

M. Klotz, D. Heitzmann, F. Braatz

## Carbonfederorthesen bei Patienten mit neuromuskulären Erkrankungen

Carbon Fiber Spring AFO for Patients Suffering from Neuromuscular Diseases

Patienten mit geschwächter Wadenmuskulatur oder Hackengang benötigen häufig Unterschenkelorthesen. Aufgabe dieser Orthesen ist eine Verbesserung des Gangbilds und der Haltung sowie die Vorbeugung gegen Deformitäten. Hierbei haben sich Unterschenkelorthesen, entweder mit Gelenken oder mit dorsalen Carbonfedern, durchgesetzt. Die Carbonfederorthesen zeigen jedoch gegenüber den klassischen Gelenkorthesen eine funktionelle Verbesserung sowie eine physiologischere Kinematik von Sprung- und Kniegelenk.

Patients with calf muscle insufficiency and a calcaneus gait are often dependent on ankle-foot orthoses (AFO). The orthosis is intended to improve walking and posture and should prevent structural deformities. In this context carbon-AFOs with hinges or fiber springs are the two alternatives on the market. In comparison to the classic hinge-carbon-AFOs the carbon springs show a more physiological value of ankle and knee kinematics which implies a functional improvement.

Patienten mit neuromuskulären Erkrankungen weisen häufig neben Einschränkungen der Körperhaltung funktionelle Störungen während des Gangzyklus auf. Abhängig von der Art und dem Ausmaß der primären Schädigung variieren die Defizite. Aufgrund der Heterogenität dieser Krankheitsgruppe gibt es zwischen den Krankheitsbildern Unterschiede hinsichtlich des Muskeltonus und der Muskelkraft, verschiedene Befallsmuster und abweichende Begleitdefizite wie Störungen in Koordination und Planung von Bewegungsabläufen [9].

Der physiologische Gang zeichnet sich durch eine suffiziente Stabilität in der Standphase, eine ausreichende Bodenfreiheit in der Schwungphase, den Fersenerstkontakt am Beginn der Standphase sowie eine adäquate Schrittlänge und Energiekonservierung aus [4]. Die Stellung des Fußes im oberen Sprunggelenk (OSG) mit ausgeglichenem Rückfußvalgus und balancierter Muskelkraft ist für die Abrollphase und den „Push-off“ in der Abdruckphase entscheidend. Durch den Rückfußhebel wird am Beginn der Standphase Energie konserviert, die kurz vor der Schwungphase in Kraft umgesetzt wird und die Fortbewegung durch den Abstoß (push-off) ermöglicht. Besonders für die angrenzenden Gelenke hat die physiologische Stellung und Funktion des Fußes Bedeutung. Durch das „Plantarflexion-Knieextension-Couple“ wird am Beginn der Schwungphase durch die Plantarflexion im OSG eine Extension im Kniegelenk bewirkt und somit neben der aufrechten Haltung eine optimale Energieverwertung ermöglicht [6, 8, 10].

Patienten mit neuromuskulären Erkrankungen zeigen hier an unter-

schiedlichen Stellen im Gangzyklus, abhängig von der Art und Ausprägung der primären Schädigung, Abweichungen von der Norm. Diese Abweichungen können mittels instrumenteller 3-D-Ganganalyse identifiziert und quantifiziert werden. So zeigen Patienten mit erhöhtem Muskeltonus und bestehendem Spitzfuß zum Beispiel einen Vorfußkontakt am Beginn der Standphase mit fehlendem Fersenkontakt sowie einen reduzierten push-off mit folgender verminderter Bodenfreiheit in der Schwungphase. Aufgrund der geringen Unterstützungsfläche innerhalb der Standphase resultiert hier häufig eine Standphaseninstabilität. Bei Patienten mit abgeschwächter Wadenmuskulatur bei zum Beispiel hypotonen Lähmungsbildern oder iatrogen bedingtem Hackenfuß zeigt sich wiederum eine erhöhte Dorsalextension im OSG mit vermindertem Push-off und reduzierter Extension im Kniegelenk am Beginn der Schwungphase [4, 5, 9].

Ziel jeder Therapie bei neuromuskulären Erkrankungen ist der Erhalt oder die Verbesserung von Haltung und Mobilität. Kontrakturen sollten behoben oder es sollte ihnen vorgebeugt werden. In der konservativen Therapie nehmen neben Physio- und Ergotherapie Orthesen eine wichtige Bedeutung ein. Ziel jeder orthetischen Behandlung ist die Vorbeugung gegen Deformitäten sowie das Fördern einer physiologischen Haltung und Bewegungsabläufen. Dies wird durch eine Stabilisierung der Gelenke, Einfluss auf angrenzende Gelenke sowie Ausgleich von muskulären Dysbalancen erreicht [7].

Der Wahl des orthetischen Konzepts kommt jedoch eine besondere Rolle zu. Abhängig von Ausmaß und Qualität der Läsionen muss indivi-

duell die Indikation zur Orthese gestellt werden und die Art und Höhe der Stabilisierung geplant werden. So muss eine Orthese zum Beispiel bei schlaffen Lähmungen mit insuffizienter Wadenmuskulatur die Schwäche kompensieren und eine gesteigerte Dorsalextension im OSG am Ende der Standphase verhindern und den Push-off unterstützen [2].

Beim dynamischen Spitzfuß sollte die Orthese wiederum das OSG gegen den Zug der hypertonen Wadenmuskulatur in plantigrader Stellung halten, um eine ausreichende Standphasenstabilität und Bodenfreiheit während der Schwungphase zu ermöglichen. Es muss hierbei jedoch die Verringerung des Push-offs am Ende der Standphase berücksichtigt werden [3].

In der Orthopädie-Technik gibt es eine Vielzahl von Gelenkorthesen. Bei schlaffen Lähmungsbildern haben sich im Bereich der Unterschenkelorthesen solche mit Gelenken (Abb. 1a u. b) und andere mit Carbonspannfedern (Abb. 2a u. b) durchgesetzt. Bei beiden Varianten wird die Dorsalextension im oberen Sprunggelenk limitiert, was einen Fallfuß verhindert und somit die

entscheidende Wirkung der Orthese darstellt [1, 7]. Neben einer gesteigerten Bodenfreiheit des Schwungphasenbeins gewinnt der Patient dadurch in der terminalen Schwungphase durch die geminderte Plantarflexion eine bessere Kontrolle in der Koordination und Ausführung des Erstkontaktes. Ein weiterer Effekt dieser Orthesen ist im Vergleich zu rigiden Modellen eine freigegebene Dorsalextension im OSG in der mittleren und terminalen Standphase. Aus diesem Grund ist eine gesteigerte Dorsalextension mit assoziiertem Kauergang in der Regel keine Indikation für Orthesen mit freien Gelenken oder Spannfedern. Es ist deshalb sowohl in der klinischen Untersuchung als auch bei der Beurteilung des Gangbildes zu prüfen, in welchem Ausmaß der Patient während der Standphase im OSG dorsalextendiert und gegebenenfalls mit einer gesteigerten Knieflexion bis hin zum Kauergang reagiert. Durch die verordnete Orthese sollte die Extension im Kniegelenk gefördert und nicht kompromittiert werden [7].

Während bei den Gelenkorthesen die Beugung im oberen Sprunggelenk

durch Muskelaktivität und Schwerkraft vermittelt wird, unterstützen die Spannfedercarbonorthesen diese zusätzlich durch ihre konstruktionsbedingte Flexibilität. Dadurch lässt sich im Vergleich zu einer Orthese mit Gelenken und dorsalem Anschlag eine höhere Gelenkleistung während der terminalen Standphase im Rahmen des Push-offs erreichen.

Des Weiteren wird während der Auftrittsphase durch die Carbonfeder im Vergleich zur Gelenkorthese mehr Leistung konserviert. Hier ist eine deutliche Leistungsgeneration bei einer Versorgung mit einer dorsalen Feder zu verzeichnen. Demzufolge zeigt sich durch das höhere, intern-plantarflektierende Gelenkmoment des OSG eine gesteigerte Knieextension im Sinne des „Plantarflexion-Knieextension-Couple“. Der dadurch erbrachte Ökonomiegewinn des Gangbildes konnte in mehreren Arbeiten nachgewiesen werden [1, 2, 3, 12].

Letztlich schlägt sich dies in einer höheren Gehgeschwindigkeit mit vergrößerter Schrittlänge nieder. Abzugrenzen hiervon sind jedoch Federorthesen aus Polypropylen, die nicht die elastischen Eigenschaften



Abb. 1a u. b Unterschenkelcarbonorthese mit Gelenken.

Abb. 2a u. b Carbonfederorthese.

des Carbons aufweisen. Hier konnte in der Vergangenheit kein energetischer Nutzen im Rahmen der Energiekonservierung und des Push-offs beobachtet werden [7].

Auch bei den Carbonorthesen kann das gewünschte Ergebnis ausbleiben. Deshalb bedarf es einer strengen Prüfung der Orthese durch den verordnenden Arzt, den Physiotherapeuten sowie durch den Orthopädie-Techniker. Bei zum Beispiel zu flexibel eingestellten Carbonfedern erhöht sich die Dorsalextension im oberen Sprunggelenk

während der Standphase, was konsekutiv durch eine vermehrte Beugung im Knie im Kauergang mündet und somit für den Patienten einen Stabilitätsverlust mit Verschlechterung des Gangbildes bedeutet [11, 12].

## Fazit

Bei Patienten mit Fußheberschwäche und Spitzfußtendenz kann durch den Einsatz von Orthesen mit dorsalen Carbonfedern eine Verbesserung des Gangbildes erreicht

werden. Des Weiteren unterstützen solche Orthesen bei bestehender Insuffizienz der Plantarflexoren während der terminalen Standphase den Push-off und fördern somit die Ökonomie des Gangbildes. Speziell bei diesem Patientenklintel zeigen derartige Orthesen gegenüber den konventionellen Unterschenkelorthesen mit Gelenken nachweisbar sowohl in der Kinetik als auch in der Kinematik Vorteile. Dies kann mittels der instrumentellen 3-D-Ganganalyse quantifiziert und verifiziert werden. Bei hypotonen Krankheitsbildern mit stark gesteigerter Dorsalextension im oberen Sprunggelenk während der Standphase sollten dorsale Carbonfedern nicht eingesetzt werden. Hier können sie zu einer weiteren Instabilität bis hin zur Kauerstellung führen. Auch durch zu weiche Federn kann dieser unerwünschte Effekt hervorgerufen werden.

Die Behandlung und Betreuung von Patienten mit neuromuskulären Erkrankungen sollte stets im interdisziplinären Team erfolgen. Durch engmaschige Kontrollen können Veränderungen des Gangbildes frühzeitig erkannt und behandelt werden.

Wir empfehlen unseren Patienten, während des Wachstums alle sechs bis zwölf Monate zur Routinekontrolle zu erscheinen, um neben der klinischen Untersuchung eine Kontrolle der Hilfsmittel durchzuführen.

## Für die Autoren:

Dr. med. Matthias Klotz  
Orthopädische Universitätsklinik  
Heidelberg  
Schlierbacher Landstr. 200a  
69118 Heidelberg

## Literatur:

- [1] Alimusaj, M., I. Knie, S. Wolf, A. Fuchs, F. Braatz, L. Döderlein: Functional impact of carbon fiber springs in ankle-foot orthoses, *Orthopade* 36 (2007), 752-756
- [2] Bartonek, A., M. Eriksson, E. M. Gutierrez-Farewik: A new carbon fibre spring orthosis for children with plantarflexor weakness, *Gait Posture* 25 (2007), 652-656
- [3] Desloovere, K., G. Molenaers, L. van Gestel, C. Huenaerts, A. van Campenhout, B. Callewaert, P. Van de Walle, J. Seyler: How can push-off be preserved during use of an ankle foot orthosis in children with hemiplegia? A prospective controlled study, *Gait Posture* 24 (2006), 142-151
- [4] Gage, J. R.: Gait analysis in cerebral palsy, *Clinics in developmental medicine* no. 121, 1991
- [5] Gage, J. R.: Gait analysis. An essential tool in the treatment of cerebral palsy, *Clin Orthop Relat Res* (1993), 126-134
- [6] Kerr, G. H., P. Selber: Musculoskeletal aspects of cerebral palsy. *J Bone Joint Surg Br* 85 (2003), 157-166
- [7] Ounpuu, S., K. J. Bell, R. B. Davis 3rd, P. A. DeLuca: An evaluation of the posterior leaf spring orthosis using joint kinematics and kinetics. *J Pediatr Orthop* 16 (1996), 378-384
- [8] Perry, J., M. M. Hoffer, P. Giovan, D. Antonelli, R. Greenberg: Gait analysis of the triceps surae in cerebral palsy. A preoperative and postoperative clinical and electromyographic study, *J Bone Joint Surg Am* 56 (1974), 511-520
- [9] Perry, J.: Pathologic gait, *Instr Course Lect* 39 (1990), 325-331
- [10] Perry, J.: Gait analysis: technology and the clinician. *J Rehabil Res Dev* 31 (1994), VII
- [11] Thomson, J. D., S. Ounpuu, R. B. Davis, P. A. DeLuca: The effects of ankle-foot orthoses on the ankle and knee in persons with myelomeningocele: an evaluation using three-dimensional gait analysis, *J Pediatr Orthop* 19 (1999), 27-33
- [12] Wolf, S. I., M. Alimusaj, O. Rettig, L. Döderlein: Dynamic assist by carbon fiber spring AFOs for patients with myelomeningocele, *Gait Posture* 28 (2008), 175-177