

Aus der Kinderklinik und Poliklinik
der Universität Würzburg
Direktor: Professor Dr. med. Ch. P. Speer

Entwicklung und Reliabilitätskontrolle eines videogestützten
Beurteilungsbogens bei Kindern mit spastischen Spitzfüßen unter der
Therapie mit Botulinum Toxin A

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der
Medizinischen Fakultät
der
Bayerischen Julius- Maximilians- Universität zu Würzburg
vorgelegt von
Matthias Will
aus
Gerbrunn

Würzburg, Februar 2002

Referent: Prof. Dr. med. H.M. Straßburg

Korreferent: Prof. Dr. med. J. Eulert

Dekan: Prof. Dr. med. V. ter Meulen

Tag der Mündlichen Prüfung: 19.07.2002

Der Promovend ist Arzt

Inhalt

1	<i>Einleitung</i>	1
2	<i>Theoretische Grundlagen der Ganganalyse und Begriffserklärungen</i>	4
2.1	Möglichkeiten der Ganganalyse	4
2.2	Wirkungsweise von Botulinum Toxin A	6
2.3	Definition der infantilen Zerebralparese	6
2.4	Auswirkung der infantilen Zerebralparese	11
2.5	Therapiemöglichkeiten der spastischen Zerebralparese	12
2.6	Definition der Reliabilität und des Kappa- Koeffizienten	13
2.7	Definitionen der Bewegungsfolgen	15
3	<i>Patienten und Methode</i>	18
3.1	Patienten	18
3.2	Methode	19
4	<i>Ergebnisse</i>	23
4.1	Darstellung des Beurteilungsbogens und der Reliabilitäten ...	23
4.2	Beschreibung der Items	27
4.3	Bewertung der Videosequenzen anhand des Beurteilungsbogen	36
4.4	Ermittlung der Reliabilitäten anhand der Kappa- Werte	36
5	<i>Diskussion</i>	37
5.1	„Physican rating scale for gait“ im Vergleich zum Beurteilungsbogen	38
5.2	„Observation gait analysis (OGA)“ im Vergleich zum Beurteilungsbogen	40

5.3 Einfache Ganganalyse durch Eastlack im Vergleich zum Beurteilungsbogen	41
5.4 Weitere Beurteilungsmöglichkeiten	41
5.4.1 Die modifizierte Ashworth- Scala.....	42
5.4.2 Vor- und Nachteile einer Leuchtpunkt- Ganganalyse.....	43
5.4.3 Gross motor function measure (GMFM) im Vergleich zum Beurteilungsbogen.....	44
6 Zusammenfassung.....	46
7 Schlußbetrachtung.....	48
8 Literatur	49
9 Anhang.....	55

1 Einleitung

Seit etwa 1990 wird Botulinum Toxin A bei spastischen Bewegungsstörungen im Kindesalter eingesetzt. Die Behandlung des Pes equinus stellt dabei die häufigste Indikation dar. Bisherige Erfahrungen bestätigen das Verfahren als eine sichere und effektive Methode zur Reduktion der muskulären Hyperaktivität [22].

Ziel der Behandlung ist eine temporäre, lokale und wiederholbare Schwächung hyperaktiver Muskeln, um eine funktionelle Verbesserung für das Gehen zu ermöglichen [22]. Beim hier angesprochenen Spitzfuß betrifft dies die Unterschenkelmuskulatur (M. triceps surae).

Bisherige Evaluationsinstrumente für die Beurteilung der motorischen Funktionen sind aufwendig oder lassen Aussagen über den Therapieerfolg nur begrenzt zu [7, 13, 25, 33].

Ziel dieser Arbeit war es zum Einen, ein Untersuchungsverfahren für das Gangbild bei Kindern mit spastischen Spitzfüßen zu entwickeln. Es sollte damit möglich sein, das individuelle Gangbild eines Kindes zu Beginn und im Verlauf der Therapie mit Botulinum Toxin A zuverlässig zu beurteilen. Das Verfahren sollte unkompliziert und in der klinischen Routinearbeit einsetzbar sein. Deshalb entschieden wir uns für eine Ganganalyse mit Hilfe von Videotechnik durch eine handelsübliche Videokamera und einen Videorekorder. Auf der Grundlage von schon bestehenden Beurteilungsverfahren wurde ein Beurteilungsbogen zur Auswertung von Videoaufnahmen entwickelt. Es entstand ein Beurteilungsbogen, untergliedert in 16 Unterpunkte (Items).

Zum Anderen sollten die Ergebnisse der Items von zwei Untersuchern mit dem statistischen Mittel der Reliabilität überprüft werden, um die Zuverlässigkeit des Beurteilungsbogens zu überprüfen.

Die Arbeit möchte aber keine Aussage über den Therapieerfolg auf den Bewegungsablauf treffen.

Im nächsten Kapitel werden theoretische Grundlagen der Ganganalyse beschrieben. Es werden einige Begriffe erklärt sowie Ursachen, Auswirkungen und Therapiemöglichkeiten der Zerebralparese aufgezeigt.

Informationen über die untersuchten Patienten und die Durchführung der Aufnahmen beschreibt Kapitel drei. Hier wird näher darauf eingegangen, wo und wie die Kinder gefilmt wurden, eventuelle Fehlerquellen beschrieben und technische Daten zur Aufnahmetechnik erläutert. Dann wird in dem Kapitel auf die Entwicklung des Beurteilungsbogens eingegangen.

Entstanden ist somit ein Beurteilungsbogen, der in Kapitel 4 beschrieben wird. Dort wird auch näher auf die einzelnen Items eingegangen und zum besseren Verständnis sind für einige Items Abbildungen ergänzt. Anhand des Beurteilungsbogens wurden dann 76 Gangzyklen bei Kindern mit spastischen Spitzfüßen beurteilt. Die Ergebnisse in tabellarischer Form der videogestützten Ganganalyse von zwei Untersuchern finden sich im Anhang. Ebenfalls im Anhang ist die Tabelle mit der Berechnung der Kappa- Werte zur Bestimmung der Reliabilität.

In Kapitel 5 wird auf die bisherigen Publikationen über Ganganalyse von Koman et al. [23], Corry et al. [7], Krebs et al. [25] und Eastlack et al. [13] eingegangen. Dabei werden die Vor- und Nachteile von diesen Ganganalysen aufgezeigt und die Unterschiede zu dem hier vorgestellten Beurteilungsverfahren diskutiert. Zusätzlich werden noch weitere Verfahren zur Beurteilung des Ganges bzw. der Veränderung der Spastik während der Therapie von Kindern mit spastischen Spitzfüßen bei Zerebralparese beschrieben.

2 Theoretische Grundlagen der Ganganalyse und Begriffserklärungen

2.1 Möglichkeiten der Ganganalyse

Es gibt verschiedene Möglichkeiten der Ganganalyse. Einen kurzen Überblick soll die nachfolgende Aufzählung bringen [20, 24, 30, 32].

1. Die beobachtende Ganganalyse, mit und ohne Videounterstützung, ermöglicht die visuelle Beurteilung des Ganges in der Sagittal- und der Coronarebene.
2. Die dynamische Elektromyographie ist die Messung der elektrischen Aktivität eines sich kontrahierenden Muskels. Es lassen sich Aussagen über den zeitlichen Ablauf und die Intensität einer muskulären Kontraktion machen. Darüber hinaus sind Aussagen möglich, ob die elektrische Aktivität eines Muskels normal, phasenverschoben, kontinuierlich, oder klonisch ist.
3. Die Kinematik ist die quantitative Beschreibung von Gelenkwinkeln oder Bewegungen von Körpersegmenten. Meist wird dabei die Sagittal-, Coronar- und Transversalebene untersucht. Die Kinematik bedient sich computergestützter Bewegungsanalysesysteme. Dabei werden aktive Marker oder passive Marker an bestimmten anatomischen Körperpunkten befestigt. Aktive Marker besitzen eine eigene Lichtquelle, passive Marker sind mit einer reflektierenden

Folie überzogen und werden durch separate Lichtquellen im Raum beleuchtet. Das einfallende, bzw. reflektierte Licht der Marker wird dann von mehreren Kameras aufgenommen. Die kinematische Aufnahme kann entweder zweidimensional oder dreidimensional erfolgen. Bei der zweidimensionalen Bewegungsanalyse werden die Gelenkwinkel aus der Projektion der angebrachten Marker in der Sagittalebene errechnet. Bei der dreidimensionalen Aufnahme wird die Kalkulation der Gelenkwinkel durch die Berechnung eines Gelenkzentrums ermöglicht. Hier werden sowohl Markerinformationen verwendet, wie auch anatomische Beziehungen benutzt, die direkt am Patienten gemessen werden.

4. Die Kinetik ist die quantitative Beschreibung der Kräfte, die auf ein Gelenk bzw. ein Körperteil wirken. Dabei werden mit Hilfe von Kraftmeßplatten die Bodenreaktionskräfte gemessen. Mit Dehnmeßstreifen und Quarzsensoren können Kräfte in drei orthogonalen Richtungen gemessen werden (eine vertikale und zwei horizontale). Aus den Bodenreaktionskräften kann der Gelenkdrehmoment, die Gelenkleistung und die Gelenkkräfte errechnet werden.
5. Die Messung des Energieverbrauchs ermöglicht die Effizienz einer Therapie wiederzugeben. Dabei wird die Energie, die für das Gehen benötigt wird, vor und nach einer Behandlung gemessen und verglichen. Eine Möglichkeit den Energiebedarf zu bestimmen ist z.B. die Messung des Sauerstoffverbrauchs.

2.2 Wirkungsweise von Botulinum Toxin A

Das Wirkprinzip von Botulinum Toxin A liegt in einer chemischen Denervierung der Unterschenkelmuskeln. Dabei blockiert Botulinum Toxin A lokal begrenzt und reversibel die Freisetzung von Acetylcholin in den synaptischen Spalt der neuromuskulären Endplatte. Die klinische Reversibilität ergibt sich dem physiologischen Turn-over der neuromuskulären Endplatte mit einem regelhaften „Wiederaussprießen“ von motorischen Endplatten [21]. Die Wirkung tritt innerhalb der ersten zwei Wochen nach intramuskulärer Injektion ein. Die durchschnittliche Wirkdauer von Botulinum Toxin A beträgt etwa drei bis sechs Monate [4, 21].

2.3 Definition der infantilen Zerebralparese

Unter dem Begriff infantile Zerebralparesen versteht man bleibende, aber nicht unveränderliche Störungen der Haltung und Beweglichkeit des Körpers. Sie entstehen als Folge zerebraler Läsionen in frühen Entwicklungsphasen, d.h. während der Schwangerschaft bzw. Geburt oder in der ersten Lebenszeit. Als Ausdruck einer zerebralen Dysfunktion sind sie oft mit anderen Störungen kombiniert, z.B. mit Intelligenzminderung, zerebralen Anfällen, Teilleistungsschwächen, Verhaltensauffälligkeiten (Mehrfachbehinderungen)“ [1, 19, 27, 29].

Eine Korrelation von klinischem Bild, Art der cerebralen Schädigung und Schädigungszeitpunkt ist in Tabelle 1 zusammengefaßt.

Tabelle 1 [22] :

Klinik	Zerebraler Schaden	Schädigungs- Zeitpunkt
Spastische Diparese (beinbetonte Tetraspastik)	Periventrikuläre Leukomalazie	Vor der 34. SSW
Beinbetonte spastische Hemiparese	Periventrikuläre Infarzierung	Frühgeborene
Armbetonte spastische Hemiparese	Infarkt im Versorgungs- gebiet der A. cerebri media	Termingeborene
(komplette) spastische Tetraparese	Multiple corticale u. subcorticale Parenchymveränderung	Prä-, peri- u. postnatal
Dyskinetische Tetraparese	Hypoxische Schädigung der Basalganglien	Termingeborene

Wie die obige Tabelle zeigt, führen Läsionen unterschiedlicher Lokalisation und Ausdehnung zu zerebralen Funktionsstörungen. Diese führen zu einer Veränderung des Muskeltonus, meist als Spastik, seltener als Rigor, Dystonie oder Hypotonie, sowie zu abnormen Reflexen und Reaktionen. Auch unwillkürliche Bewegungsabläufe (Dyskinesien) oder Koordinationsstörungen (Ataxien) kommen vor. Nach Hagberg [19] wurden 1973 verschiedene Symptome kombiniert und differenziert:

1. Spastisches Tetraplegie- Syndrom (bilaterale Hemiplegie):

Spastische Paresen sind an den oberen Extremitäten ebenso oder stärker ausgeprägt als an den Beinen, häufig Beugekontraktur. Oft

hochgradige geistige Behinderung, auch Epilepsie, schwere Sprachstörung, Schluckstörung.

2. Spastisches Diplegie- Syndrom:

Mehr oder weniger symmetrische spastische Paresen der Extremitäten. Beine und Füße sind stärker betroffen als Arme und Hände. Bei bevorzugtem Befall der Beine (Paraplegie) sind durch sorgfältige Untersuchung fast immer auch leichte Dysfunktionen der Hände nachzuweisen. Mitunter hochgradige Behinderung an allen Extremitäten, die Arme sind jedoch immer etwas weniger betroffen als die Beine.

3. Spastisches Hemiplegie- Syndrom:

Spastische Halbseitenlähmung mit entsprechenden Symptomen. Ein leicht dyskinetischer Charakter kann vorkommen. Nicht selten findet man unterschiedlich starke Ausprägungen an der oberen und unteren Extremität.

4. Hypotonie- Syndrom:

Allgemeine Verminderung des Muskeltonus mit Überstreckbarkeit der Gelenke bei meist normalen oder gesteigerten Muskeleigenreflexen. Statische Funktionen sind oft beeinträchtigt, häufig geistige Behinderung, mitunter zerebrale Anfälle.

5. Dyskinetisches Syndrom:

Schwere Tetraplegie, motorische Entwicklung auf neonataler oder frühkindlicher Stufe, abnormer Wechsel des Muskeltonus (Dystonie

oder veränderliche Rigidität). Deutliche Persistenz neonataler oder frühkindlicher Reflexmuster und Reaktionen. Athetotische Hyperkinesien, jedoch nicht immer (mitunter auch choreatische, dystone oder ballistische Bewegungsstörungen). Häufig keine Pyramidenbahnzeichen.

6. Kongenitales Ataxie- Syndrom:

- a) Kongenitale zerebrale Ataxie: Unfähigkeit, Willkürbewegungen zu koordinieren (Dyssynergie), mit Gangunsicherheit, Dysmetrie, Intensionstremor. Verzögerte statomotorische Entwicklung, sowie Muskelhypotonie.
- b) Ataktische Diplegie: Dyssynergie- Symptome hauptsächlich an den oberen Extremitäten, man findet spastische Zeichen an den Beinen.
- c) Syndrom mit Gleichgewichtsstörung: Schwierigkeiten im Beibehalten der aufrechten Körperposition bei gestörter Lageempfindung des Körpers im Raum.

Die Einteilung der Zerebralparese ist im Wandel. Veränderung in der Nosologie der Zerebralparese erforderten auch eine neue Einteilung der Syndrome. Michaelis et al. [29] beschreibt 1989 die Gründe dafür: Zum einen passen ataktische und dyskinetische Symptome nicht mehr in die Definition der Zerebralparese, als eine nicht fortschreitende Krankheit. Zum anderen ist die ataktische Diplegie als Erscheinungsform der Zerebralparese fast völlig verschwunden. Grund dafür dürften die veränderten Therapiemöglichkeiten des Hydrocephalus sein. Neuere Erscheinungsformen von Krankheiten sind bei Kindern mit niedrigem

Geburtsgewicht beschrieben worden. Diese Kinder präsentieren vielfältige neurologische Symptome, deren Klassifikation schwierig ist. Deshalb modifizierten Michaelis et al. die Einteilung Hagbergs in folgende Form:

Spastische Syndrome bei Kinder:

- Hemiparese:
Hier kann der Arm oder das Bein mehr betroffen sein.
- Beinbetonte Tetraparese:
Kinder mit eher leichten bis mäßigen neurologischen Defizit.
- Drei- Extremitäten- betonte Tetraparese:
Schwerere neurologische Defizite als bei Kindern mit beinbetonten Tetraparesen. Die Prognose ist eher schlecht.
- Seiten- betonte Tetraparese:
Bisher noch nie erwähnte, bedeutungsvolle Gruppe. Ähnliche Beeinträchtigung wie bei hemiparetischen Kindern, jedoch mit größeren Einschränkungen.
- Gekreuzte Tetraparese
- Vier- Extremitäten Tetraparese:
Kinder mit starkem neurologischen Defizit, mit starker Beeinträchtigung mentaler und motorischer Leistungen.

- Ataxie- Syndrom (ohne Spastik)
- Dyskinetisches Syndrom (ohne Spastik)

Michaelis et al. kann jedoch keine genaue Aussage treffen, ob ataktische- oder dyskinetische Störungen ohne Spastik überhaupt existieren, die dann auch die Definition der Zerebralparese erfüllen.

2.4 Auswirkung der infantilen Zerebralparese

Erfahrungsgemäß führt eine unbehandelte spastische Bewegungsstörung häufig zu Kontrakturen der betroffenen Extremität [8, 9]. Für Wachstum und Funktion des Muskels ist es aber unbedingt notwendig, daß er regelmäßig durchbewegt wird. Bei Kindern mit Zerebralparesen ist dies schwierig, da der erhöhte Muskeltonus ein Entspannen verhindert und damit die Bewegung des Muskels erschwert bis unmöglich wird. An den Extremitäten verursacht die Spastik eine Kettenreaktion, die von verringertem Bewegungsausmaß der Muskeln über erhöhte Muskelsteifigkeit und fixierte Kontrakturen von Muskeln und Sehnen bis zu Torsionsanomalien der Knochen und Gelenkinstabilität führt [4]. Eine Hauptanwendung von Botulinum Toxin A liegt in der Behandlung der Spastik oder der reversiblen Kontraktur um eine Unterbrechung des Circulus vitiosus zu erreichen. Bei früher Intervention, d.h. vor dem 6. Lebensjahr, ist die Effektivität der Spitzfußtherapie am höchsten [9, 10].

2.5 Therapiemöglichkeiten der spastischen Zerebralparese

Neben der Therapie mit Botulinum Toxin A stehen weitere Möglichkeiten zur Behandlung des spastischen Spitzfußes (auch in Kombination mit Botulinum Toxin A) zur Verfügung:

1. Physiotherapie:

Grundziel jeder Behandlung ist die Förderung vielfältiger Spontanbewegungen, die Kräftigung der Muskulatur, die Vermeidung von Schmerzen und Kontrakturen, die Hemmung pathologischer Bewegungsabläufe und Tonusveränderungen, sowie die Bahnung normaler Stell- und Gleichgewichtsreaktionen. Der Einsatz von Botulinum Toxin A vereinfacht das physiotherapeutische Arbeiten durch eine Reduktion der Spastik. Außerdem kann der Physiotherapeut bei der Beurteilung des Therapieverlaufs hilfreich sein.

2. Orthesen:

Sie unterstützen die Dehnung der Muskeln und ermöglichen eine korrekte Fußpositionierung. Dabei erleichtert oder ermöglicht Botulinum Toxin A (durch Reduktion der Spastik) das Anpassen und Tragen von Orthesen.

3. Orthopädisch- chirurgische Verfahren:

Eine endgültige operative Versorgung des Pes equinus z.B. in Form einer Verlängerungsplastik der Achillessehne wird auch in Zukunft nicht zu ersetzen sein. Jedoch ist mit dem Einsatz von Botulinum Toxin A eine Verzögerung der Operation wahrscheinlich um Jahre möglich, so daß das

Operationsalter der Kinder nur noch in seltenen Fällen unter sieben Jahren liegen muß. Der durch die damit gewonnene Zeit erzielte positive Effekt für den Muskel, sowie für das Kind, lassen auf verbesserte Operationsergebnisse hoffen.

2.6 Definition der Reliabilität und des Kappa- Koeffizienten

Unter Reliabilität bezeichnet man die Genauigkeit einer Messung. Sie ist dann in vollem Umfang gegeben, wenn bei einer Wiederholung der Erhebung unter denselben Bedingungen identische Resultate erzielt werden [2].

Um die Reliabilität zwischen Daten, die von zwei Untersuchern zu der selben Population ermittelt wurden, zu ermitteln, kann man den Kappa-Wert heranziehen. Der Kappa- Wert (κ) errechnet sich aus der Übereinstimmung (p_0) der Untersucher und der ermittelten zufälligen Übereinstimmung (p_c), nach der folgenden Formel [2]:

$$\kappa = (p_0 - p_c) / (1 - p_c)$$

Ich möchte anhand von Item 2 genauer darstellen, wie sich der Kappa-Wert errechnet, siehe dafür auch Tabelle 2 [2]:

P_0 errechnet sich aus der Summe der Hauptdiagonalen (dunkel hinterlegte Felder) dividiert durch die Gesamtsumme. Nach der unten stehenden Tabelle 2 errechnet sich P_0 also folgendermaßen:

$$P_0 = (33 + 19 + 15 + 2) / 76.$$

$$P_0 = 0,91$$

P_c errechnet sich jeweils aus dem Produkt der Gesamtsumme eines Untersuchers zu einem Punktscore mit der Gesamtsumme des zweiten Untersuchers des selben Punktscores, dividiert durch die Gesamtpunktzahl. Dies wird für jeden einzelnen Punktscore errechnet und die Ergebnisse addiert. P_c errechnet sich nun aus den addierten Ergebnissen der einzelnen Punktscores dividiert durch die Gesamtpunktzahl:

$$P_c = (35 \times 33 / 76 + 19 \times 24 / 76 + 20 \times 17 / 76 + 2 \times 2 / 76) / 76$$

$$P_c = 27,72 / 76$$

$$P_c = 0,34$$

Somit kann man nun Kappa nach obiger Formel berechnen:

$$\kappa = (p_0 - p_c) / (1 - p_c)$$

$$\kappa = (0,91 - 0,34) / (1 - 0,34)$$

$$\kappa = 0,86$$

Tabelle 2:

2. Untersucher: Score						
1. Untersucher: Score		0	1	2	3	Summe
	0	33	0	0	0	33
	1	0	19	5	0	24
	2	2	0	15	0	17
	3	0	0	0	2	2
	Summe	35	19	20	2	76

2.7 Definitionen der Bewegungsfolgen

Bei den Definitionen der Items wurden folgende Begriffe verwendet (siehe auch Abbildung 1):

Fuß- Boden- Erstkontakt: Standbild bei erstmaligem Kontakt des Fußes (Ferse, ganzer Fuß oder Vorfuß) mit dem Boden

Gewichtsübernahme: Zeitraum vom Fuß- Boden- Erstkontakt des beobachteten Fußes bis zur Zehenablösung des anderen Fußes (Doppelstand) = Vorbereitung zur Schwungphase des anderen Fußes

Mitte der Standphase: Zeitpunkt, zu dem der andere Fuß am Unterschenkel des Standbeines vorbeizieht

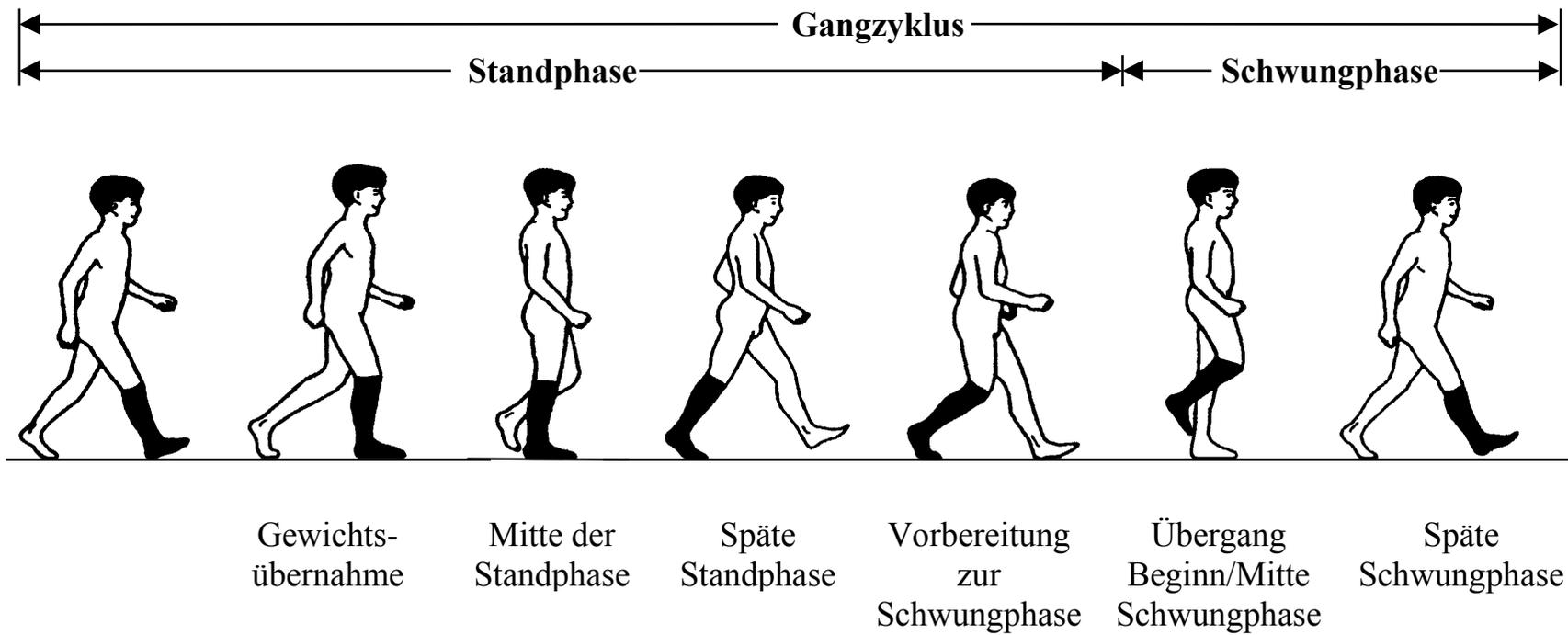
Späte Standphase: Zeit vor dem Fuß- Boden- Erstkontakt des anderen Fußes

Vorbereitung zur Schwungphase: Zeitpunkt vom Fuß- Boden- Erstkontakt des nicht beobachteten Fußes bis zur Zehenablösung des beobachteten Fußes (Doppelstand) = Gewichtsübernahme des anderen Fußes

Übergang Beginn/ Mitte der Schwungphase: Zeitpunkt, zu dem der beobachtete Fuß am Unterschenkel des anderen Beines vorbeiswingt

Späte Schwungphase: Zeitraum von der Vertikalstellung des Unterschenkels bis zum Fuß- Boden- Erstkontakt am beobachteten Bein

Abbildung 1:



Gangzyklus beim gesunden Kind

3 Patienten und Methode

3.1 Patienten

Untersucht wurden dreizehn Patienten, sieben Mädchen und sechs Jungen. Davon hatten sieben eine spastische Hemiparese und sechs eine spastische Diparese. Die Kinder waren zwischen zwei und elf Jahren alt. Die Tabelle 3 gibt einen Überblick.

Tabelle 3:

Kind	Geschlecht	Pareseart
1	weiblich	Diparese
2	weiblich	Hemiparese li.
3	männlich	Diparese
4	weiblich	Hemiparese re.
5	weiblich	Hemiparese li.
6	weiblich	Diparese
7	weiblich	Hemiparese re.
8	weiblich	Hemiparese re.
9	männlich	Hemiparese li.
10	männlich	Hemiparese li.
11	männlich	Diparese
12	männlich	Diparese
13	männlich	Diparese

Voraussetzung war, daß die Kinder entweder frei oder an einer bzw. zwei Händen geführt gehen konnten, da das Untersuchungsverfahren verschiedene Parameter während des Gehens beurteilt.

3.2 Methode

Primär wurde das Funktionsdefizit definiert und die Therapieziele benannt. Die Kinder wurden ein- oder mehrmals mit Botulinum Toxin A behandelt. Indikation zur Injektion von Botulinum Toxin A ist das Vorhandensein einer reversiblen Kontraktur mit Funktionsstörung ohne Vorliegen einer fixierten myostatischen Kontraktur [4]. Botulinum Toxin A sollte nur dann zur Behandlung der Spastik bei Zerebralparesen verwendet werden, wenn die Parese zu einer Funktionsstörung führt [4].

Vor und nach jeder Behandlung wurden Videoaufnahmen gemacht. Dabei wurde eine handelsübliche Videokamera sowie ein Wiedergabegerät, das über eine Standbild- und Zeitlupenfunktion verfügt (25 Standbilder in der Sekunde) verwendet. Bei Kindern mit Diparesen wurden beide Beine mit Botulinum Toxin A behandelt und dann getrennt beurteilt. Bei Kindern mit Hemiparesen wurde nur das kranke Bein behandelt und bewertet. So ergaben sich insgesamt 76 einzelne Sequenzen. Dabei entfielen 34 davon auf Kinder mit Hemiparesen.

Der Untersuchungsraum ist 10 m x 5 m groß. Die Kinder hatten Zeit, sich an die fremde Umgebung sowie an die Untersuchungssituation zu gewöhnen, bevor die Videoaufnahmen gemacht wurden. Bei der Aufnahme wurde die Kamera in einer Höhe von ca. einem Meter über dem Boden gehalten. Das Kind wurde aufgefordert zweimal entlang der Längsseite des Raumes hin und her zu gehen. Dabei wurde das Kind von der Seite aufgenommen (Sagittalebene). Nach diesen zwei Zyklen sollten die Patienten so schnell wie möglich gehen oder rennen, während

aufgezeichnet wurde. Um eine Aufnahme der Koronarebene zu bekommen, wurde vom Kopfende des Raumes das Kind einmal von vorne und einmal von hinten während des normalen Gehens aufgenommen. Mit Kleinkindern wurden Spiele gemacht, die eine Fortbewegung erforderten und dabei die Kamera in die entsprechenden Positionen gebracht. Zum Teil wurden Aufnahmen während spontaner Bewegungsspiele gemacht.

Da einige Kinder ihr Gangbild stark variieren können, sollte man darauf achten, daß sie ihr gewohntes Gehverhalten zeigen. Unter Umständen muß die Untersuchung in ein Spiel integriert werden, damit die Kinder abgelenkt sind und sich nicht darauf konzentrieren, möglichst „schön“ zu gehen.

Bei der Aufnahme mit der Videokamera sollte man darauf achten, daß sich die Bewegungsebene der Gelenke möglichst parallel zur Aufnahmeebene befindet. Ansonsten besteht die Gefahr, daß bei Abweichungen in der Transversalebene (z.B. Innenrotation in der Hüfte) falsche Winkel gemessen werden [15].

Die Auswertung am Videorecorder dauerte ca. 20- 30 Minuten. Die einzelnen Sequenzen wurden bei normaler Bandgeschwindigkeit sowie in Zeitlupenfunktion beurteilt. Außerdem wurden Standbilder der einzelnen Phasen des Gangzyklus bewertet. Das VHS- System liefert 25 Standbilder in der Sekunde. Bei einer durchschnittlichen Dauer des Gangzyklus von 0,6 – 0,9 sek. ergeben sich 15- 22 Standbilder pro Gangzyklus [35]. Damit ist es möglich, alle Phasen des Gangzyklus abzubilden. Für jede Videosequenz wurden mehrere Gangzyklen auf diese Weise untersucht. Bei Item 5 wurden Gelenkwinkel durch Anlegen

eines Goniometers an den Bildschirm bestimmt. Dabei wurde die Neutral- 0- Methode zugrunde gelegt. Hier ist wieder darauf zu achten, daß man eine Sequenz sucht, in der die Aufnahme- und Bewegungsebene möglichst parallel verlaufen (s.o.).

Zur Auswertung wurde zunächst der von Koman et al. [23] veröffentlichte Score zur Gangfunktion benutzt. Er beurteilte darin die Kniestreckung, die Spitzfußstellung, die Rückfußposition, das Genu recurvatum sowie die Ganggeschwindigkeit. Die Reliabilität erschien jedoch nicht zufriedenstellend (Werte zwischen 0,13 und 0,55). Außerdem ergaben sich durch die Verwendung von Standbildern und Zeitlupe mehr Details. Es wurden deshalb einige Items von Koman et al. [23] übernommen (Item 3, Item 4, Item 5, Item 13, Item 16 des Beurteilungsbogen, siehe Tabelle 4), modifiziert und präziser definiert, um die Reliabilität zu verbessern. Außerdem wurden sie durch eigene Items ergänzt (Item 1, Item 2, Item 6, Item 7, Item 8, Item 9, Item 10, Item 11, Item 12, Item 14, Item 15 des Beurteilungsbogen, siehe Tabelle 4). Bei der Ausarbeitung der Items wurden Daten von Sutherland [35] über das normale Gangbild bei Kindern und von Gage [15] über die Ganganalyse bei Kindern mit Zerebralparese übernommen. Die verschiedenen Ausprägungen der Items wurden so definiert, daß in jedem Fall eine eindeutige Zuordnung möglich war, d.h. es mußte ausgeschlossen sein, daß in einem konkreten Fall zwei verschiedene Itemausprägungen zutreffen könnten. Um die Dokumentation zu erleichtern, wurden den Itemausprägungen Zahlenwerte zugeordnet. Die Itemausprägungen wurden von stark beeinträchtigt, zunehmend besserer, bis hin zu normaler Funktion geordnet. Dabei entsprachen

niedrige Zahlenwerte einer schlechteren Funktion, der höchste Zahlenwert der normalen Funktion. So wurde ein Beurteilungsbogen erstellt, der in 16 Items untergliedert war.

Während einer „Trainingsphase“ wurden von zwei Untersuchern zunächst gemeinsam einige Videosequenzen angesehen um die Definitionen auf ihre Praktikabilität zu überprüfen und dann gemeinsam zu beurteilen. Diese wurden später nicht zur Untersuchung der Reliabilität verwendet. Danach wurden die insgesamt 76 Sequenzen von den gleichen zwei Untersuchern unabhängig voneinander ausgewertet. Für jedes Item wurde dann die Reliabilität ermittelt, die in Kappa-Werten ausgedrückt wurde [6]. Der Kappa-Koeffizient überprüft die Übereinstimmung zweier oder mehrerer Beobachter. Bei einem Kappa-Wert von „0“ sind alle Übereinstimmungen durch Zufall zu erklären. Kappa-Werte über „0“ sprechen für eine überzufällige Übereinstimmung. Bei einem Kappa-Wert von „1“ besteht vollständige Übereinstimmung.

4 Ergebnisse

4.1 Darstellung des Beurteilungsbogens und der Reliabilitäten

In Tabelle 4 sind 16 Items mit den verschiedenen Ausprägungen und den ermittelten Kappa- Werten dargestellt.

Tabelle 4:

Item-Nr.	Items und Itemausprägungen	Kappa-Wert
1	Gehen:	1
	Gehen an zwei Händen	0
	Gehen an einer Hand	1
	Freies Gehen	2
2	Gewichtsübernahme und Mitte der Standphase: Überwiegende Fußposition	0,86
	Fuß- Boden- Erstkontakt mit Vorfuß, kein oder sehr kurzer Fersenkontakt mit Abheben der Ferse noch während der Gewichtsübernahme.	0
	Fuß- Boden- Erstkontakt mit Vorfuß oder ganzem Fuß; Fersenkontakt erfolgt bei oder kurz nach Fuß- Boden- Erstkontakt und bleibt während der Gewichtsübernahme erhalten; in der Mitte der Standphase Ferse abgehoben.	1
	Fuß- Boden- Erstkontakt mit Vorfuß oder ganzem Fuß; Fersenkontakt erfolgt bei oder kurz nach Fuß- Boden- Erstkontakt und bleibt während der Gewichtsübernahme und der Mitte der Standphase erhalten; kein Abrollen über die Ferse.	2
	Abrollen über die Ferse	3

Weiter Tabelle 4:

Item-Nr.	Items und Itemausprägungen	Kappa-Wert
3	Gewichtsübernahme: mindestens kurzzeitiger Fersenkontakt	0,84
	Nie	0
	Teilweise	1
	Immer	2
4	Standphase: Genu recurvatum	1
	Immer	0
	Teilweise	1
	Nie	2
5	Standphase: Maximale Kniestreckung	0,89
	Mehr als 40° vor der vollen Streckung („schwerer crouch gait“)	0
	20° - 40° vor der vollen Streckung („crouch gait“)	1
	Weniger als 20° vor der vollen Streckung (= normale Kniestreckung)	2
	Genauen Winkel angeben	
6	Späte Standphase: Bewegung der Ferse	0,78
	Ferse hebt nicht ab vor der Vorbereitung zur Schwungphase oder ist bereits seit Mitte der Standphase abgehoben.	0
	Ferse hebt ab, vor oder spätestens bei Fuß-Boden- Erstkontakt des anderen Fußes nachdem in der Mitte der Standphase Fersenkontakt bestand.	1
7	Standphase: Fußbeweglichkeit und Dorsalextension im Sprunggelenk	0,64
	Keine Beweglichkeit, Sprunggelenk fixiert	0
	Sprunggelenk beweglich, keine Dorsalextension im oberen Sprunggelenk (OSG) über 0°	1
	Dorsalextension im OSG über 0°	2

Weiter Tabelle 4:

Item-Nr.	Items und Itemausprägungen	Kappa-Wert
8	Vorbereitung zur Schwungphase: Plantarflexion im Sprunggelenk	0,75
	Keine Dorsalextension in der Standphase.	0
	Keine Plantarflexion am Ende der Standphase.	0
	Plantarflexion (nach vorheriger Dorsalextension)	1
9	Übergang Beginn/ Mitte der Schwungphase: Footclearance	0,76
	Fuß schleift am Boden oder es treten Kompensationsmanöver auf: maximale Kniebeugung in der Schwungphase um 90° oder mehr (OK), Zirkumduktion (OZ); Spitzfuß am anderen Fuß (OF) in der Mitte der Standphase (bei Hemiparese), Beckenkipfung (OB) in der Coronarebene (bei Hemiparese)	0
	Fuß löst sich vom Boden, keine Kompensationsmanöver	1
10	Übergang Beginn/ Mitte der Schwungphase: Spitzfuß	0,97
	Plantarflexion >10°	0
	Plantarflexion 0°-10°	1
11	Späte Schwungphase: Dorsalextension im Sprunggelenk	0,69
	Plantarflexion	0
	Mindestens 0°-Position oder leichte Dorsalextension	1
12	Späte Schwungphase (letztes Standbild vor Fußkontakt): Kniebeugung	0,97
	Kniebeugung > 30°	0
	Kniebeugung < 30°	1
	Genauen Winkel angeben	

Weiter Tabelle 4:

Item-Nr.	Items und Itemausprägungen	Kappa-Wert
13	Standphase: Rückfußposition	1
	Varus	0
	Valgus	1
	Neutral	2
14	Schrittlänge (nur bei Hemiparesen)	1
	Beidseitig unterschiedlich	0
	Beidseitig gleich	1
15	Einzelstandzeit (nur bei Hemiparesen)	0,87
	Beidseits unterschiedlich	0
	Beidseits gleich	1
16	Ganggeschwindigkeit	1
	Nur langsam	0
	Variabel (langsam und schnell bzw. auch rennen)	1

4.2 Beschreibung der Items

Ob das Kind frei, an einer oder zwei Händen geführt geht, wird mit Item 1 dokumentiert.

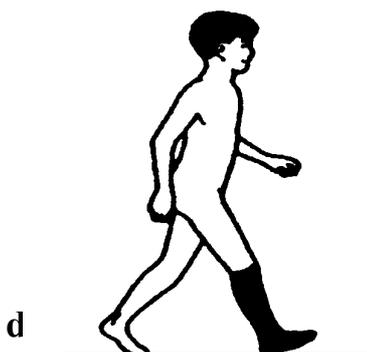
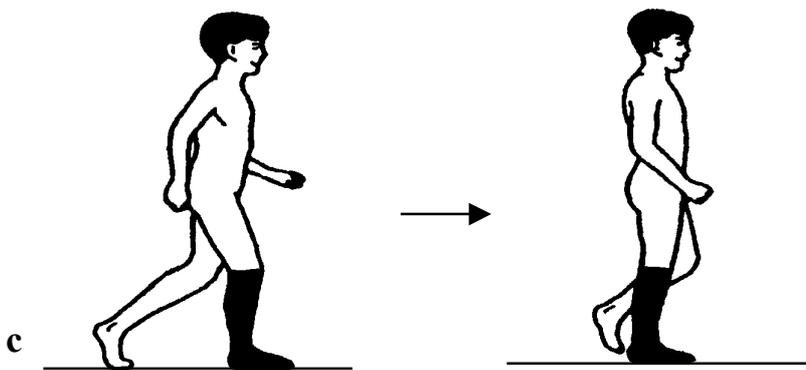
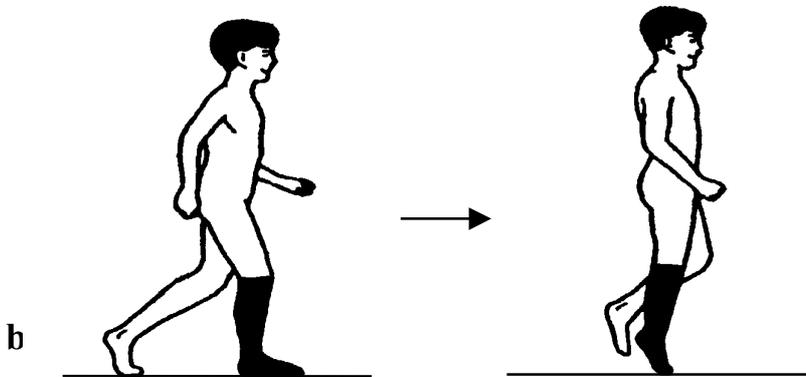
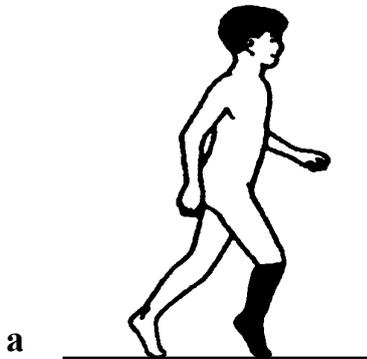
Nach Gage [16] ist die wichtigste Teilfunktion beim Gehen die Stabilität in der Standphase. Item 2 und 3 beurteilt die Fußpositionen in der Standphase:

Item 2 beschreibt die überwiegende Fußposition während der Gewichtsübernahme und der Mitte der Standphase. Mit abnehmender Spastik des M. triceps surae verbessert sich die Funktion des Spitzfußes über das flache Aufsetzen des Fußes bis zum Abrollen über die Ferse, dabei nimmt die Schrittlänge zu (Abbildung 2). Bei der Bewertung werden somit zunehmend höhere Zahlenwerte erreicht. Ideal ist es, wenn der Fuß über die Ferse abrollt (Zahlenwert 3). Wird dies nicht erreicht, so ist ein Fersenkontakt des Standbeins über die Mitte der Standphase hinaus positiv zu bewerten, denn dabei steigt die Gangstabilität (Zahlenwert 2). Ein Fersenkontakt bei oder kurz nach dem Fuß- Boden-Erstkontakt und während der Gewichtübernahme, jedoch schon in der Mitte der Standphase abgehobene Ferse, erreicht den Zahlenwert 1. Einen in der Punkteskala schlechter zu bewertender Zustand wäre eine Ferse, die schon während der Gewichtsübernahme abgehoben ist (Zahlenwert 0).

Abbildung 2 (Item 2):

Beginn und Mitte der Standphase

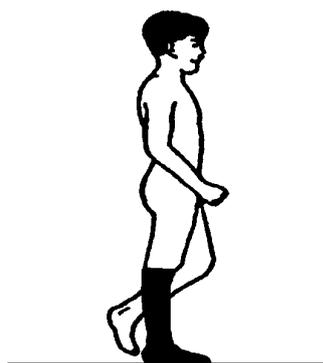
- a. kein Fersenkontakt rechts
- b. Fersenkontakt rechts zu Beginn der Standphase, in der Mitte der Standphase Ferse vorzeitig abgehoben
- c. Fersenkontakt rechts bis zur Mitte der Standphase
- d. Abrollen über die rechte Ferse



Ob es zu Beginn der Standphase zu einem kurzzeitigen Fersenkontakt kommt, wird von Item 3 beschrieben. Es wurde beurteilt, ob in verschiedenen Gangzyklen dies nie, teilweise oder immer möglich war.

Item 4 beschreibt das Genu recurvatum, das häufig mit einem spastischen Spitzfuß assoziiert ist (Abbildung 3). Funktionsstörungen des M. triceps surae können auch zu Veränderungen der Kniegelenksmechanik führen [36]. Bei einer Spastik des M. triceps surae (vor allem des M. soleus) kommt es zu einem langsameren Fortbewegen der Tibia in der Mitte der Standphase. Dies führt dazu, daß der Oberschenkel sich im Verhältnis zum Unterschenkel weiter nach vorne bewegt. Es kommt zu einem Überstrecken im Kniegelenk (= Genu recurvatum). Dadurch verkürzt sich die Schrittlänge [36]. Nach Gage ist eine ausreichende Schrittlänge ein wichtiges Merkmal des normalen Gangs [16].

Abbildung 3 (Item 4):

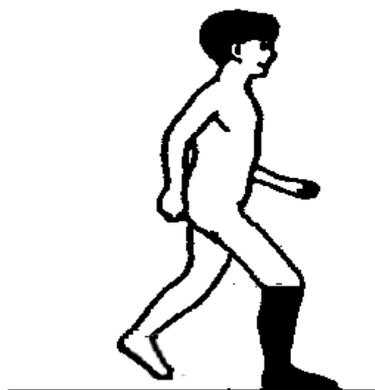


Standphase

Genu recurvatum rechts

Die maximale Kniestreckung in der Standphase beschreibt Item 5. Zusätzlich sollte hier auch der genaue Winkel angegeben werden (Goniometer), um auch eine minimale Veränderung erkennen und dokumentieren zu können. Eine vermehrte Kniebeugung in der Standphase wird als „crouch gait“ bzw. Kauergang bezeichnet und ist funktionell ungünstig [15, 34]. Er kommt zustande, wenn der geschwächte M. triceps surae (vor allem der M. soleus) das Fortbewegen der Tibia in der Mitte der Standphase nicht hemmen kann, was zu einer beschleunigten Fortbewegung des Unterschenkel im Verhältnis zum Oberschenkel führt. Dadurch muß im Kniegelenk vermehrt gebeugt werden (Abbildung 4). Bei zu ausgeprägter Schwächung des M. triceps surae nach Behandlung mit Botulinum Toxin A wäre somit eine vermehrte Kniebeugung zu erwarten.

Abbildung 4 (Item5):

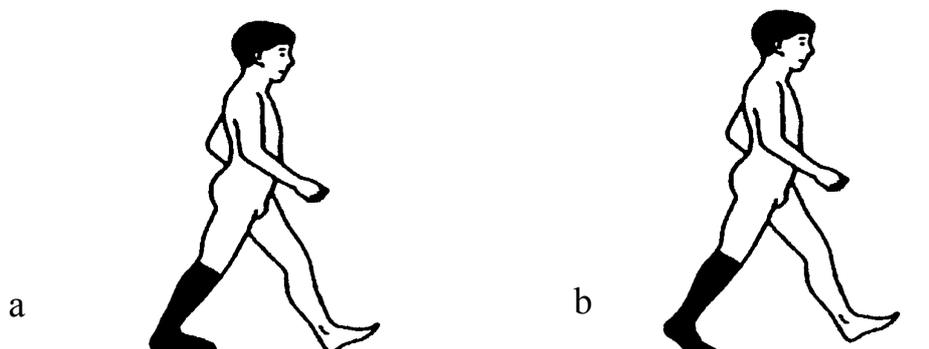


Standphase

Maximale Kniestreckung („crouch gait“)

Ein Maß für die erhaltene Kraft nach Schwächung des M. gastrocnemius durch Botulinum Toxin A soll Item 6 sein. Fehlendes Abheben der Ferse am Ende der Standphase spricht für einen zu schwachen Muskel und wird mit „0“ bewertet. Wenn die Ferse wegen des noch zu hohen Muskeltonus seit Mitte der Standphase abgehoben ist, kann man daraus nichts über die aktive Kraft ableiten und bewertet dies ebenfalls mit „0“. Das Abheben der Ferse nach der Mitte der Standphase und vor dem Fuß-Boden- Erstkontakt des anderen Fußes ist nur möglich, wenn der Muskel ausreichend Kraft hat; in diesem Fall wird die Funktion mit „1“ bewertet (Abbildung 5).

Abbildung 5 (Item 6):

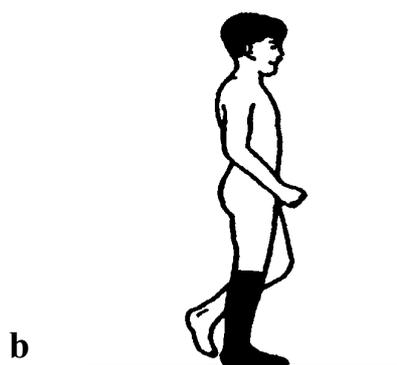
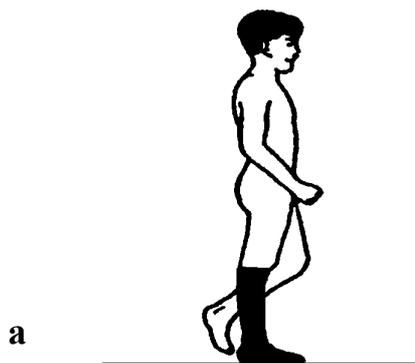


Späte Standphase

- a. schwacher M. gastrocnemius rechts: kein Abheben der rechten Ferse vor Fuß- Boden- Kontakt links
- b. Abheben der rechten Ferse vor Fuß- Boden- Kontakt links

Im normalen Gangzyklus kommt es während der Standphase zur Dorsalextension und bei der Vorbereitung zur Schwungphase zur Plantarflexion im oberen Sprunggelenk (Abbildung 6). Verantwortlich für die Plantarflexion in der Vorbereitung der Schwungphase ist der M. gastrocnemius. Ein durch die Therapie zu stark geschwächter Muskel kann der Kraft zur Plantarflexion nicht aufbringen. Eine fehlende Plantarflexion in dieser Phase verkürzt die Schrittlänge. Dies wird mit den Items 7 und 8 überprüft.

Abbildung 6 (Item 7):

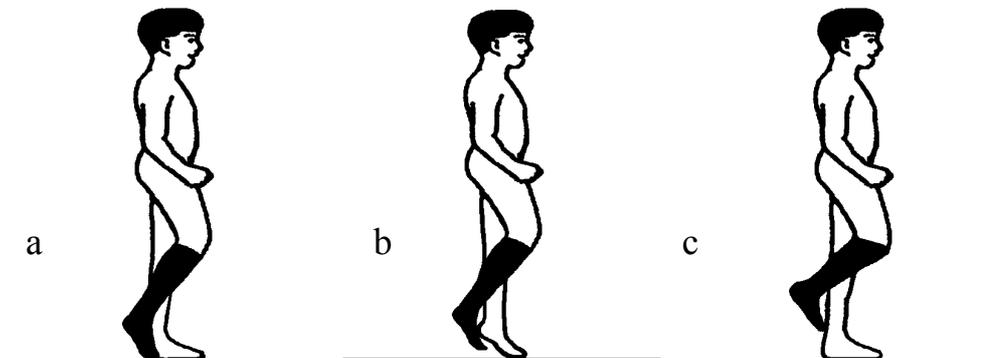


Standphase

- a. Keine Dorsalflexion im rechten oberen Sprunggelenk
- b. Leichte Dorsalflexion im rechten oberen Sprunggelenk

Mit den Items 9 bis 11 wird der Spitzfuß in der Schwungphase bewertet (Abbildung 7). Um die Spastik während des Gehens auszugleichen, führen die Kinder häufig Kompensationsmanöver (vermehrte Kniebeugung, Zirkumduktion, Spitzfuß am anderen Fuß, Beckenkipfung) aus. In diesem Fall erhalten sie den Zahlenwert „0“, mit Ergänzung des jeweiligen Mechanismus (Item 9) (zur Dokumentation und Verlaufskontrolle).

Abbildung 7 (Item 9 und 10):

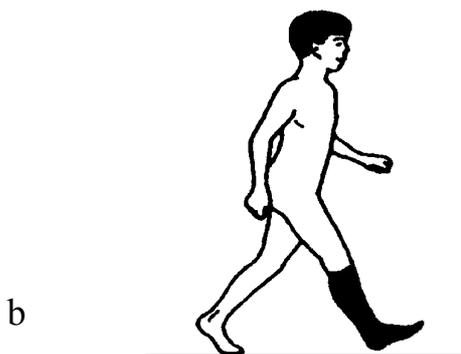
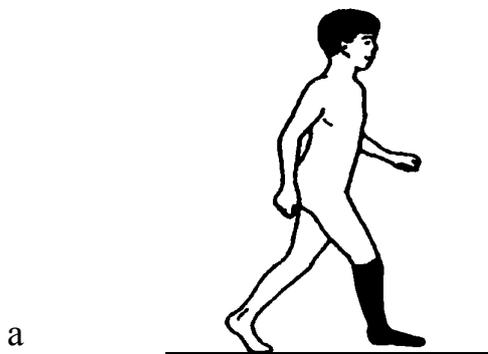


Übergang Beginn/ Mitte der Schwungphase

- a. rechter Fuß schleift am Boden (Item 9), Plantarflexion im rechten oberen Sprunggelenk über 10° (Item 10)
- b. Kompensationsmanöver mit Plantarflexion links (Item 9), Plantarflexion im rechten oberen Sprunggelenk über 10° (Item 10)
- c. rechter Fuß löst sich vom Boden, keine Kompensationsmanöver (Item 9), rechtes oberes Sprunggelenk in 0° -Stellung (Item 10)

Bei Item 11 sollten die letzten Standbilder der Schwungphase bewertet werden. Häufig kommt es dann beim spastischen Spitzfuß zu einer Plantarflexion im oberen Sprunggelenk, die funktionell ungünstig ist, da sie das Abrollen über die Ferse verhindert. In diesem Fall wird Item 11 mit „0“ bewertet (Abbildung 8).

Abbildung 8 (Item 11):



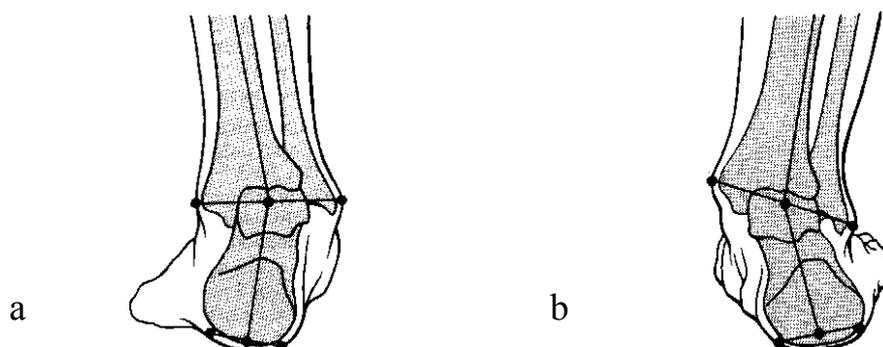
Späte Schwungphase

- a. Plantarflexion im rechten oberen Sprunggelenk
- b. 0°-Stellung im rechten oberen Sprunggelenk

Item 12 beschreibt die Kniebeugung am Ende der Schwungphase. Es wurde eingeführt, um einen vorgetäuschten Spitzfuß bei vermehrter Kniebeugung nicht zu übersehen. Bei vermehrter Kniebeugung kann es vorkommen, daß der Fuß mit dem Vorfuß aufgesetzt wird, obwohl der Fuß im oberen Sprunggelenk nicht plantarflektiert ist.

Die Rückfußposition in der Coronarebene wurde mit Item 13 beurteilt. Eine Darstellung des Pes varus und -valgus zeigt Abbildung 9:

Abbildung 9 (Item 13):



Rückfußposition, rechts:

- a. Pes varus
- b. Pes valgus

Bei Kindern mit Hemiparesen wurde die Schrittlänge des betroffenen Beines mit der des gesunden verglichen (Item 14). Diese ist auf der paretischen Seite häufig verkürzt. Gleiches gilt auch für Item 15 zur

Überprüfung der Einzelstandzeit, auch diese ist auf der paretische Seite häufig verkürzt.

Bei einigen Kindern waren Variationen der Fußfunktion über mehrere Gangzyklen an einem Untersuchungstag zu beobachten. In diesem Fall wurde die überwiegende Fußfunktion bewertet.

4.3 Bewertung der Videosequenzen anhand des Beurteilungsbogen

In Tabelle 5 im Anhang sind die Zahlenwerte der beiden Untersucher zu jedem Kind einzeln dargestellt.

4.4 Ermittlung der Reliabilitäten anhand der Kappa- Werte

Dem ermittelten Zahlenwert eines Items des 1. Untersuchers wurde der Zahlenwert des 2. Untersuchers gegenübergestellt. So ergaben sich für Item 1-13, sowie Item 16, insgesamt 76 Werte (entsprechend der Anzahl der Videosequenzen). Für Item 14 und Item 15, die nur bei hemiparetischen Kindern angewandt wurden, wurden insgesamt 34 Werte ermittelt (ebenfalls entsprechend der Videosequenzen). Die Kappa- Werte für die einzelnen Items lagen zwischen 0,64 und 1.

Eine Darstellung der Zahlenwerte ist in Tabelle 6 im Anhang zu finden. Die Berechnung des Kappa- Wertes erfolgte nach der in Kapitel 2 beschriebenen Formel.

5 Diskussion

Die objektive Beurteilung von Bewegungsparametern ist bei der Therapieevaluation von Zerebralpareesen von sehr großer Bedeutung.

Der normale Gang ist eine komplexe, zyklische Bewegung. Ein Gangzyklus ist definiert vom initialen Bodenkontakt eines Beines bis zum nächsten initialen Bodenkontakt desselben Beines. Der Gangzyklus läßt sich grob in Stand- und Schwungphase einteilen. Perry [31] unterteilt diese noch in weitere Phasen, dies ermöglicht eine genauere Identifikation der Bewegungen in den einzelnen Gelenken.

Die visuelle Ganganalyse ist das Beobachten des Ganges einer Person. Diese Form erlaubt eine qualitative Beschreibung der Fortbewegung, durch Beobachtung von Stabilität und Gleichgewicht, Ganggeschwindigkeit und Kontrolle, Symmetrie und Bewegungen der oberen und unteren Extremität, des Rumpfes, sowie der Plazierung des Fußes. Durch den Einsatz der Videoanalyse kann die visuelle Ganganalyse enorm verbessert werden [24].

Die Vorteile sind:

1. Wiederholte Betrachtung des Ganges.
2. Die Stoppfunktion und die Zeitlupe ermöglichen den Vergleich mehrerer Gelenke während einer bestimmten Phase des Gangzyklus.

Die Nachteile der Videoanalyse sind:

1. Bewegungen, die gleichzeitig in mehreren Ebenen stattfinden werden nicht erkannt [24].

2. Die fehlende objektive Bestimmung von Gelenkwinkel. Generell ist sie möglich, jedoch ist die zweidimensionale Messung einer dreidimensionalen Aktivität mit Fehlern behaftet [24]

Aufgabe der Arbeit war neben der Entwicklung eines Beurteilungsbogens auch die Überprüfung der Reliabilität anhand des Kappa- Wertes. Für die Items des hier beschriebenen Beurteilungsbogens lagen die Kappa- Werte zwischen 0,64 und 1. Dies entspricht einer guten bis sehr guten Übereinstimmung [26]. Um die Aussagekraft des Beurteilungsbogens zu bewerten, wurden die ermittelten Kappa- Werte und die Beurteilungskriterien mit denen anderer Untersuchungsverfahren, die ebenfalls die visuelle, videogestützte Ganganalyse benutzten, verglichen. Dazu zählt die von Koman et al. [23] entwickelte „Physician rating scale for gait“, sowie die „Observation gait analysis“, die von Krebs et al. [25] auf ihre Reliabilität überprüft wurde, als auch die von Eastlack et al. [13] beschriebenen Auswertungsbedingungen.

Im folgenden wird näher auf die einzelnen Untersuchungen eingegangen:

5.1 „Physician rating scale for gait“ im Vergleich zum Beurteilungsbogen

Die von Koman et al. entwickelte „Physician rating scale for gait“ [23] wurde von Corry et al. auf ihre Reliabilität untersucht. Sie ermittelten dabei Kappa- Werte, die zwischen 0,13 und 0,55 lagen [7]. Dies entspricht einer geringen bis mäßig gut ausgeprägten Reliabilität [26]. Von Koman et al. übernommen wurde der Punkt „crouch“. Er unterteilte

die Winkel in „größer 20°, zwischen 5° und 20° und kleiner 5°“. Im Beurteilungsbogen sind die Winkel in „größer 40°, zwischen 20° und 40° und kleiner 20°“ unterteilt. Grundlage waren Daten von Sutherland [35], über das normale Gangbild bei Kindern und von Gage [15], über die Ganganalyse bei Kindern mit Zerebralparese. Außerdem sollte die präzise Ermittlung der Winkel am Bildschirm mit Hilfe eines Geniometers ermöglicht werden, was sich bei kleinen Winkeln (5°) als schwierig herausstellte. Den Punkt „equinus foot“ wurde modifiziert übernommen und die Unterteilung „constant (fixed contracture), constant (dynamic contracture), occasional heel contact“ und „heel-to-toe gait“ wurde in genauere Beschreibungen über das Verhalten des Vorfußes bzw. der Ferse während der Gewichtsübernahme und der Mitte der Standphase verändert (Item 2). So ist die Bewertung des Fußes in dieser Phase des Gangzyklus einfacher zu treffen, in dem man mit Hilfe der Zeitlupenfunktion die Vorfuß- bzw. Fersenposition beurteilt. Den Item „hind foot“, mit der Beschreibung der Rückfußposition (Pes varus, Pes valgus) wurde nur durch Weglassen des Unterpunktes „occasionally neutral at foot strike“ übernommen. Koman et al. beschreibt als nächsten Punkt das Genu recurvatum, untergliedert in Winkelangaben von „größer 5°, zwischen 0° und 5° und neutral“. Item 4 des Beurteilungsbogen meidet die Unterteilung in Winkel und beschränkt sich auf die Aussagen, ob ein Genu recurvatum „immer, teilweise oder nie“ vorhanden ist. Die beiden letzten Punkte der „Physican Rating Scale“, über die Ganggeschwindigkeit und den Fersenkontakt wurden in Item 16 und Item 3 übernommen.

Neben der Modifikation der von Koman et al. vorgelegten Beurteilungspunkte, kamen noch weitere Items hinzu. Durch die Unterteilung des Gangzyklus in kleinere Phasen war es möglich die

Bewegungsfolgen genauer zu differenzieren und diese durch wiederholte Wiedergabe, zum Teil in Zeitlupenfunktion, zu beurteilen. So wurde eine genauere Beurteilung der Standphase des Gangzyklus in den Beurteilungsbogen integriert. Mit Item 6, der den Fersenkontakt in der Mitte der Standphase und Item 7, der die Beweglichkeit des Sprunggelenks und die Möglichkeit der Dorsalextension in der Standphase beschreibt, wurden Kriterien aus dem „normalen Gang“ in den Beurteilungsbogen eingebracht [15, 35]. Dazu zählen auch die Kriterien die Item 8, Item 10, Item 11 und Item 12 beschreiben.

5.2 „Observation gait analysis (OGA)“ im Vergleich zum Beurteilungsbogen

Krebs et al. beurteilten 15 Patienten in einer „observation gait analysis“ (OGA) [25]. Dabei untersuchten sie die Knie- und Hüftbeugung bzw. die Knie- und Hüftstreckung, Genu varum bzw. valgum, die Adduktion und Abduktion, die Innen- und Außenrotation in der Hüfte, sowie Pes varus bzw. valgus. Jeder Parameter wurde entweder als normal, leicht abnormal oder deutlich abnormal bewertet. Diese Abweichungen wurden allerdings nicht genau definiert. Ermittelt wurde die Übereinstimmung von drei Beobachtern. Dabei wurden die Videosequenzen bis zu fünf mal abgespielt. Im Gegensatz zu dem vorgestellten Verfahren wurde nicht mit Zeitlupen- und Standbildfunktion gearbeitet. Die Kappa- Werte lagen zwischen 0,5 und 0,88.

5.3 Einfache Ganganalyse durch Eastlack im Vergleich zum Beurteilungsbogen

Eastlack et al. [13] verbesserten die Auswertungsbedingungen der videogestützten Ganganalyse indem sie mit Zeitlupe und Standbildern arbeiteten. Sie bewerteten die Kniebeugung in verschiedenen Phasen des Gangzyklus (Fuß- Boden- Erstkontakt, Mitte der Standphase, Fersen- und Zehenablösung) und das Genu valgum entweder als normal, vermindert oder vermehrt (ohne dies genau zu definieren). Außerdem wurde die Schrittlänge, die Standzeit und die Kadenz als vermindert, normal und vergrößert beurteilt. Dabei wurden Kappa- Werte von 0,11 bis 0,52 erreicht, was eine geringe bis mäßige Reliabilität bedeutet. Die schlechteren Reliabilitätsergebnisse im Vergleich zu dem hier beschriebenen Verfahren sind wahrscheinlich durch die ungenaueren Definitionen der Items zu erklären. Weder Krebs et al., noch Eastlack et al. gaben Normalwerte z.B. für die Kniebeugung oder die anderen Parameter an, so daß eine Einteilung in normale und abweichende Funktionen schwierig war.

5.4 Weitere Beurteilungsmöglichkeiten

Neben der Möglichkeit die Spastik anhand der oben beschriebenen Verfahren zu beurteilen und zu dokumentieren, gibt es weitere Verfahren. Ergänzend wird kurz auf sie eingegangen:

5.4.1 Die modifizierte Ashworth- Scala

Dabei wird der Tonus eines bestimmten Muskels, im Fall eines spastischen Spitzfuß der M. triceps surae, beim Durchbewegen geprüft (Widerstand gegen passive Bewegung). Ein Wert von „0“ entspricht einem normalen (nicht erhöhten) Tonus und ein Wert von „4“ einem maximal erhöhten Tonus bei fehlender passiver Beweglichkeit. Tabelle 7 zeigt die Definition der modifizierten Ashworth- Scala:

Tabelle 7:

Bewertung	Ausprägung
0	Keine Zunahme des Muskeltonus.
1	Leichte Zunahme des Muskeltonus, der sich in Muskelanspannung und Entspannung oder durch minimalen Widerstand am Ende des Bewegungsausmaßes äußert, wenn das betroffene Körperteil/ die betroffenen Körperteile gebeugt oder gestreckt werden.
1+	Leichte Zunahme des Muskeltonus, äußert sich in Muskelanspannung, gefolgt von minimalen Widerstand während des verbleibenden (weniger als die Hälfte) Bewegungsausmaßes (Taschenmesserphänomen).
2	Mäßige Erhöhung des Muskeltonus während des Bewegungsablauf, die betroffenen Teile lassen sich aber leicht bewegen.
3	Ausgeprägte Erhöhung des Muskeltonus, passive Bewegung ist schwierig.
4	Das betroffene Körperteil/ die betroffenen Körperteile sind steif gebeugt oder gestreckt. Keine passive Beweglichkeit.

Ziel der Behandlung mit Botulinum Toxin A ist die Verbesserung der Gelenkbeweglichkeit während der Bewegung. Dies erfaßt das hier

vorgestellte Untersuchungsverfahren. Die Ashworth-Scala beurteilt den Muskeltonus in Ruhe. Dies kann wichtig sein, um z.B. zur Schwierigkeiten beim Anpassen von Orthesen abschätzen zu können, weniger jedoch für die Beurteilung der Gelenkfunktion während der Bewegung.

5.4.2 Vor- und Nachteile einer Leuchtpunkt-Ganganalyse

Die dreidimensionale computergestützte Ganganalyse als direktes Meßverfahren erlaubt eine sehr differenzierte und exakte Funktionsuntersuchung einzelner oder mehrerer Gelenke [15, 30, 37]. Leider ist diese Untersuchung bei vielen Patienten nicht möglich, da sie nur an wenigen Orten zur Verfügung steht. Somit können nur wenige Patienten mit diesem Verfahren beurteilt und dokumentiert werden, obwohl die Behandlung mit Botulinum Toxin A inzwischen weit verbreitet ist. Außerdem stößt die dreidimensionale computergestützte Ganganalyse bei Kindern unter ca. vier Jahren auf technische Schwierigkeiten bzw. wird durch die mangelnde Kooperation der Kinder erschwert. Gerade aber in dieser Altersgruppe führt die Therapie des Spitzfußes zu den besten Ergebnissen [9, 10].

Die direkten Meßverfahren bieten eine höhere Meßgenauigkeit, als die indirekten (z.B. Ashworth Scala). Sie erfordern aber auch eine höhere Aufmerksamkeit während der Versuchsdurchführung, da bereits in dieser Phase die eigentliche Messung durchgeführt wird und diese im Nachhinein nicht überprüft werden kann. Auch ist eine Beeinflussung der

Versuchsperson nicht auszuschließen, sobald Hilfsmittel oder Meßgeräte an ihr befestigt werden.

5.4.3 Gross motor function measure (GMFM) im Vergleich zum Beurteilungsbogen

Die bei der Beurteilung von Therapieeffekten zunehmend verwendete Gross motor function measure (GMFM) [33], überprüft mehr die globale Bewegungsfunktion. Dieses standardisierte und validierte Verfahren dient der quantitativen Bestimmung großmotorischer Fähigkeiten des Kindes mit spastischen Bewegungsstörungen. Es wurde entwickelt um den motorischen Bewegungsstatus und dessen Grad der Veränderung über die Zeit, oder als Ergebnis einer Therapie bei Kindern mit Zerebralparese, zu beschreiben [11].

Der Test beurteilt:

1. Liegen und Rollen;
2. Sitzen;
3. Krabbeln und Knien;
4. Stehen;
5. Gehen, Rennen, Hüpfen.

Einen Zusammenhang zwischen einer dreidimensionalen Ganganalyse und der großmotorischen Funktion bei 32 Kindern mit Zerebralparese versuchte Damiano et al. [11] zu untersuchen. Von den Gangparametern

korrelierte die Kadenz und die geregelte Geschwindigkeit am stärksten mit dem GMFM Ergebnis. Nach einer weiteren Analyse blieb nur noch die Kadenz als signifikanter Parameter für den GMFM. Zeit- und Entfernungsparameter, Hüft- und Knieexkursion in der sagittalen Ebene der dreidimensionalen Ganganalyse und GMFM Werte entfernten sich mit einer zunehmenden Funktionsverschlechterung von den pädiatrischen Normalwerten. Die Studie bestätigt, dass der Gang für den allgemeinen motorischen Status bei Zerebralparese repräsentativ ist. Außerdem, dass der GMFM und die Ganganalyse für die funktionelle Beurteilung dieser Kinder komplementäre Methoden sind [11].

Lokale Funktionsveränderungen können nicht immer genau erfaßt werden. Ziel des Beurteilungsbogen war aber die Beurteilung der lokalen Gelenkfunktion während der Aktivität. Vor allem die Veränderung der Spitzfußstellung im Laufe der Therapie läßt sich am ehesten durch die Veränderung der Gelenkfunktionen während des Gehens beurteilen. Der GMFM beurteilt aber großmotorische Eigenschaften des Kindes in den oben beschriebenen fünf Dimensionen. Eine präzise Darstellung von Gelenkfunktionen und vor allem schon geringe Veränderung lokaler Funktionen können so nur schwer erfaßt werden.

6 Zusammenfassung

Zu Beginn der Arbeit stand die Aufgabe, ein „einfach“ durchzuführendes Untersuchungsverfahren für die Dokumentation von Behandlungsfortschritten bei Kindern mit spastischen Spitzfüßen zu entwickeln.

Dieses sollte dem statistischen Mittel der Reliabilität gerecht werden. Bis dato werden Patienten zwar behandelt, aber durch fehlende Dokumentationsverfahren (bzw. schwer zugängliche 3D Computeranalysen) kann man keine genauen und reliablen Aussagen über den Therapieverlauf machen, so dass eine Therapieevaluation nur bedingt möglich ist.

Nachdem das Hauptbehandlungsziel, nämlich die funktionelle Verbesserung der Beweglichkeit im Sprunggelenk und damit das Abrollen über die Ferse, formuliert war, wurde der Beurteilungsbogen erstellt. Mit dem erarbeiteten und hier vorgestellten Untersuchungsverfahren wird genau dieses überprüft.

Wichtig war, dass das Verfahren mit einem geringen Kosten- und Zeitaufwand, sowie mit Hilfsmitteln, die jedem zur Verfügung stehen können, durchgeführt werden kann. Unter diesen Voraussetzungen wurde ein Verfahren entwickelt, mit dem es jetzt möglich ist, während des Therapieverlaufs Aussagen über den Behandlungserfolg zu machen.

Nach der Bewertung der Videosequenzen durch 2 unabhängige Untersucher wurde die Reliabilität anhand der Kappa- Werte ermittelt. Die ermittelten Werte, liegen zwischen 0,64 und 1, was einer guten bis sehr guten Reliabilität entspricht.

Auch im Vergleich mit bereits bestehenden Beurteilungsverfahren wurde die Praktikabilität des hier vorgestellten Verfahrens diskutiert und dabei auf Vor- und Nachteile eingegangen.

Für die Zukunft steht das hier vorgestellte Untersuchungsverfahren jedem Therapeuten als Dokumentations- und Kontrollmethode für die Behandlung des spastischen Spitzfußes zur Verfügung.

7 *Schlußbetrachtung*

Hauptanwendungsmöglichkeit des Untersuchungsverfahrens ist die Therapieevaluation beim spastischen Spitzfuß. Daneben wird durch die genauere Darstellung verschiedener Phasen des Gangzyklus eine differenzierte Therapieplanung ermöglicht, z.B. durch gezielte Auswahl der zu injizierenden Muskeln oder eine gezielte Indikationsstellung zur begleitenden Orthesenversorgung. Schließlich ermöglicht der Beurteilungsbogen auch die Durchführung von Blindstudien im Rahmen wissenschaftlicher Fragestellungen (d.h. der Untersucher, der die Videosequenzen beurteilt, ist blind für den Behandlungsstatus).

Es ist nicht immer notwendig, alle Items zu verwenden. Der Anwender kann entscheiden, welche ihm am wichtigsten sind. Bei der Evaluation der Spitzfußbehandlung genügt es jedoch nicht, allein die Sprunggelenkfunktion zu untersuchen, das Kniegelenk muß mit beurteilt werden. Die hier dargestellte einfache videogestützte Ganganalyse ermöglicht eine schnelle und zuverlässige Beurteilung des Gangbildes beim spastischen Spitzfuß.

8 Literatur

1. Bax M.C.O. (1964) Terminology and classification of cerebral palsy. Dev Med Child Neurol 6: 295-307
2. Bartko J.J., Carpenter W.T. (1976) On the methods and theory of reliability. J Nerv Ment 5:307-317
3. Bohannon R.W., Smith M.B. (1987) Interrater Reliability of a Modified Ashworth Scale of Muscle Spasticity. Phys Ther 67:206-207
4. Boyd R., Graham H.K. (1997) Botulinum toxin A in the management of children with cerebral palsy: indications and outcome. Europ J Neurol 4, Suppl. 2:15-22
5. Chutorian A.M., Root L. (1994) Management of spasticity in children with Botulinum- A toxin. Internat Ped 9, Suppl. 1:35-43
6. Cohen J. (1960) A coefficient of agreement for nominal scales. Edu Psychol Measurement 20:37-46
7. Corry I.S., Cosgrove A.P., Duffy C.M., McNeill S., Taylor T.C. and Graham H.K. (1998) Botulinum toxin A compared with stretching casts in the treatment of spastic equinus: a randomised prospective trial. J Pediatr Orthop 18:304-311

8. Cosgrove A.P., Graham H.K. (1994) Botulinum toxin A prevents the development of contractures in the hereditary spastic mouse. *Dev Med Child Neurol* 36:376-385
9. Cosgrove A.P., Corry I.S., Graham H.K. (1994) Botulinum toxin in the management of the lower limb in cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 36:386-396
10. Cosgrove A.P. (1995) Botulinum toxin in the management of cerebral palsy. *Europ J Neurol* 2:73-80
11. Damiano D.L., Abel M.F. (1996) Relation of gait analysis to gross motor funktion in cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 38:389-396
12. DeLuca P.A. (1991) Gait analysis in the treatment of ambulatory child with cerebral palsy. *Clin Orthop* 264:65-75
13. Eastlack M.E., Arvidson J., Snyder- Mackler L., Danoff J.V., McGarvey C.L. (1991) Interrater reliability of videotaped observational gait- analysis assessments. *Phys Ther* 71:465-472
14. Forsberg H., Tedroff K.B. (1997) Botulinumtoxin A Treatment in Cerebral Palsy: Intervention with Poor Evaluation? *Dev Med Child Neurol* 39:635-640
15. Gage J.R. (1991): Gait analysis in cerebral palsy. *Clinics in Development Medicine* No. 121 Mac Keith Press, Oxford, Blackwell Scientific Publications Ltd., New York: Cambridge University Press

16. Gage J.R. (1993) Gait analysis. An essential tool in the treatment of cerebral palsy. Clin Orthop 288:126-134
17. Gage J.R., DeLuca P.A., Renshaw T.S. (1996) Gait analysis: Principles and applications with emphasis on its use in cerebral palsy. Instr Course Lect 45:491-507
18. Graham H.K., Aoki K.R., Autti-Rämö I., Boyd R.N., Delgado M.R., Gaebler-Spira D.J., Gormley M.E. Jr., Guyer B.M., Heinen F., Holten A.F., Matthews D., Molenaers G., Motta F., Garcia Ruiz P.J., Wissel J. (2000) Recommendations for the use of botulinum toxin A in the management of cerebral palsy. Gait and Posture 11:67-79
19. Hagberg B. (1973) Klinische Syndrome bei Cerebralparese: Eine umfassende neuropädiatrische Studie. Monatsschr Kinderheilkd 121:259-264
20. Harris G.F., Wertsch J.J. (1994) Procedures for Gait analysis. Arch Phys Med Rehabil 75:216-225
21. Heinen F., Mall V., Wissel J., Bernius P., Stücker R., Linder M., Philippsen A., Korinthenberg R. (1997) Botulinum-Toxin A: Neue Möglichkeiten in der Behandlung Spastischer Bewegungstörungen Monatsschr Kinderheilkd 145:1088-1092

22. Heinen F., Kirschner J., Mall V., Berweck S., Petersen H., Korinthenberg R., Michaelis U., Stein S.: Behandlung des Pes equinus im Kindesalter mit Botulinumtoxin A: vorläufiges Manuskript Universität Freiburg i. Br.
23. Koman L.A., Mooney J.F.3., Smith B.P., Goodman A., and Mulvaney T. (1994) Management of spasticity in cerebral palsy with botulinum-A toxin: report of a preliminary, randomized, double-blind trial. *J Pediatr Orthop* 14:299-303
24. Kopf A., Pawelka S., Kranzl A. (1998) Klinische Ganganalyse – Methoden, Limitationen und Anwendungsmöglichkeiten. *Acta Med Austriaca* 25:27-32
25. Krebs D.E., Edelstein J.E. and Fishman S. (1985) Reliability of observational kinematic gait analysis: *Phys Ther* 65: 1027-1033
26. Landis J.R., Koch G.G. (1977) The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 33:159-174
27. Mac Keith R.C., Machenzie I.C.K., Polani P.E. (1959) Definition of cerebral palsy. *Cerbral Palsy Bulletin* 5:23
28. Michaelis R., Hege U. (1982) Die infantilen Zerebralparesen. *Akt Neurol* 9:35-41

29. Michaelis R., Edebol- Tysk K. (1989) New aetiopathological and nosological aspects of cerebral palsy syndromes. *Giorn Neuropsich Età Evol Suppl.* 4:25-30
30. O'Byrne J.M., Jenkinson A., O'Brien T.M. (1998) Quantitative analysis and classification of gait patterns in cerebral palsy using a three-dimensional motion analyzer. *J Child Neurol* 13:101-108
31. Perry J. (1985) Normal and pathologic gait. *Atlas of Orthotics: Biomechanical principles and application*, American Academy of Orthop Surgeons. St. Lois pp 76-111
32. Rose S.A., Öunpuu S., DeLuca P.A. (1991) Strategies for the Assessment of Pediatric gait in the clinical Setting. *Phys Ther* 71:961-980
33. Russel D, Rosenbaum P., Gowland C., Hardy S., Lane M., Plews N., McGavin H., Cadman D., Yarvis S. (1993): *Gross motor function measure manual*. 2d Ed., Hamilton, Ontario, Canada
34. Sutherland D.H., Les Cooper A.S. (1978) The pathomechanism of progressive crouch gait in spastic diplegia. *Orthop Clin North Am* 9:143-153

35. Sutherland D.H., Olshen R.A., Biden E.N., Wyatt M.P. (1988): The development of mature walking. Clinics in Developmental Medicine Nos 104/105 Mac Keith Press, 1988 Blackwell Scientific Publications Ltd., Oxford, J.B. Lippincott Co., Philadelphia

36. Sutherland D.H., Davids J.R. (1993) Common gait abnormalities of the knee in cerebral palsy. Clin Orthop 288:138-147

37. Sutherland D.H., Kaufman K.R., Wyatt M.P., Chambers H.G. (1996) Injection of botulinum A toxin into the gastrocnemius muscle of patients with cerebral palsy: a 3- dimensional motion analysis study. Gait & Posture 4:269-279

9 Anhang

Tabelle 5: Darstellung der Beurteilungsergebnisse

Kind 1	1. Untersucher			
	1		2	
Videosequenz	r	l	r	l
Seite (r/l)				
Item- Nr.				
1	2	2	2	2
2	2	1	1	1
3	2	2	2	2
4	2	2	2	2
5	2	2	2	2
6	1	0	0	0
7	2	0	0	0
8	1	0	0	0
9	1	0	0	0
10	1	0	1	1
11	1	0	1	0
12	1	1	1	1
13	2	0	2	0
14				
15				
16	1	1	1	1

Kind 1	2. Untersucher			
	1		2	
Videosequenz	r	l	r	l
Seite (r/l)				
Item- Nr.				
1	2	2	2	2
2	2	1	2	1
3	2	2	2	2
4	2	2	2	2
5	2	2	2	2
6	1	0	1	0
7	2	0	0	0
8	1	0	0	0
9	1	1	0	0
10	1	0	1	1
11	1	0	1	0
12	1	1	1	1
13	2	0	2	0
14				
15				
16	1	1	1	1

Weiter Tabelle 5:

Kind 2	1. Untersucher				
Videsequenz	1	2	3	4	5
Seite (r/l)	1	1	1	1	1
Item- Nr.					
1	2	2	2	2	2
2	0	1	0	0	1
3	0	2	0	0	2
4	0	0	0	0	0
5	2	2	2	2	2
6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	1
13	1	1	1	1	1
14	0	1	0	1	1
15	1	1	1	1	1
16	1	1	1	1	1

Kind 2	2. Untersucher				
Videsequenz	1	2	3	4	5
Seite (r/l)	1	1	1	1	1
Item- Nr.					
1	2	2	2	2	2
2	0	1	0	0	2
3	1	2	1	1	2
4	0	0	0	0	0
5	2	2	2	2	2
6	0	0	0	0	1
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	1
13	1	1	1	1	1
14	0	1	0	1	1
15	1	1	1	1	1
16	1	1	1	1	1

Weiter Tabelle 5:

Kind 3		1. Untersucher							
Videosequenz	1		2		3		4		
Seite (r/l)	r	l	r	l	r	l	r	l	
Item- Nr.									
1	0	0	0	0	0	0	1	1	
2	0	0	0	0	0	0	2	2	
3	0	0	0	1	1	1	2	2	
4	2	2	2	2	2	2	2	2	
5	0	0	1	1	1	1	2	2	
6	0	0	0	0	0	0	1	1	
7	0	0	1	2	2	2	2	2	
8	0	0	0	1	1	1	1	1	
9	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	0	0	0	0	0	0	0	1	
11	0	0	0	0	0	0	1	1	
12	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	1	1	1	1	1	1	1	1	
14									
15									
16	0	0	0	0	0	0	0	0	

Kind 3		2. Untersucher							
Videosequenz	1		2		3		4		
Seite (r/l)	r	l	r	l	r	l	r	l	
Item- Nr.									
1	0	0	0	0	0	0	1	1	
2	0	0	0	0	0	0	2	2	
3	0	0	0	1	1	1	2	2	
4	2	2	2	2	2	2	2	2	
5	0	0	1	1	1	1	1	1	
6	0	0	0	0	0	0	1	1	
7	0	0	1	2	2	2	2	2	
8	0	0	0	1	1	1	1	1	
9	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	0	0	0	0	0	0	0	1	
11	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	1	1	1	1	1	1	1	1	
14									
15									
16	0	0	0	0	0	0	0	0	

Weiter Tabelle 5:

Kind 4	1. Untersucher	
Videosequenz	1	2
Seite (r/l)	r	r
Item- Nr.		
1	2	2
2	0	1
3	1	2
4	2	1
5	2	2
6	0	0
7	0	2
8	0	1
9	0	0
10	0	1
11	0	0
12	0	0
13	2	2
14	0	1
15	1	1
16	1	1

Kind 4	2. Untersucher	
Videosequenz	1	2
Seite (r/l)	r	r
Item- Nr.		
1	2	2
2	0	1
3	1	2
4	2	1
5	1	2
6	0	0
7	0	1
8	0	0
9	0	1
10	0	1
11	0	0
12	0	0
13	2	2
14	0	1
15	1	1
16	1	1

Weiter Tabelle 5:

Kind 5	1. Untersucher					
Videsequenz	1	2	3	4	5	6
Seite (r/l)	1	1	1	1	1	1
Item- Nr.						
1	2	2	2	2	2	2
2	0	0	2	2	3	3
3	0	0	2	2	2	2
4	2	2	2	2	2	2
5	1	1	2	2	2	2
6	0	0	0	1	1	1
7	0	0	2	2	2	2
8	0	0	1	1	1	1
9	1	1	1	1	0	1
10	0	0	1	1	1	1
11	0	0	0	0	0	1
12	0	0	1	1	1	1
13	2	2	1	2	2	2
14	1	0	0	1	1	1
15	1	1	1	1	1	1
16	0	0	0	0	1	1

Kind 5	2. Untersucher					
Videsequenz	1	2	3	4	5	6
Seite (r/l)	1	1	1	1	1	1
Item- Nr.						
1	2	2	2	2	2	2
2	0	0	2	2	3	3
3	0	0	2	2	2	2
4	2	2	2	2	2	2
5	1	1	2	2	2	2
6	0	0	0	1	1	1
7	0	0	2	2	2	2
8	0	0	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1
10	0	0	1	1	1	1
11	0	0	0	0	0	1
12	0	0	1	1	1	1
13	2	2	1	2	2	2
14	1	0	0	1	1	1
15	1	1	1	1	1	1
16	0	0	0	0	1	1

Weiter Tabelle 5:

Kind 6		1. Untersucher			
Videsequenz	1		2		
Seite (r/l)	r	l	r	l	
Item- Nr.					
1	0	0	0	0	
2	2	2	0	0	
3	2	2	0	0	
4	2	2	2	2	
5	2	2	2	2	
6	0	0	0	0	
7	2	2	0	0	
8	0	0	0	0	
9	0	0	0	0	
10	1	1	0	0	
11	0	0	0	0	
12	0	0	0	0	
13	1	1	1	1	
14					
15					
16	0	0	0	0	

Kind 6		2. Untersucher			
Videsequenz	1		2		
Seite (r/l)	r	l	r	l	
Item- Nr.					
1	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	
3	1	1	0	0	
4	2	2	2	2	
5	2	2	2	2	
6	0	0	0	0	
7	1	1	1	1	
8	0	0	0	0	
9	0	0	0	0	
10	1	1	0	0	
11	0	0	0	0	
12	0	0	0	0	
13	1	1	1	1	
14					
15					
16	0	0	0	0	

Weiter Tabelle 5:

Kind 7	1. Untersucher						
Videsequenz	1	2	3	4	5	6	7
Seite (r/l)	1	1	1	1	1	1	1
Item- Nr.							
1	2	2	2	2	2	2	2
2	0	2	0	1	2	0	2
3	1	2	1	1	2	1	2
4	1	2	1	1	1	1	1
5	1	2	1	2	1	2	2
6	0	1	0	0	0	0	1
7	1	2	2	2	2	1	2
8	0	1	1	0	0	0	1
9	0	1	0	0	1	0	1
10	0	1	1	1	1	0	1
11	0	0	0	0	0	0	0
12	1	0	0	0	1	1	1
13	2	2	2	2	2	2	2
14	1	1	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1	1	1
16	1	1	1	1	1	1	1

Kind 7	2. Untersucher						
Videsequenz	1	2	3	4	5	6	7
Seite (r/l)	1	1	1	1	1	1	1
Item- Nr.							
1	2	2	2	2	2	2	2
2	0	2	0	1	2	0	2
3	1	2	1	1	1	1	2
4	1	2	1	1	1	1	1
5	1	2	1	2	1	1	2
6	0	1	0	0	1	0	1
7	1	1	1	1	1	1	1
8	0	0	0	0	0	0	1
9	1	1	0	0	1	0	1
10	0	1	1	1	1	0	1
11	0	0	0	0	0	0	0
12	1	0	0	0	1	1	1
13	2	2	2	2	2	2	2
14	1	1	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1	1	1
16	1	1	1	1	1	1	1

Weiter Tabelle 5:

Kind 8	1. Untersucher						
Videsequenz	1	2	3	4	5	6	7
Seite (r/l)	r	r	r	r	r	r	r
Item- Nr.							
1	2	2	2	2	2	2	2
2	0	2	2	0	2	0	2
3	0	2	2	0	2	1	1
4	1	1	2	1	1	1	1
5	1	2	2	2	2	2	2
6	0	1	1	0	1	0	1
7	2	2	1	0	2	2	1
8	1	1	0	0	1	1	0
9	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	1	0	1
13	2	2	2	2	0	2	2
14	0	1	0	0	0	0	0
15	0	1	1	1	0	1	1
16	1	1	1	1	1	1	1

Kind 8	2. Untersucher						
Videsequenz	1	2	3	4	5	6	7
Seite (r/l)	r	r	r	r	r	r	r
Item- Nr.							
1	2	2	2	2	2	2	2
2	0	2	2	0	2	0	2
3	0	2	2	0	2	1	1
4	1	1	2	1	1	1	1
5	1	2	2	2	2	2	2
6	0	1	1	0	1	0	1
7	1	2	1	0	1	2	1
8	0	1	0	0	0	1	0
9	0	0	0	0	1	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	1	0	1
13	2	2	2	2	0	2	2
14	0	1	0	0	0	0	0
15	0	1	1	0	0	1	1
16	1	1	1	1	1	1	1

Weiter Tabelle 5:

Kind 9	1. Untersucher			
Videsequenz	1	2	3	4
Seite (r/l)	1	1	1	1
Item- Nr.				
1	2	2	2	2
2	2	1	1	1
3	2	2	1	1
4	2	2	2	2
5	2	2	2	2
6	1	0	0	0
7	2	2	2	2
8	1	1	1	1
9	1	0	0	1
10	0	0	0	1
11	0	0	0	1
12	1	1	1	1
13	2	2	2	2
14	1	1	0	1
15	0	0	1	1
16	0	1	1	1

Kind 9	2. Untersucher			
Videsequenz	1	2	3	4
Seite (r/l)	1	1	1	1
Item- Nr.				
1	2	2	2	2
2	2	2	2	2
3	1	2	1	1
4	2	2	2	2
5	2	2	2	2
6	1	1	1	1
7	2	2	2	2
8	1	1	1	1
9	1	1	1	1
10	0	0	1	1
11	0	0	0	0
12	1	1	1	1
13	2	2	2	2
14	1	1	0	1
15	0	0	1	1
16	0	1	1	1

Weiter Tabelle 5:

Kind 10	1. Untersucher		
Videosequenz	1	2	3
Seite (r/l)	1	1	1
Item- Nr.			
1	2	2	2
2	0	1	1
3	0	1	2
4	2	0	1
5	2	2	2
6	0	0	0
7	0	1	1
8	0	0	0
9	0	0	0
10	0	0	0
11	0	0	0
12	0	1	0
13	2	1	1
14	0	0	1
15	1	1	1
16	1	1	1

Kind 10	2. Untersucher		
Videosequenz	1	2	3
Seite (r/l)	1	1	1
Item- Nr.			
1	2	2	2
2	0	1	1
3	0	1	2
4	2	0	1
5	2	2	2
6	0	0	0
7	0	1	1
8	0	0	0
9	0	0	0
10	0	0	0
11	0	0	0
12	0	1	0
13	2	1	1
14	0	0	1
15	1	1	1
16	1	1	1

Weiter Tabelle 5:

Kind 11	1. Untersucher			
	1		2	
Videsequenz	r	l	r	l
Seite (r/l)				
Item- Nr.				
1	2	2	2	2
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	2	1
5	2	2	2	2
6	0	0	0	0
7	1	0	1	1
8	0	0	0	0
9	1	1	1	1
10	0	0	0	0
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0
13	2	2	2	2
14				
15				
16	0	0	0	0

Kind 11	2. Untersucher			
	1		2	
Videsequenz	r	l	r	l
Seite (r/l)				
Item- Nr.				
1	2	2	2	2
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	2	1
5	2	2	2	2
6	0	0	0	0
7	1	1	1	1
8	0	0	0	0
9	1	1	1	1
10	0	0	0	0
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0
13	2	2	2	2
14				
15				
16	0	0	0	0

Weiter Tabelle 5:

Kind 12		1. Untersucher											
Videsequenz	1		2		3		4		5		6		
Seite (r/l)	r	l	r	l	r	l	r	l	r	l	r	l	
Item- Nr.													
1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
2	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	
3	2	0	2	0	1	0	2	2	2	2	2	2	
4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
5	2	1	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	2	0	2	0	2	0	2	2	2	2	2	2	
8	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	
9	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	
10	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	
11	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	
12	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	
13	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
14													
15													
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Kind 12		2. Untersucher											
Videsequenz	1		2		3		4		5		6		
Seite (r/l)	r	l	r	l	r	l	r	l	r	l	r	l	
Item- Nr.													
1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
2	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	
3	2	0	2	0	1	0	2	2	2	2	2	2	
4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
5	2	1	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	2	1	2	1	2	0	1	2	2	2	2	2	
8	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	
9	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	
10	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	
11	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	
12	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	
13	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
14													
15													
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Weiter Tabelle 5:

Kind 13		1. Untersucher									
Videsequenz	1		2		3		4		5		
Seite (r/l)	r	l	r	l	r	l	r	l	r	l	
Item- Nr.											
1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
2	0	1	0	2	0	2	0	1	1	1	
3	0	2	0	2	1	2	1	2	2	2	
4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
6	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	
7	0	2	2	2	2	2	1	2	2	2	
8	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
10	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	
11	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	
14											
15											
16	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	

Kind 13		2. Untersucher									
Videsequenz	1		2		3		4		5		
Seite (r/l)	r	l	r	l	r	l	r	l	r	l	
Item- Nr.											
1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
2	0	1	0	2	0	2	0	1	1	1	
3	0	2	1	2	1	2	1	2	2	2	
4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
6	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	
7	1	2	1	1	2	2	1	2	2	2	
8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
9	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	
10	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	
11	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	
14											
15											
16	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	

Tabelle 6: Darstellung der ermittelten Kappa- Werte

Item 1

Originaldaten (absolute Häufigkeiten)

2. Untersucher: Score						
1. Untersucher: Score		0	1	2	3	Summe
	0	10	0	0	0	10
	1	0	2	0	0	2
	2	0	0	64	0	64
	3	0	0	0	0	0
	Summe	10	2	64	0	76

Kappa= 1

Item 2

Originaldaten (absolute Häufigkeiten)

2. Untersucher: Score						
1. Untersucher: Score		0	1	2	3	Summe
	0	33	0	0	0	33
	1	0	19	5	0	24
	2	2	0	15	0	17
	3	0	0	0	2	2
	Summe	35	19	20	2	76

Kappa= 0,86

Weiter Tabelle 6:

Item 3

Originaldaten (absolute Häufigkeiten)

2. Untersucher: Score						
1. Untersucher: Score		0	1	2	3	Summe
	0	18	4	0	0	22
	1	0	16	0	0	16
	2	0	4	34	0	38
	3	0	0	0	0	0
	Summe	18	24	34	0	76

Kappa= 0,84

Item 4

Originaldaten (absolute Häufigkeiten)

2. Untersucher: Score						
1. Untersucher: Score		0	1	2	3	Summe
	0	8	0	0	0	8
	1	0	15	0	0	15
	2	0	0	53	0	53
	3	0	0	0	0	0
	Summe	8	15	53	0	76

Kappa= 1

Weiter Tabelle 6:

Item 5

Originaldaten (absolute Häufigkeiten)

2. Untersucher: Score						
1. Untersucher: Score		0	1	2	3	Summe
	0	2	0	0	0	2
	1	0	24	0	0	24
	2	0	4	46	0	50
	3	0	0	0	0	0
	Summe	2	28	46	0	76

Kappa= 0,89

Item 6

Originaldaten (absolute Häufigkeiten)

2. Untersucher: Score						
1. Untersucher: Score		0	1	2	3	Summe
	0	55	6	0	0	61
	1	0	15	0	0	15
	2	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0
	Summe	55	21	0	0	76

Kappa= 0,78

Weiter Tabelle 6:

Item 7

Originaldaten (absolute Häufigkeiten)

2. Untersucher: Score						
1. Untersucher: Score		0	1	2	3	Summe
	0	16	6	0	0	22
	1	0	11	0	0	11
	2	0	12	31	0	43
	3	0	0	0	0	0
	Summe	16	29	31	0	76

Kappa= 0,64

Item 8

Originaldaten (absolute Häufigkeiten)

2. Untersucher: Score						
1. Untersucher: Score		0	1	2	3	Summe
	0	43	0	0	0	43
	1	9	24	0	0	33
	2	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0
	Summe	52	24	0	0	76

Kappa= 0,75

Weiter Tabelle 6:

Item 9

Originaldaten (absolute Häufigkeiten)

2. Untersucher: Score						
1. Untersucher: Score		0	1	2	3	Summe
	0	33	7	0	0	40
	1	2	34	0	0	36
	2	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0
	Summe	35	41	0	0	76

Kappa= 0,76

Item 10

Originaldaten (absolute Häufigkeiten)

2. Untersucher: Score						
1. Untersucher: Score		0	1	2	3	Summe
	0	42	1	0	0	43
	1	0	33	0	0	33
	2	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0
	Summe	42	34	0	0	76

Kappa= 0,97

Weiter Tabelle 6:

Item 11

Originaldaten (absolute Häufigkeiten)

2. Untersucher: Score						
1. Untersucher: Score		0	1	2	3	Summe
	0	59	0	0	0	59
	1	7	10	0	0	17
	2	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0
	Summe	66	10	0	0	76

Kappa= 0,69

Item 12

Originaldaten (absolute Häufigkeiten)

2. Untersucher: Score						
1. Untersucher: Score		0	1	2	3	Summe
	0	51	1	0	0	52
	1	0	24	0	0	24
	2	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0
	Summe	51	25	0	0	76

Kappa= 0,97

Weiter Tabelle 6:

Item 13

Originaldaten (absolute Häufigkeiten)

2. Untersucher: Score						
1. Untersucher: Score		0	1	2	3	Summe
	0	3	0	0	0	3
	1	0	24	0	0	24
	2	0	0	49	0	49
	3	0	0	0	0	0
	Summe	3	24	49	0	76

Kappa= 1

Item 14

Originaldaten (absolute Häufigkeiten)

2. Untersucher: Score						
1. Untersucher: Score		0	1	2	3	Summe
	0	14	0	0	0	14
	1	0	20	0	0	20
	2	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0
	Summe	14	20	0	0	34

Kappa= 1

Weiter Tabelle 6:

Item 15

Originaldaten (absolute Häufigkeiten)

2. Untersucher: Score						
1. Untersucher: Score		0	1	2	3	Summe
	0	4	0	0	0	4
	1	1	29	0	0	30
	2	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0
	Summe	5	29	0	0	34

Kappa= 0,87

Item 16

Originaldaten (absolute Häufigkeiten)

2. Untersucher: Score						
1. Untersucher: Score		0	1	2	3	Summe
	0	23	0	0	0	23
	1	0	53	0	0	53
	2	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0
	Summe	23	53	0	0	76

Kappa= 1

Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Dr. Straßburg für die freundliche Bereitstellung des Themas und Herrn Prof. Dr. Eulert für die Übernahme des Korreferats.

Für die geduldige Betreuung während der gesamten Zeit danke ich besonders Herrn Dr. Häußler.

Danke, Miriam !

Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name: Will
Vorname: Matthias
Geburtsdatum: 27.03.1974
Geburtsort: Oberwesel
Anschrift: Bertha- von- Suttner- Str. 27
97218 Gerbrunn
Eltern: Werner Will
Johanna Will

Schulbildung:

1980-1984 Grundschole Emmelshausen
1984-1990 Realschole Emmelshausen
1990-1993 Wirtschaftsgymnasium Koblenz
Abschluß: Allgemeine Hochschulreife

Hochschulbildung:

SS 1994 – WS 1996/97 Ruprecht- Karls- Universität Heidelberg
04/ 1997 Ärztliche Vorprüfung
SS 1997 – WS 2001/02 Julius- Maximilians- Universität Würzburg
04/ 1998 Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
09/ 2000 Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
10/ 2000 – 08/ 2001 Praktisches Jahr

11/ 2001

Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

Beruflicher Werdegang:

Seit 01/ 2002

Arzt im Praktikum, Medizinische Klinik,
Evangelisches Krankenhaus Oldenburg
(Oldb)

Gerbrunn, Februar 2002