowed.

References

Mahoney FI, Barthel D. "Functional evaluation: the Barthel Index."
Maryland State Medical Journal 1965;14:56-61. Used with permission.

Loewen SC, Anderson BA. "Predictors of stroke outcome using objective measurement scales."
Stroke. 1990;21:78-81.

Gresham GE, Phillips TF, Labi ML. "ADL status in stroke: relative merits of three standard indexes."
Arch Phys Med Rehabil. 1980;61:355-358.

Collin C, Wade DT, Davies S, Horne V. "The Barthel ADL Index: a reliability study."
Int Disability Study. 1988;10:61-63.

Copyright Information

The Maryland State Medical Society holds the copyright for the Barthel Index. It may be used freely for non-commercial purposes with the following citation:

Mahoney FI, Barthel D. "Functional evaluation: the Barthel Index."
Maryland State Med Journal 1965;14:56-61. Used with permission.

Permission is required to modify the Barthel Index or to use it for commercial purposes.

ANHANG IIIg: mRS (englischsprachige Originalskala)

**MODIFIED
RANKIN
SCALE (MRS)**

Patient Name: _____

Rater Name: _____

Date: _____

Score	Description
0	No symptoms at all
1	No significant disability despite symptoms; able to carry out all usual duties and activities
2	Slight disability; unable to carry out all previous activities, but able to look after own affairs without assistance
3	Moderate disability; requiring some help, but able to walk without assistance
4	Moderately severe disability; unable to walk without assistance and unable to attend to own bodily needs without assistance
5	Severe disability; bedridden, incontinent and requiring constant nursing care and attention
6	Dead

TOTAL (0–6): _____

References

Rankin J. "Cerebral vascular accidents in patients over the age of 60."
Scott Med J 1957;2:200-15

Bonita R, Beaglehole R. "Modification of Rankin Scale: Recovery of motor function after stroke."
Stroke 1988 Dec;19(12):1497-1500

Van Swieten JC, Koudstaal PJ, Visser MC, Schouten HJ, van Gijn J. "Interobserver agreement for the assessment of handicap in stroke patients."
Stroke 1988;19(5):604-7

ANHANG IIIh: NIHSS (englischsprachige Originalskala)

N I H STROKE SCALE

Patient Identification: _____

Pt. Date of Birth ____/____/____

Hospital _____ (____-____)

Date of Exam ____/____/____

Interval: Baseline 2 hours post treatment 24 hours post onset of symptoms \pm 20 minutes 7-10 days
 3 months Other _____ (_____)

Time: ____:____ []am []pm

Person Administering Scale _____

Administer stroke scale items in the order listed. Record performance in each category after each subscale exam. Do not go back and change scores. Follow directions provided for each exam technique. Scores should reflect what the patient does, not what the clinician thinks the patient can do. The clinician should record answers while administering the exam and work quickly. Except where indicated, the patient should not be coached (i.e., repeated requests to patient to make a special effort).

Instructions	Scale Definition	Score
<p>1a. Level of Consciousness: The investigator must choose a response if a full evaluation is prevented by such obstacles as an endotracheal tube, language barrier, orotracheal trauma/bandages. A 3 is scored only if the patient makes no movement (other than reflexive posturing) in response to noxious stimulation.</p>	<p>0 = Alert; keenly responsive. 1 = Not alert; but arousable by minor stimulation to obey, answer, or respond. 2 = Not alert; requires repeated stimulation to attend, or is obtunded and requires strong or painful stimulation to make movements (not stereotyped). 3 = Responds only with reflex motor or autonomic effects or totally unresponsive, flaccid, and areflexic.</p>	<p>_____</p>
<p>1b. LOC Questions: The patient is asked the month and his/her age. The answer must be correct - there is no partial credit for being close. Aphasic and stuporous patients who do not comprehend the questions will score 2. Patients unable to speak because of endotracheal intubation, orotracheal trauma, severe dysarthria from any cause, language barrier, or any other problem not secondary to aphasia are given a 1. It is important that only the initial answer be graded and that the examiner not "help" the patient with verbal or non-verbal cues.</p>	<p>0 = Answers both questions correctly. 1 = Answers one question correctly. 2 = Answers neither question correctly.</p>	<p>_____</p>
<p>1c. LOC Commands: The patient is asked to open and close the eyes and then to grip and release the non-paretic hand. Substitute another one step command if the hands cannot be used. Credit is given if an unequivocal attempt is made but not completed due to weakness. If the patient does not respond to command, the task should be demonstrated to him or her (pantomime), and the result scored (i.e., follows none, one or two commands). Patients with trauma, amputation, or other physical impediments should be given suitable one-step commands. Only the first attempt is scored.</p>	<p>0 = Performs both tasks correctly. 1 = Performs one task correctly. 2 = Performs neither task correctly.</p>	<p>_____</p>
<p>2. Best Gaze: Only horizontal eye movements will be tested. Voluntary or reflexive (oculocephalic) eye movements will be scored, but caloric testing is not done. If the patient has a conjugate deviation of the eyes that can be overcome by voluntary or reflexive activity, the score will be 1. If a patient has an isolated peripheral nerve paresis (CN III, IV or VI), score a 1. Gaze is testable in all aphasic patients. Patients with ocular trauma, bandages, pre-existing blindness, or other disorder of visual acuity or fields should be tested with reflexive movements, and a choice made by the investigator. Establishing eye contact and then moving about the patient from side to side will occasionally clarify the presence of a partial gaze palsy.</p>	<p>0 = Normal. 1 = Partial gaze palsy; gaze is abnormal in one or both eyes, but forced deviation or total gaze paresis is not present. 2 = Forced deviation, or total gaze paresis not overcome by the oculocephalic maneuver.</p>	<p>_____</p>

ANHANG IIIh: NIHSS (englischsprachige Originalskala)

NIH STROKE SCALE

Patient Identification. _____ - _____ - _____

Pt. Date of Birth ____/____/____

Hospital _____ (____ - ____)

Date of Exam ____/____/____

Interval: Baseline 2 hours post treatment 24 hours post onset of symptoms ±20 minutes 7-10 days
 3 months Other _____ (_____)

<p>3. Visual: Visual fields (upper and lower quadrants) are tested by confrontation, using finger counting or visual threat, as appropriate. Patients may be encouraged, but if they look at the side of the moving fingers appropriately, this can be scored as normal. If there is unilateral blindness or enucleation, visual fields in the remaining eye are scored. Score 1 only if a clear-cut asymmetry, including quadrantanopia, is found. If patient is blind from any cause, score 3. Double simultaneous stimulation is performed at this point. If there is extinction, patient receives a 1, and the results are used to respond to item 11.</p>	<p>0 = No visual loss.</p> <p>1 = Partial hemianopia.</p> <p>2 = Complete hemianopia.</p> <p>3 = Bilateral hemianopia (blind including cortical blindness).</p>	<p>_____</p>
<p>4. Facial Palsy: Ask – or use pantomime to encourage – the patient to show teeth or raise eyebrows and close eyes. Score symmetry of grimace in response to noxious stimuli in the poorly responsive or non-comprehending patient. If facial trauma/bandages, orotracheal tube, tape or other physical barriers obscure the face, these should be removed to the extent possible.</p>	<p>0 = Normal symmetrical movements.</p> <p>1 = Minor paralysis (flattened nasolabial fold, asymmetry on smiling).</p> <p>2 = Partial paralysis (total or near-total paralysis of lower face).</p> <p>3 = Complete paralysis of one or both sides (absence of facial movement in the upper and lower face).</p>	<p>_____</p>
<p>5. Motor Arm: The limb is placed in the appropriate position: extend the arms (palms down) 90 degrees (if sitting) or 45 degrees (if supine). Drift is scored if the arm falls before 10 seconds. The aphasic patient is encouraged using urgency in the voice and pantomime, but not noxious stimulation. Each limb is tested in turn, beginning with the non-paretic arm. Only in the case of amputation or joint fusion at the shoulder, the examiner should record the score as untestable (UN), and clearly write the explanation for this choice.</p>	<p>0 = No drift; limb holds 90 (or 45) degrees for full 10 seconds.</p> <p>1 = Drift; limb holds 90 (or 45) degrees, but drifts down before full 10 seconds; does not hit bed or other support.</p> <p>2 = Some effort against gravity; limb cannot get to or maintain (if cued) 90 (or 45) degrees, drifts down to bed, but has some effort against gravity.</p> <p>3 = No effort against gravity; limb falls.</p> <p>4 = No movement.</p> <p>UN = Amputation or joint fusion, explain: _____</p> <p>5a. Left Arm</p> <p>5b. Right Arm</p>	<p>_____</p> <p>_____</p>
<p>6. Motor Leg: The limb is placed in the appropriate position: hold the leg at 30 degrees (always tested supine). Drift is scored if the leg falls before 5 seconds. The aphasic patient is encouraged using urgency in the voice and pantomime, but not noxious stimulation. Each limb is tested in turn, beginning with the non-paretic leg. Only in the case of amputation or joint fusion at the hip, the examiner should record the score as untestable (UN), and clearly write the explanation for this choice.</p>	<p>0 = No drift; leg holds 30-degree position for full 5 seconds.</p> <p>1 = Drift; leg falls by the end of the 5-second period but does not hit bed.</p> <p>2 = Some effort against gravity; leg falls to bed by 5 seconds, but has some effort against gravity.</p> <p>3 = No effort against gravity; leg falls to bed immediately.</p> <p>4 = No movement.</p> <p>UN = Amputation or joint fusion, explain: _____</p> <p>6a. Left Leg</p> <p>6b. Right Leg</p>	<p>_____</p>

ANHANG IIIh: NIHSS (englischsprachige Originalskala)

N I H STROKE SCALE

Patient Identification. _____-_____-_____

Pt. Date of Birth ____/____/____

Hospital _____ (____-____)

Date of Exam ____/____/____

Interval: Baseline 2 hours post treatment 24 hours post onset of symptoms \pm 20 minutes 7-10 days
 3 months Other _____ (_____)

<p>7. Limb Ataxia: This item is aimed at finding evidence of a unilateral cerebellar lesion. Test with eyes open. In case of visual defect, ensure testing is done in intact visual field. The finger-nose-finger and heel-shin tests are performed on both sides, and ataxia is scored only if present out of proportion to weakness. Ataxia is absent in the patient who cannot understand or is paralyzed. Only in the case of amputation or joint fusion, the examiner should record the score as untestable (UN), and clearly write the explanation for this choice. In case of blindness, test by having the patient touch nose from extended arm position.</p>	<p>0 = Absent.</p> <p>1 = Present in one limb.</p> <p>2 = Present in two limbs.</p> <p>UN = Amputation or joint fusion, explain: _____</p>	<p>_____</p> <p>_____</p>
<p>8. Sensory: Sensation or grimace to pinprick when tested, or withdrawal from noxious stimulus in the obtunded or aphasic patient. Only sensory loss attributed to stroke is scored as abnormal and the examiner should test as many body areas (arms [not hands], legs, trunk, face) as needed to accurately check for hemisensory loss. A score of 2, "severe or total sensory loss," should only be given when a severe or total loss of sensation can be clearly demonstrated. Stuporous and aphasic patients will, therefore, probably score 1 or 0. The patient with brainstem stroke who has bilateral loss of sensation is scored 2. If the patient does not respond and is quadriplegic, score 2. Patients in a coma (item 1a=3) are automatically given a 2 on this item.</p>	<p>0 = Normal; no sensory loss.</p> <p>1 = Mild-to-moderate sensory loss; patient feels pinprick is less sharp or is dull on the affected side; or there is a loss of superficial pain with pinprick, but patient is aware of being touched.</p> <p>2 = Severe to total sensory loss; patient is not aware of being touched in the face, arm, and leg.</p>	<p>_____</p>
<p>9. Best Language: A great deal of information about comprehension will be obtained during the preceding sections of the examination. For this scale item, the patient is asked to describe what is happening in the attached picture, to name the items on the attached naming sheet and to read from the attached list of sentences. Comprehension is judged from responses here, as well as to all of the commands in the preceding general neurological exam. If visual loss interferes with the tests, ask the patient to identify objects placed in the hand, repeat, and produce speech. The intubated patient should be asked to write. The patient in a coma (item 1a=3) will automatically score 3 on this item. The examiner must choose a score for the patient with stupor or limited cooperation, but a score of 3 should be used only if the patient is mute and follows no one-step commands.</p>	<p>0 = No aphasia; normal.</p> <p>1 = Mild-to-moderate aphasia; some obvious loss of fluency or facility of comprehension, without significant limitation on ideas expressed or form of expression. Reduction of speech and/or comprehension, however, makes conversation about provided materials difficult or impossible. For example, in conversation about provided materials, examiner can identify picture or naming card content from patient's response.</p> <p>2 = Severe aphasia; all communication is through fragmentary expression; great need for inference, questioning, and guessing by the listener. Range of information that can be exchanged is limited; listener carries burden of communication. Examiner cannot identify materials provided from patient response.</p> <p>3 = Mute, global aphasia; no usable speech or auditory comprehension.</p>	<p>_____</p>
<p>10. Dysarthria: If patient is thought to be normal, an adequate sample of speech must be obtained by asking patient to read or repeat words from the attached list. If the patient has severe aphasia, the clarity of articulation of spontaneous speech can be rated. Only if the patient is intubated or has other physical barriers to producing speech, the examiner should record the score as untestable (UN), and clearly write an explanation for this choice. Do not tell the patient why he or she is being tested.</p>	<p>0 = Normal.</p> <p>1 = Mild-to-moderate dysarthria; patient slurs at least some words and, at worst, can be understood with some difficulty.</p> <p>2 = Severe dysarthria; patient's speech is so slurred as to be unintelligible in the absence of or out of proportion to any dysphasia, or is mute/anarthric.</p> <p>UN = Intubated or other physical barrier, explain: _____</p>	<p>_____</p>

ANHANG IIIh: NIHSS (englischsprachige Originalskala)

N I H STROKE SCALE

Patient Identification. _____

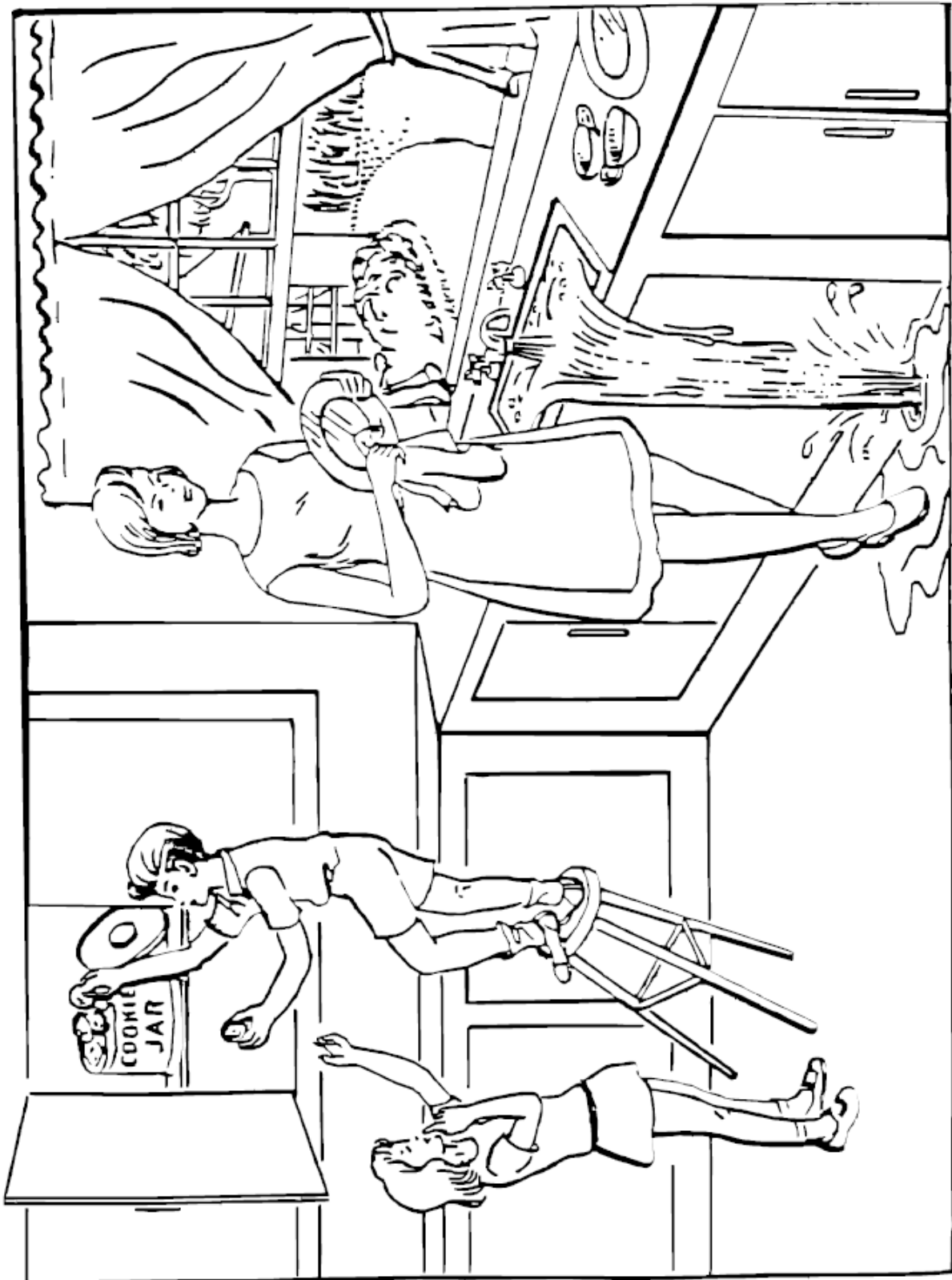
Pt. Date of Birth ____/____/____

Hospital _____ (____-____)

Date of Exam ____/____/____

Interval: Baseline 2 hours post treatment 24 hours post onset of symptoms \pm 20 minutes 7-10 days
 3 months Other _____ (____)

<p>11. Extinction and Inattention (formerly Neglect): Sufficient information to identify neglect may be obtained during the prior testing. If the patient has a severe visual loss preventing visual double simultaneous stimulation, and the cutaneous stimuli are normal, the score is normal. If the patient has aphasia but does appear to attend to both sides, the score is normal. The presence of visual spatial neglect or anosagnosia may also be taken as evidence of abnormality. Since the abnormality is scored only if present, the item is never untestable.</p>	<p>0 = No abnormality.</p> <p>1 = Visual, tactile, auditory, spatial, or personal inattention or extinction to bilateral simultaneous stimulation in one of the sensory modalities.</p> <p>2 = Profound hemi-inattention or extinction to more than one modality; does not recognize own hand or orients to only one side of space.</p>	<p>_____</p>
---	--	--------------



You know how.

Down to earth.

I got home from work.

**Near the table in the dining
room.**

**They heard him speak on the
radio last night.**



MAMA

TIP – TOP

FIFTY – FIFTY

THANKS

HUCKLEBERRY

BASEBALL PLAYER

ANHANG IV: Lebenslauf

LEBENS LAUF

ANGABEN ZUR PERSON	
NAME	Pargfrieder Christa
ADRESSE	Auberg 7, 4201 Eidenberg, Österreich
TELEFON	+436505437022
E-MAIL	christa.pargfrieder@gmx.at
STAATSANGEHÖRIGKEIT	Österreich
GEBURTSDATUM	20.02.1985
SCHUL- UND HOCHSCHULBILDUNG	
2003-2009	Studium der Humanmedizin an der Medizinischen Universität Graz
3. ABSCHNITT	Klinisch-praktisches Jahr: Oktober 2008 bis Juli 2009 <ul style="list-style-type: none">- Innere Medizin: KH der Barmherzigen Brüder Linz- Allgemeinmedizin: Dr. Stefan Mertl (Eidenberg / OÖ)- Dermatologie und Venerologie: Universitätsklinik Graz- Akut- und Notfallmedizin: Universitätsklinik Graz- Diplomarbeit: Untersuchungen zum klinischen Effekt und zur Sicherheit eines neuartigen mechanotronischen Therapiekonzepts zur Verbesserung der Handfunktion nach Schlaganfall (Universitätsklinik für Neurologie Graz)
2. ABSCHNITT	Oktober 2004 bis September 2008
1. ABSCHNITT	Oktober 2003 bis Juli 2004
1999 - 2003	Bundesoberstufenrealgymnasium Bad Leonfelden Schwerpunkt: MeNaTec (Mensch – Natur – Technik) Abschluss mit Reifeprüfung
1995 - 1999	Hauptschule Gramastetten
1991 - 1995	Volkschule Eidenberg
AUSLANDSAUFENTHALTE	
06/08 (4 WOCHEN)	First Affiliated Hospital of Wenzhou Medical College (China): Ausbildungsschwerpunkt - Akupunktur und Traditionelle Chinesische Medizin

ANHANG IV: Lebenslauf

FAMULATUREN

02/08 (2 WOCHEN)	KH der Elisabethinen Linz: Abteilung für Kardiologie
07/07 (3 WOCHEN)	Landeskrankenhaus Graz: Universitätsklinik für Neurologie
02/07 (3 WOCHEN)	KH der Elisabethinen Linz: Abteilung für Onkologie
09/06 (3 WOCHEN)	Allgemeines KH Linz: Abteilung für Dermatologie und Venerologie
02/06 (3 WOCHEN)	KH der Barmherzigen Schwestern Linz: Abteilung für Allgemein- und Gefäßchirurgie
02/05 (3 WOCHEN)	Landes-Nervenlinik Wagner-Jauregg Linz: Abteilung für Neurologie

ARBEITSERFAHRUNG

SEIT 2009	Kulturhauptstadt Linz 09: Publikumsdienst
SEIT 2007	Crew for You: Promotion
09/07	Ars Electronica Festival: Info-point Betreuung
08/07	Zentrallabor Barmherzige Brüder und Schwestern Linz: Ambulanz
09/06	Ars Electronica Festival: Info-Trainer
07/06	Zentrallabor Barmherzige Brüder und Schwestern Linz: Ambulanz
09/05	KH der Barmherzigen Schwestern Linz: Stationsgehilfin
09/04	KH der Barmherzigen Schwestern Linz: Stationsgehilfin
08/03	Gemeindealtenheim Gramastetten: Pflege, Tagesgestaltung
2002 -2003	Gasthaus zur Gis: Service
07/02	KH der Barmherzigen Schwestern Linz: Stationsgehilfin

SPRACHEN

Deutsch (Muttersprache)	Spanisch (Grundkenntnisse)
Englisch (ausgezeichnet)	Chinesisch (Grundkenntnisse)
Französisch (gut)	Latein (kleines Latinum)

SONSTIGE FÄHIGKEITEN UND KOMPETENZEN

Supervisionstraining (Anamnesegruppe)
Ausbildung zur Rettungssanitäterin (Samariterbund Linz)
ehemalige Leiterin der Katholischen Jugend Eidenberg
ehemaliges Mitglied des Musikverein Eidenberg