

**U. Reime, H. Lohse-Busch**

**Auswirkungen von dynamischen Sprunggelenkorthesen (DAFO) auf grobmotorische Funktionen.**

**Indikation - Vergleich mit Unterschenkelorthesen bei ICP-**

**Effects of dynamic foot orthoses on gross motor functions in children with cerebral palsy. Indications- comparison with conventional below knee orthoses-**

#### **Zusammenfassung**

In einer prospektiven Untersuchung wurden 49 Kinder mit ICP nach dem Gross Motor Classification System (Palisano) eingeteilt und ihre grobmotorischen Fähigkeiten mit dem Gross Motor Funktion Measure (Russell) gemessen. Sie steigerten ihre Leistung mit sprunggelenkübergreifenden und afferenzstimulierenden Orthesen um durchschnittlich 9,1%. 17 nicht gehfähige Kinder profitierten am meisten um 13,9 bis 23,9 %. 8 Kinder gewannen mit Sprunggelenkorthesen gegenüber Unterschenkelorthesen 5,05 %Punkte.

According to the Gross Motor Classification System (Palisano), the Gross Motor Function Measure (Russell) was assessed in 49 children with cerebral palsy. The afference stimulating dynamic ankle foot orthoses (DAFOs) enhanced their motor abilities by 9,1% on average. 17 children, who were unable to walk, showed the largest enhancement with 13.9 to 23.9%. 8 children had a greater gain by 5.05 % with DAFOs as opposed to conventional below knee orthoses.

Veröffentlicht in:

Orthopädie-Technik 2/06, Seite 98-103



### **Haltung, Bewegung und Propriozeption**

gute Propriozeption. Gut koordinierte Haltungen und Bewegungen sind Grundlage für eine gute Propriozeption. Dazu ist eine Fülle von Daten aus Muskeln, Sehnen, Gelenken, Spalthäuten und der Haut nötig, die im zentralen Nervensystem (ZNS) verarbeitet werden. Die Propriozeption entsteht aus der Gesamtleistung aller Sinnesorgane der Haut, der Muskeln, der Gelenkkapseln, der Sehnen und Bänder, der Spalthäute und des umliegenden Gewebes.

### **Der Fuß als Sinnesorgan**

Der ursprünglich anatomisch normale Fuß wird bei Kindern mit ICP zunächst in eine flexible Fußfehlhaltung gezwungen, die in teilfixierte oder fixierte, neurogene Knickplattfüße, Spitzfüße und in die Klumpfußdeformität übergeht. Die fixierte Fußdeformität führt zu einer stark veränderten Wahrnehmung aus den verschiedenen Rezeptoren und zu verfälschter Propriozeption und gestörtem Gleichgewicht der Muskulatur der Füße.

Zur Sicherung des Gleichgewichtes und der Bewegungen gegen die Schwerkraft muss aber besonders die Fußmuskulatur fein abgestimmt werden. Dazu muss die Beweglichkeit der Fußgelenke möglichst frei sein.

Bei allen Fußfehlformen und -deformitäten verändert sich die Stellung des Talus gegen den Calcaneus. Das Ligamentum talocalcaneare, im Gelenk zwischen Talus und Fersenbein, enthält besonders viele Golgirezeptoren und spielt eine wichtige Rolle zur bedarfsgerechten Stabilisierung des unteren Sprunggelenkes. Dadurch gewinnt das untere Sprunggelenk eine Schlüsselfunktion.

Die komplizierte Gewölbestruktur des Fußes wird steigbügelartig medial durch den M. tibialis anterior und lateral durch die Peronealmuskulatur und den M. tibialis posterior gesichert. Der M. flexor digitorum longus und brevis sowie M. quadratus plantae und streckseitig des M. extensor digitorum longus erlauben ein differenziertes Balancespiel.

Der M. quadratus plantae hat besondere sensorische Eigenschaften. Er spannt sich in zwei Portionen von der Innenseite des Fersenbeins zur gemeinsamen Sehne des M. flexor digitorum communis longus und misst dort die Spannung dieser Sehne. Dort sitzt beim Sohlenprofil nach Hylton die Mittelfußpelotte. Sie soll zwar einerseits den Vorfuß stabilisieren, zum anderen aber den M. quadratus plantae und damit die gemeinsame Beugersehne spannen. So kommt es zu einer tonusregulierenden Einwirkung auf dieses Muskelsystem.

### **Dynamische sprunggelenkübergreifende Orthese nach dem Prinzip von Hylton**

Hierzulande werden seit 12 Jahren dynamische Sprunggelenksorthesen (dynamic ankle foot orthosis, DAFO) nach Hylton hergestellt. Sie sind über 25 Jahre von Hylton nach Erfahrungen mit Therapiegipsen entwickelt worden [6,7].



Diese aus dünnem, halbsteifen Polypropylen hergestellten Orthesen ermöglichen den Kindern einerseits eine ausreichende Stabilität und andererseits eine geringe Beweglichkeit der Fußgelenke. Das Material besitzt hohe Rückstellkräfte. Das spezielle Fußprofil bietet durch eine Unterstützung des Sustentaculum tali und eine peroneale Pelotte Stabilität im unteren Sprunggelenk. Das System soll zu einer Tonusregulierung in der Muskulatur führen. Eine hypotone Muskulatur nimmt im Tonus zu, eine hypertone ab. Der M. quadratus plantae pedis und die Zehenflexoren werden im Mittelfußbereich durch eine individuelle Erhöhung gedehnt. Um diesen Effekt zu erhöhen, werden die Zehen auf einem Zehenbänkchen gelagert. Die Fußsohle schmiegt sich lückenlos an die Fußplatte. Dadurch werden die Rezeptoren der Haut und der Muskulatur des Fußes stimuliert. Die minimalen Bewegungen, die das Polypropylen der Orthese in den Gelenken zulässt, stimulieren die Gelenkrezeptoren.

#### **Bedingungen zur Herstellung der Orthesen mit Bettung nach Hylton**

Der Orthopädietechniker muss den Fuß in die Hand nehmen und sehen, ob und welche Reaktionen durch die Stimulation der Fußsohle erzielt werden können. Die Krankengymnastin sollte helfen.



**Abb. 1a.** Bewegungsausmaß des Knie- und Sprunggelenkes ohne manuelle Stimulation

**Abb. 1b.** Die manuelle Stimulation der Fußsohle führt sofort über Veränderungen des muskulären Tonus der unteren Extremität zu einer Bewegungsverbesserung im Knie- und Sprunggelenk. .



- Bei der Herstellung müssen folgende Fragen geklärt werden:
- Wie weit muss das obere und untere Sprunggelenk oder Kniegelenk stabilisiert werden?
  - Kommt es durch die manuelle Stimulation der beschriebenen Regionen des Fußes zu Veränderungen des muskulären Tonus?
  - Erweitert sich das Bewegungsausmaß der Gelenke der unteren Extremität?
  - Auf welche bereits vorhandenen, noch nicht fixierten Fußdeformitäten muss Rücksicht genommen werden?

Mit der Klärung dieser Fragen und der Beobachtung ad hoc entstehender Ergebnisse steht und fällt die Indikation für eine Fußbettung nach Hylton. Auch während der millimetergenauen Herstellung der Fußplatte muss die angestrebte Wirkung ständig kontrolliert werden.

**Patienten und Methode**

49 Kinder mit infantiler Cerebralparese im Durchschnittsalter von 7,8 Jahren (3,5 - 16,7) wurden mit dem Gross Motor Classification System nach Palisano (GMCS) eingeteilt. Dieser Test [13] unterscheidet fünf Behinderungsgrade bei Kindern mit infantiler Cerebralparese (Tab.1). Kinder mit Behinderungsgrad III können ab dem 6. Lebensjahr 10 Schritte ohne Hilfsmittel, mit Grad IV gar nicht gehen. Kinder mit Behinderungsgrad V können keine 3 sec. ohne Hilfe auf einer Matte mit abgestützten Armen sitzen.

Alle Kinder wurden innerhalb von 24 Stunden ohne und mit passgerechten DAFOs mit Hilfe des Gross Motor Function Measure nach Russell (GMFM) [11] untersucht. Dieser Test ist zur Zeit das einzige evaluierte Instrument zur Messung grob motorischer Fähigkeiten bei Kindern mit ICP. 88 Aufgaben in den Dimensionen Liegen, Krabbeln, Sitzen, Stehen, Gehen und Laufen werden getestet. Die Daten wurden mit den Indices von Rosenbaum in Beziehung gesetzt, die angeben, wann nach dem GMCS klassifizierte Kinder, 90 % ihrer voraussagbaren grobmotorischen Entwicklung erreicht haben.

GMCS nach Palisano	I	II	III	IV	V
N=49	-	13	19	11	6
Altersdurchschnitt 7,8 Jahre	-	8,3	8,9	5,9	7,9
Altersindex nach Rosenbaum (age 90%)	4,8	4,4	3,7	3,5	2,7

**Tab. 1** Einteilung der Kinder mit dem GMCS nach Palisano und Altersindex nach Rosenbaum



Die Untersuchungen wurden von Physiotherapeutinnen vorgenommen, die für diesen Test zertifiziert waren, einen Refresherkurs absolviert hatten und nicht zugleich Therapeutinnen der Kinder waren.

Das Durchschnittsalter der von uns untersuchten Kinder ist teilweise mehr als doppelt so hoch als die von Rosenbaum angegebene Altersgrenze (Tab.1). Es darf angenommen werden, dass diese Kinder nahezu 100% ihrer grobmotorischen Entwicklung abgeschlossen hatten.

In einer zweiten Untersuchung wurden 16 Kinder mit dynamischen Sprunggelenksorthesen und zugleich mit konventionellen Unterschenkelorthesen versorgt. Davon ließen nur vier gehfähige und vier nicht gehfähige Kinder aus organisatorischen und konditionellen Gründen die jeweiligen Untersuchungen mit dem GMFM barfuss, mit DAFOs und Unterschenkelorthesen zu. Zwei Kinder wurden nur mit DAFOs und Unterschenkelorthesen getestet. Die Untersuchungen wurden an zwei aufeinander folgenden Tagen durchgeführt. Alle Kinder litten unter einer infantiler Cerebralparese und waren bis auf eines weit mehr als doppelt so alt, als der von Rosenbaum angegebene Index ( Tab.2).

GMCS nach Palisano	I	II	III	IV	V
N=8	-	-	4	3	1
Alter	-	-	10,8	9,4	4,7
Altersindex nach Rosenbaum (age 90%)	4,8	4,4	3,7	3,5	2,7

**Tab. 2** Einteilung nach Palisano und Alter der mit sprunggelenkübergreifenden Orthesen und Unterschenkelorthesen versorgten Kinder

### Ergebnisse

Tabelle 3 zeigt den Zugewinn, den die Kinder in Prozentpunkten im total score des Gross Motor Function Measure durch das bloße Anlegen der DAFOs erlangt haben. Die schwerstbehinderten, nicht gehfähigen oder nicht sitzfähigen Kinder mit Schweregrad IV und V nach Palisano profitierten am meisten von den Sprunggelenkorthesen.



GMCS nach Palisano	I	II	III	IV	V	Durchschnitt
N	-	13	19	11	6	49
Zugewinn mit DAFO im total score in % Punkten	-	5,7	4,6	7,6	3,2	5,4
Zugewinn im Vergleich zur Ausgangsleistungsfähigkeit in %	-	7,6	7,0	13,9	23,9	9,1

Tab. 3 Ergebnisse der DAFOs im GMFM im Vergleich zur Ausgangsleistung



**Abb. 2a** Das Mädchen ist ohne Hilfsmittel nicht in der Lage zu gehen. Mit 4-Punktstöcken kann sie mit maximalem Spitzfuß laufen.

**Abb. 2b** Mit den DAFOs gelingt es ihr ein aufrechtes ökonomischeres Gangbild mit plantarem Stand.



### Orthesenvergleich

Die acht Kinder waren mit Unterschenkelorthesen aus unterschiedlichen Materialien mit verschiedenen Gelenkvarianten, die eine geringe Dorsalflexion des oberen Sprunggelenkes bis maximal 10° zuließen, versorgt. Die Orthesen hatten teilweise eine Unterstützung des medialen Längsgewölbes und eine Mittelfußpelotte, jedoch nie einen lateralen Gegenhalt am Calcaneus oder eine Zehenanhebung.

Einteilung nach Palisano	barfuss/DAFOs	barfuss/US-Orthese	US-Orthese/DAFOs
III	- 0,84	- 6,19	5,35
III	8,60	- 8,60	17,20
III	6,00	0,04	5,96
III			0,80
IV	3,20	1,74	1,46
IV	1,49	- 1,06	2,55
IV			1,80
V	4,08	- 1,22	5,20
<b>Zugewinn</b>	<b>3,76</b>	<b>- 2,54</b>	<b>5,04</b>

Tab. 4 Vergleich DAFOs gegen barfuss und Unterschenkelorthesen im Total score in Prozentpunkten im GMFM

Ein Kind war im GMFM, im Test zur Überprüfung der grobmotorischen Funktionen barfuss besser als mit Hilfsmittel. Eine Versorgung mit Orthesen war aber wegen einer starken dynamischen Spitzfußtendenz nötig. Vier Kinder waren mit Unterschenkelorthesen deutlich schlechter als barfuss. Die nicht gehfähigen Kinder (Palisanostadium IV und V) zeigten in den Dimensionen Liegen und Sitzen schlechtere Ergebnisse mit den Unterschenkelorthesen. Die gehfähigen Kinder (Palisanostadium III) zeigten die größten Verluste der grobmotorischen Fähigkeiten durch das Tragen von Unterschenkelorthesen in den Dimensionen Stehen und Gehen. So konnten barfuss fast vollständig ausgeführte Bewegungen mit den Sprunggelenkorthesen nunmehr komplett ausgeführt, mit den Unterschenkelorthesen aber nur initiiert werden. Nur ein Kind hat 1,74 % Punkte durch die Unterschenkelorthesen an grobmotorischen Funktionen gewonnen (Tab.4).

### Röntgendiagnostik

Bei 3 Kindern mit 5 Knick-Plattfüßen, die unter Belastung im seitlichen und ap Strahlengang geröntgt worden waren, zeigte sich jeweils eine Verbesserung des seitlichen Talonavikularwinkels von mehr als 10° durch die DAFOs .



### Allgemeine Beobachtungen

Für alle Kinder ergibt sich eine bessere Becken-, Rumpf- und Kopfaufrichtung. Aus der erweiterten Kopfkontrolle resultiert auch eine Kaudalisierung der Arme sowie eine verbesserte Handfunktion gerade auch der nicht gehfähigen Kinder. Gehfähige Kinder verbessern die Qualität des Gehens und ihre Ausdauer, da die Muskulatur weniger Haltearbeit zum Ausbalancieren des Körpers leisten muss. Alltägliche Bewegungen, Bewegungsübergänge und Transferleistungen werden möglich oder ökonomischer. Das Selbstbewusstsein wird gesteigert und die Selbständigkeit erhöht. Die Eltern berichten über ein erleichtertes Handling der Kinder und damit über eine verbesserte Lebensqualität der Kinder und der Pflegepersonen.



**Abb. 3a /b** das nicht gehfähige 8jährige Mädchen müht sich ohne Orthesen auf den Bauch zu drehen. Es gelingt ihr nicht.

**Abb. 3c/d** Mit den Sprunggelenkorthesen ist die Drehung möglich. Damit gewinnt das Kind an Bewegungsraum und enorm an Selbstbestimmung.





Im Einzelnen konnten sich Kinder nach Anlage der sprunggelenkübergreifenden Orthesen erstmals vom Rücken auf die Seite oder sich im Bett selbständig drehen. Der Mundschluss und das Schlucken waren verbessert. Auch gelang durch längeres Sitzen in aufrechter Kopf- und Rumpfhaltung schnelleres Essen. Der Kniestand wurde möglich. Es konnten erstmals selbständige Vertikalisierungen erreicht werden. Kinder, die nur mit Mühe 10 Schritte mit Hilfsmittel gehen konnten, gingen ökonomischer und ausdauernder.

### **Diskussion**

Bisher wurden Orthesen anhand der Bewegungsumfänge der Sprung- und Kniegelenke, selten der Hüftgelenke [3,5,8] und mithilfe von Ganglaboruntersuchungen beurteilt [1,2, 4,5,12].

So wurden in einer Arbeit 13 gehfähige Kinder barfuss und mit dynamischen Hyltonorthesen mittels 3- dimensionaler Ganganalyse untersucht [4]. Das Gangbild verbesserte sich im Bereich der oberen Sprunggelenke in 11 von 26 Füßen, im Bereich der Kniegelenke bei 9 von 26 Kniegelenken. Die Raum-Zeit - Parameter waren bei 8 von 13 Kindern verbessert. Ein Kind zeigte schlechtere Werte bei den Raum-Zeitparametern. Bei 6 Füßen verschlechterten sich die Kinematikwerte der oberen Sprunggelenke und 2 Kniegelenke zeigten ein geringeres Bewegungsausmaß. Eine Gegenüberstellung zu Unterschenkelorthesen erfolgte in dieser Untersuchung nicht.

In einer anderen Untersuchung [2] wurde die Stellungsänderung des oberen Sprunggelenkes bei 7 hemiparetischen Kindern im Alter von 7,3 bis 22,8 Jahren mit steifen Unterschenkelorthesen im Vergleich zu dynamischen Hylton Orthesen mit der instrumentellen Ganganalyse geprüft. 2 Kinder wiesen einen Fersen- Ballengang mit den Hyltonorthesen auf, alle einen Fersen -Ballengang mit konventionellen steifen Orthesen. Die Spitzfußstellung wurde bei 4 von 7 Kindern mit den DAFOs verbessert, bei den konventionellen Orthesen bei allen Fällen. Die Raum-Zeitparameter und die Kniegelenkbeweglichkeit wurden nicht gemessen.

Eine weitere Studie [12] untersuchte das Gangbild bei 12 Kindern mit spastischer Hemiparese mittels instrumenteller Ganganalyse im Barfußgang, mit konventionellen beweglichen Unterschenkelorthesen mit Fußbett und dynamischen Fußorthesen. Lediglich bei einem Drittel der Kinder wurde mit den dynamischen Fußorthesen ein Fersen-Ballengang erreicht. Die übrigen Gangparameter ließen bei diesem Drittel keinen Unterschied im Vergleich der konventionellen beweglichen Unterschenkelorthesen mit den DAFO`s erkennen. Die übrigen zwei Drittel zeigten eine deutlich geringere Verbesserung durch die DAFO`s verglichen mit den konventionellen beweglichen Unterschenkelorthesen. Dies war auf eine unbefriedigende Korrektur der Plantarflexion in der Schwungphase zurückzuführen, die einen langen Hebelarm erfordert. Der sensomotorische Effekt der dynamischen Fußorthese wog den



mechanischen Effekt der konventionellen beweglichen Unterschenkelorthese nicht auf.

Es ist einzuwenden, dass für die Untersuchung der Wirksamkeit von Orthesen bei Hemiparetikern besondere Bedingungen gelten, da diese Kinder eine gesunde Körperseite besitzen. Ergebnisse bei diesen Patienten sind nicht auf das Gros der diparetischen und tetraparetischen Kinder übertragbar.

Unsere Ergebnisse zeigen, dass die sprunggelenk-übergreifende Orthese nach dem Prinzip von Hylton gerade bei Kindern mit fehlender Gewichtsübernahme indiziert ist. Cerebralparetische Kinder können unabhängig von einer flexiblen oder teilfixierten Fußfehlform [11] und unabhängig von ihrem Entwicklungsstand mit dem Profil nach Hylton nicht nur gebessert, sondern über das voraussagbare Maß ihrer Entwicklung gefördert werden.

Sprunggelenkübergreifende Orthesen mit afferenzstimulierendem Fußbett zeigen sich gegenüber konventionellen Unterschenkelorthesen trotz des kleinen Kollektivs bei Kindern mit ICP überlegen. Die Unterschenkelorthese bewirkt eine bessere jedoch passive Einstellung der Gelenke. Die Kinder werden aber bei den für sie nötigsten Haltungen und Bewegungen gestört. Dadurch wird die Entwicklung in die nächst höhere Dimension gebremst. Die Ursache scheint zum einen an dem höheren Gewicht der Unterschenkelorthese zu liegen, zum anderen an der fehlenden Rückfußfassung und an der nicht optimalen Stimulation der Haut-, Gelenk- und Muskelrezeptoren des Fußes. Für die Wirkung ist es unwichtig, welche der einzelnen Rezeptoren nun besonders stimuliert werden müssen. Das muss durch weitere Grundlagenstudien geklärt werden.

Nach unserer langjährigen Erfahrung wird die neurogene Fußdeformität durch Minderung des muskulären Ungleichgewichtes in ihrer Progredienz aufgehalten und bei vielen Kindern gebessert, solange noch keine Fixierung vorliegt.

Fassen wir unsere Ergebnisse und die Beobachtungen von über 1800 Versorgungen mit der dynamischen sprunggelenkübergreifenden Orthese mit der Fußbettung nach dem Prinzip von Hylton zusammen, ergeben sich folgende Indikationen:

- Dynamische Sprunggelenksorthesen
- Gehfähige und nicht gehfähige Kinder mit einer cerebralen Bewegungsstörung ab ca. 3 Jahren mit einer flexiblen oder teilfixierten Fußfehlhaltung, Wahrnehmungsstörungen, Tonusdysregulationen und zur biomechanischen Stabilisierung, des unteren und/oder oberen Sprunggelenkes Fußorthesen (Einlagenversorgung mit Bettung nach Hylton) in Weichpolstertechnik
- nicht geh- und gehfähige Kleinkinder mit beginnender Fußfehlform:
- atrophische ödematöse Füße jeden Kindesalters



- ab ca. 4 Wochen postoperativ
- Zehenspitzenhänger, wenn keine biomechanische Dysfunktion des Achsenskeletts oder der Iliosakralgelenke oder psychische Ursachen vorliegen
- ICP-Kinder in der Vertikalisierungsphase mit fehlender Rumpf-Becken-Bein-Anbindung mit Kauergang oder Genu recurvatum
- Hemiparesen

### **Kontraindikation für eine Versorgung mit der Bettung nach Hylton**

Luxierte und rigide Knickplattfüße und fixierte Spitzfußdeformitäten über 20° können mit diesen Orthesen nicht behandelt werden. Ist der Muskeltonus in Ruhe nicht ausreichend zu hemmen, kann die schwere Knickplattfußdeformität nicht aufgehalten werden. Die nötigen Stimulationen können wegen der anatomischen Veränderungen nicht erreicht werden.

### **Schlussfolgerung**

Kinder mit einer ICP sollten sowohl biomechanisch wie auch afferenzstimulierend versorgt werden. Unterschenkelorthesen sind zu schwer und unbeweglich, als dass sich die Kinder in den niedrigen Positionen, in denen sie sich zu 95 % befinden, optimal bewegen können, Bewegungsübergänge werden erschwert und die nächste Bewegungsdimension verhindert. Hier füllt die dynamische Sprunggelenkorthese eine Versorgungslücke.

### **Literaturverzeichnis**

- [1] Brunner, R., G. Meier, T. Ruepp: Comparison of a stiff and spring type ankle-foot orthosis to improve gait in spastic hemiplegic children, J. Pediatr. Orthop. 18 (6) (1998), 719-26
- [2] Brunner, R., J. Romkes, T. Glauser, A. Reinhard, T. Ruepp: Dynamische Sprunggelenk- Fußorthesen oder konventionelle Unterschenkelorthesen?, Orthopädieschuhtechnik Sonderheft Propriozeption (2000), 47-49
- [3] Carlson, W.E., C.L. Vaughan, D .L. Damiano: Orthotic management of gait in spastic diplegia, Am. J. Phys. Med. Rehabil. 76 (1997), 219
- [4] Döderlein, L., D. Metaxiotis , A. Siebel: Zur Wirksamkeit sogenannter neuroreflektorischer Einlagen und Fußorthesen, Orthopädieschuhtechnik Sonderheft Propriozeption ( 2000), 42-46
- [5] Evans, C., C. Gowland, P. Rosenbaum: The effectiveness of orthoses for children with cerebral palsy, Dev. Med. Child Neurol. 36 (suppl 70) (1994), 26-27
- [6] Hylton, N.: Dynamic Orthotic Concepts, Background and Experiences, Orthopädie-Technik, Dortmund (2000), 67-68
- [7] Kuoppamäki-Herzig, M., U. Kalbe: Dynamische Fußorthesen nach Nancy Hylton Krankengym., 47(6) (1995), 794-803



- [8] Radtka, S.A., S.R. Skinner, D.M. Dixon, M. E. Johanson: A comparison of gait with solid, dynamic and no ankle- foot orthoses in children with spastic cerebral palsy, Phys. Ther., 77 (4) (1997), 395-409
- [9] Reime, U., M. Riedel : Wirksamkeit dynamischer Sprunggelenk- (DAFO) und Fußorthesen (DFO) nach Hylton auf die grobmotorische Funktion zerebral bewegungsgestörter Kinder, Orthopädische Praxis 36(10) (2000), 622-628
- [10] Reime, U., H. Lohse-Busch: Hylton-Orthese- eine Effektivitätsanalyse, Orthopädie-Technik 5 (2001), 338-346
- [11] Russel, D.J., P.L. Rosenbaum, D.T. Cadman, C. Gowland, S.Hardy, S.Jarvis: The Gross Motor Function Measure: A means to evaluate the effects of physical therapy, Dev. Med. Child Neurol., 31 (1989), 341-352
- [12] Rompkes J., R. Brunner: Dynamische Fußorthesen oder konventionelle bewegliche Unterschenkel-Orthesen zur Behandlung von Gangstörungen bei Patienten mit zerebraler Hemiparese, Orthopädie-Technik 3 (2003), 178-184
- [13] Rosenbaum,P.L., S.D.Walter, S.E. Hanna, R.J. Palisano, D.J. Russel et. al.: Prognosis for Gross Motor Function, Cerebral Palsy Creation of Motor Development Curves, JAMA, September 18 (2002),Vol 288, No11