

Von Spastizität zu Aktivität: Exzitation statt Inhibition

Präzise beobachtende Ganganalyse und O. G. I. G.-Gangtherapie bei infantiler Zerebralparese

From Spasticity to Activity: Excitation instead of Inhibition

Accurate Observing Gait Analysis and O. G. I. G. Gait Therapy in Infantile Cerebral Palsy

Autor

K. Götz-Neumann

Institut

O. G. I. G. – Observational Gait Instructor Group, USA – Los Angeles

Schlüsselwörter

- Zerebralparese
- Diplegie
- Spastik
- Gangtherapie

Key words

- cerebral palsy
- diplegia
- spasticity
- gait therapy

eingereicht 27.5.2014

akzeptiert 3.7.2014

Bibliografie

DOI <http://dx.doi.org/10.1055/s-0034-1384954>
 physioscience 2014; 10:
 115–125 © Georg Thieme
 Verlag KG Stuttgart · New York ·
 ISSN 1860-3092

Korrespondenzadresse
Kirsten Götz-Neumann, PT, B.Sc.

 President O. G. I. G.
 10285 Kilrenny Ave
 Los Angeles
 CA 90064

USA

kirsten@gehen-verstehen.net

Zusammenfassung


Hintergrund: Bei Kindern mit moderater spastischer Diplegie nach Zerebralparese (CP) sind die Therapiemöglichkeiten auf Dehnungen, Nachtlagerungsschienen, operative Verfahren, Botulinumtoxin-A-Injektionen oder die Aktivierung antagonistischer Muskulatur limitiert.

Ziel: Die Fallstudie beschreibt die nachhaltige Verbesserung des Gangbilds eines 10-jährigen Kindes nach CP mit dynamischem spastischem Zehenspitzenengang durch videogestützte Ganganalyse, Schulung des Gangbewusstseins und Gangtherapie der Observational Gait Instructor Group (O.G.I.G.).

Methode: Die Intervention beinhaltete 3 O.G.I.G.-Gangtherapie-Einheiten à 1,5 Stunden im Zeitraum von 9 Monaten, begleitet von wöchentlicher Physiotherapie sowie täglichem video-unterstützten Gangtraining und Heimübungen zur Exzitation von Wadenmuskulatur und hüftstabilisierender Muskulatur.

Ergebnisse: Nach der 1. Gangtherapie wies die Patientin ein deutliches und bis zum Therapieende weiter verbessertes Gangbild auf. Dabei wurde das Fußabrollen beim initialen Fersenkontakt bei funktionalen Beinachsen bei gleichzeitiger Verbesserung von Kraft und willkürlicher Ansteuerbarkeit von Waden- und hüftstabilisierender Muskulatur realisiert.

Schlussfolgerungen: Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass ein Paradigmenwechsel im Bereich der Neuropädiatrie sowie eine neue Definition für den Begriff „Spastik“ nötig sind. Statt Inhibition und Dehnen von Mm. triceps surae und adductor magnus sollte sich der Fokus auf die Exzitation und willkürliche Ansteuerungsfähigkeit einschließlich exzentrischer Kräftigung der Wadenmuskulatur und der Hüftabduktoren, -extensoren und -außenrotatoren richten.

Abstract


Background: In children with moderate spastic diplegia following cerebral palsy (CP), therapy modalities are limited to stretching, overnight splints, surgery, botulinumtoxin-A injections or activating antagonistic muscles.

Objective: This case study describes the sustained improvement of the gait pattern in a 10-year-old child with dynamic spastic tiptoeing by video-based gait analysis, gait awareness training and gait therapy of the Observational Gait Instructor Group (O.G.I.G.).

Method: Intervention comprised 3 O.G.I.G. gait therapy sessions of 1.5 hours over a period of 9 months, along with weekly physiotherapy and daily video-based gait training, as well as home exercises for the calf and hip-stabilising muscles.

Results: After the first gait therapy the patient showed a distinctly improved gait pattern, which further improved through the end of the course of therapy. Foot strike in initial heel contact in functional leg axes with simultaneous improvement of strength and arbitrary control of calf and hip stabilising muscles was realised.

Conclusions: The results point out that a change of paradigm in neuropediatrics and a new definition for the term “spasticity” are required. Instead of inhibition and stretching of the triceps surae and adductor magnus the focus should be directed towards excitation and arbitrary control, including eccentric strengthening of calf muscles and hip abductors, extensors and external rotators.

Einleitung

Die spastische Diplegie als Folge einer infantilen Zerebralparese (CP) manifestiert sich als unterschiedlich starke, bilaterale Beeinträchtigung der unteren Extremitäten mit Innenrotation der Beine und in Höhe der Kniegelenke, sodass es fast zur Überschneidung der Beine bzw. zum „Scherengang“ kommt.

Zur Verbesserung der Gehfähigkeit dienen traditionell langsame Dehnungen und Nachtlagerungsschienen zur Verringerung der Spastizität des M. triceps surae. Ergänzend wirken Techniken zur Stärkung der antagonistischen Muskeln. Weitere Therapieverfahren umfassen den Sehnentransfer oder „Release“, die dorsale Rhizotomie, Botulinumtoxin-A (BoNT-A), Gipsverfahren und Unterschenkelorthesen. Eine Muskel-Sehnen-Verlängerung der Wadenmuskulatur sollte nur mit Vorsicht erfolgen [30].

Die klassischen Maßnahmen zielen vor allem darauf ab, „spastische“ Muskulatur zu dehnen und zu verlängern. Keine der Techniken kräftigt die Wadenmuskulatur oder macht sie willkürlich ansteuerbar. Dagegen ist unumstritten, dass es bei einer Parese auch Schwierigkeiten mit der Willkürmotorik gibt. Die gängigen Interventionen resultieren jedoch oft in der weiteren „Schwächung“ bereits geschwächter Muskulatur, besonders der Wadenmuskulatur. Tatsächlich beachtet die Neuropädiatrie die noch nicht ausreichend definierte Minussymptomatik einer Spastik kaum. Demgemäß wurde versucht, eine neue Definition von „Spastik“ zu formulieren.

Das wichtigste Ziel dieses Fallberichts ist, die Möglichkeiten einer qualifizierten Ganganalyse bekannter zu machen. Die Bewegungsdiagnostik in der pädiatrischen Physiotherapie beschreibt ein Vorher- und Nachher-Zustandsbild. Die Ganganalyse wird im Rahmen ärztlicher Intervention mit kostspieligen 3D-Verfahren genutzt [22, 30], in der Physiotherapie jedoch zumeist keine Videodokumente über den Gang bei Kindern erstellt. So werden weder das „Gangbewusstsein“ des Kindes geschult noch dessen Wünsche als Therapieziel formuliert.

Ein Grund hierfür mag sein, dass die kognitiven Lernfähigkeiten Kindern nach CP oft unterschätzt werden. Ihre Einbeziehung hat bei der Formulierung der Behandlungsziele aber wesentlichen Anteil für den Therapieerfolg [19]. Werden älteren Kindern nach CP ihre Anatomie und ihr Gangbild bewusst gemacht [24] und ihnen die Bewegungsbeobachtung ermöglicht, können sie ihr Bewegungsrepertoire wesentlich erweitern.

Der Fallbericht soll dazu anregen, traditionelle medizinische und physiotherapeutische Vorgehensweisen im Management der Neuropädiatrie zu überdenken. Neben passiver Muskeldehnung sollten das „Sich-selbst-Erkennen“ durch professionell geführte Eigenwahrnehmung und das „Sich-selbst-neu-Erfinden“ eine wichtige Rolle spielen.

Die in der Therapie einer leichten bis moderaten CP (Gross Motor Functional Classification Scale [GMFCS] 1–3) eingesetzte neurotoxische Lähmung durch BoNT-A und die weitere Schwächung der Wadenmuskulatur ist kritisch zu betrachten.

Schließlich soll dieser Fall betroffenen Kindern und Therapeuten Zuversicht geben, dass das Gangbild zu einem funktionell nahezu normal entwickelten Gehen umgewandelt werden kann. Angesichts des sich noch entwickelnden Gehirns von Kindern und Teenagern ist es kontraproduktiv, die Betroffenen als unheilbar zu deklarieren. Es ist evident, dass die Einstellung der Therapeuten wesentlich zum Therapieergebnis beiträgt. Zudem müssen die auch bei neurologisch betroffenen Patienten unterliegenden rein biomechanischen Ursachen, die ebenso einen großen Anteil an die Gehbehinderung des Kindes (oder Erwachsenen) mit CP

ausmachen, gezielt erkannt und beseitigt werden. Werden die biomechanischen Anteile, die den Gang dysfunktional („spastisch“) erscheinen lassen, übersehen, so wird nicht nur an dem Symptom anstatt an der Ursache behandelt, sondern vor allem ein neues Bewegungsrepertoire für das Kind verhindert, die Bewegungsbehinderung dagegen manifest.

Methode

▼ Patientin

Bei der 1995 in der 32. Schwangerschaftswoche frühgeborenen Patientin wurde mit 4 Jahren eine milde spastische bilaterale Diplegie (GMFCS 2, links stärker als rechts) diagnostiziert. Ein Magnetresonanztomografiebefund (MRT) zeigte eine 2 cm große Zyste der choroidalen Fissur. Zusätzlich wurden unter anderem ein dauerhafter dynamischer bilateraler Spitzfuß mit reduzierter Dorsalextension des oberen Sprunggelenks und eine leichte Hyperreflexie der Achillessehne mit erschöpfbarem Klonus und muskulär eine Schwäche der Dorsalextensoren festgestellt. Der Einbeinstand war sehr unsicher, und es bestand ein hohes Sturzrisiko. Im Alter zwischen 4 und 10 Jahren wurde die Patientin wöchentlich mit langsamem Dauerdehnungen und Hemmungstechniken des M. triceps surae behandelt. Mit 9 Jahren bekam sie eine Nachtlagerungsschiene. Weil die jährlichen Berichte einen persistierenden dynamischen Pes equinus und keine funktionalen Gangveränderungen attestierten, wurden BoNT-A-Injektionen in Mm. gastrocnemius und adductor magnus erwogen. Auf Grund von Hänseleien in der Schule wegen ihres Gangbilds war sie in psychotherapeutischer Behandlung. Die Plantarflexionskontraktur war durch die Physiotherapie minimiert, sie lief aber nach wie vor im dynamischen Pes equinus. Röntgenaufnahmen von Hüften und Knien waren ohne Befund.

Mit 10 Jahren erhielt sie eine Einladung als Demonstrationspatientin zu einem Kurs für Ganganalyse und -therapie. Wegen der unmittelbaren Verbesserung des Gangbilds während des Kurses wurden weitere Gangschulungen vereinbart.

Die Patientin war durchschnittlich groß und schwer (143 cm bei 40,1 kg).

Sowohl die Patientin als auch ihre Eltern erteilten nach eingehender Information ihre Einverständniserklärung zur Veröffentlichung des Fallberichts.

Intervention

Ausgangspunkt der O.G.I.G.-Gangtherapie war der Hauptwunsch der Patientin, nicht mehr wegen ihres Gangbildes gehänselt zu werden und „besser“ gehen zu können. Der fehlende Fersenkontakt beim Auftreten und die Plantarflexion im Stand wurden während der vergangenen 9 Lebensjahre als Hyperaktivität der Wadenmuskeln interpretiert.

Die Behandlung fand in klinischer Umgebung statt. Dabei wurden Stärke, passive Mobilität und Spastizität getestet und dynamische Gelenkbewegungen anhand einer videogestützten Ganganalyse festgestellt [11, 22, 26].

Videogestützte Ganganalyse

Dafür waren Aufnahmen in der bilateralen Sagittal- und Frontalebene erforderlich. Während der Gangphasen wurden kritische Ereignisse aller Gelenke der unteren Extremitäten auf Abweichungen in der Kinematik untersucht. Ebenso wurden die Symmetrie der Schritte und Abweichungen beobachtet und so der Patientin wahrnehmbar gemacht. Anschließend erfolgten die Qualifizierung

O.G.I.G. – Functional Gait Analysis Form
 Copyright by OGIG - contact powers@usc.edu & Kirsten@gehen-verstehen.net

UNIVERSITY OF SOUTHERN CALIFORNIA - Musculoskeletal Biomechanics Research Laboratory

Obernational Gait Institute Group
 Gehen verstehen

Weight acceptance		Single limb support	
IC	LR	MSt	TSt
	Pronation <input type="radio"/> normal <input checked="" type="radio"/> inadequate (ex. Supination) <input type="radio"/> excessive → <input type="radio"/> Rearfoot valgus <input type="radio"/> Midfoot collapse		Resupination <input type="radio"/> normal <input checked="" type="radio"/> inadequate (ex. Supination)
	Tibia i' Rot <input type="radio"/> normal <input checked="" type="radio"/> excessive		
	Femur i' Rot! + ADD <input type="radio"/> normal <input checked="" type="radio"/> excessive		
	Knee <input type="radio"/> normal <input checked="" type="radio"/> valgus nur im Stand; dynamischer Valgus! medialer Kollaps Schwung: normal <input type="radio"/> varus		
excess pelvis drop <input type="radio"/> left <input type="radio"/> right		Trunk / Pelvis stability <input type="radio"/> normal <input checked="" type="radio"/> inadequate	lateral lean <input checked="" type="radio"/> left <input type="radio"/> right

a

Abb. 1a Befundbogen der O. G. I. G.-Ganganalyse.

O.G.I.G. – Functional Gait Analysis Form
 Copyright by OGIG - contact powers@usc.edu & Kirsten@gehen-verstehen.net

UNIVERSITY OF SOUTHERN CALIFORNIA - Musculoskeletal Biomechanics Research Laboratory

Obernational Gait Institute Group
 Gehen verstehen

	First Foot Contact Initial Contact	Initial Double Limb Support Loading Response	Single Limb Support Terminal Stance	Early Swing Initial Swing	Late Swing Terminal Swing
Ankle	Ankle Dorsiflexion <input type="checkbox"/> Normal = 0° - 5° Dorsiflexion <input checked="" type="checkbox"/> Inadequate > 0° Plantar Flexion		Ankle Dorsiflexion <input type="checkbox"/> Normal = 5° - 15° Dorsiflexion <input checked="" type="checkbox"/> Inadequate < 5° Dorsiflexion (excessive Plantar flexion) <input type="checkbox"/> Excessive > 15° Dorsiflexion		
Knee		Knee Flexion <input checked="" type="checkbox"/> Normal = 10° - 20° Flexion <input type="checkbox"/> Inadequate < 10° Flexion <input type="checkbox"/> Excessive > 20° Flexion	Knee Extension <input type="checkbox"/> Normal = 0° - 5° Flexion <input checked="" type="checkbox"/> Inadequate > 5° Flexion <input type="checkbox"/> Excessive > 0° Extension	Knee Flexion <input checked="" type="checkbox"/> Normal = 50° - 70° Flexion <input checked="" type="checkbox"/> Inadequate < 50° Flexion <input type="checkbox"/> Excessive > 70° Flexion	Knee Extension <input type="checkbox"/> Normal = 0° - 5° Flexion <input checked="" type="checkbox"/> Inadequate > 5° Flexion
Hip			Hip Extension <input type="checkbox"/> Normal = 20° Extension <input checked="" type="checkbox"/> Inadequate < 20° Extension		Hip Flexion <input checked="" type="checkbox"/> Normal = 20° - 40° Flexion <input type="checkbox"/> Inadequate < 20° Flexion <input type="checkbox"/> Excessive > 40° Flexion

b

Abb. 1b Befundbogen der O. G. I. G.-Ganganalyse.

der Bewegungsauslässe während der 8 Gangphasen als „adäquat“, „inadäquat“ oder „exzessiv“ [11] und die Dokumentation in einem Ganganalysebefundbogen (Abb. 1a, b). Wenn sich Therapiefortschritte zeigten, fanden weitere Dokumentationen statt. Die Ganganalyse offenbarte eine übermäßige Adduktion und Innenrotation der Hüfte im Stand, die beim Schwung abnahm. Dies ließ eher eine Schwäche der Hüftextensoren als eine Spastizität der Adduktoren vermuten. Der Zehenspitzen gang [3] und die Inversion des unteren Sprunggelenks wiesen auf eine Plus-symptomatik der Spastizität in der Wadenmuskulatur hin. Beim

Gehen beugte die Patientin das obere Sprunggelenk beiderseits bis zu etwa 20° Plantarflexion ohne Fersenkontakt. Während des Schwungs (TSW) behielt sie die Plantarflexion mit leichter Inversion bei etwa 15° bei (Abb. 2a, b). Beim Tardieu-Test in Rückenlage ergab sich eine passive Beweglichkeit von 5° Dorsalextension. Beim schnellen passiven Bewegen von der Plantarflexion in die Dorsalextension war ein klarer Stopp bei 20° Plantarflexion zu spüren, der in Richtung Dorsalextension nachließ. Die moderat eingeschränkte Dorsalextension beim langsamen passiven Bewegen in Rückenlage zeigte sich je-

Heruntergeladen von: Thieme Gruppe. Urheberrechtlich geschützt.

doch weder bei Hüft- und Kniebeugung im Stand noch im Ausfallschritt mit Hüftextension und Kniestreckung unter Zuhilfenahme des eigenen Körpergewichts. Eine für den Gang normale Beweglichkeit von 10° Dorsalextension wurde also im Stand problemlos erreicht.

Das Knie blieb während der Stoßdämpfungsphase (LR) in 20° Flexion. Während der terminalen Standphase (TST) reduzierte sich die Flexion des Kniegelenks leicht um <math>< 5^\circ</math>. In der initialen Schwungphase (ISW) flektierte das Knie bei ungefähr grenzwertigen 40°, teilweise 50°, d. h. genügend, um gerade noch durchschwingen zu können. In der terminalen Schwungphase zeigte sich eine inadäquate Kniestreckung mit 10° Flexion.

Die Hüftadduktoren wiesen beim Tardieu-Test ein normales passives Bewegungsausmaß in 30° Abduktion auf. Beim schnellen Bewegen in die Abduktion erfolgte zunächst ein Stopp bei 15° Abduktion, der zunehmend nachließ. Auch hier imponierte eine Tonuserhöhung in Rückenlage. In der Stoßdämpfungsphase entwickelten sich eine Abduktion von ungefähr 20° und eine deutliche Innenrotation, die bis zum Ende der terminalen Standphase anhielt (• **Abb. 3a**).

Eine Hyperextensionsbewegung der Hüfte zur Generierung von Schrittlänge fehlte. Während der Schwungphasen zeigte sich abweichend zu den Standphasen eine nahezu normale Hüftgelenkposition; außerdem reduzierte sich die exzessive Adduktion ebenfalls um ca. 50% (• **Abb. 3b**).

Während des gesamten Schrittzklus war das Becken extrem nach vorne gekippt und von ausgeprägter transversaler Vor- und Rückwärtsrotation begleitet. Der Oberkörper war leicht vorwärts geneigt und zudem eine leichte Seitwärtsneigung des Körpers zum jeweiligen Standbein erkennbar.

Klinische Tests

Die relevanten Tests umfassten Muskelkraft, Spastizität, Kontraktur, motorische Kontrolle sowie die Überprüfung selektiver

GMFM-Tests. Hinzu kam ein Test zur Beurteilung der Bewegungsqualität (hier GMFM P genannt, P = Performance-Test).

Der manuelle Muskeltest (MMT) war angebracht, weil die Patientin einzelne Muskeln aktivieren konnte; hier erwiesen sich Spastizität und Tonus als gering. Der Test wurde mittels Break-Technique durchgeführt und die Ergebnisse auf einer Skala von 0–5 dokumentiert [15]. Da die Plantarflexoren als „spastisch“ gelten, findet dieser Muskelfunktionstest bei Kindern nach CP eigentlich keine Anwendung. Das Problem fehlender Muskelkraft der Plantarflexoren steht bei dieser Patientengruppe jedoch im Vordergrund der Gehbehinderung [8].

Der MMT ebenso wie der Tardieu-Test offenbarten signifikante Muskelschwächen (Grad 2 und 3) der das Hüftgelenk stabilisierenden Muskeln und der Muskeln des oberen Sprunggelenks, eine leichte Spastizität der unteren Gliedmaßen und leichte Flexionskontrakturen an Hüft- und Kniegelenk. Im Stand zeigte sich keine Kontraktur der Plantarflexoren: die Dorsalextension war normal, wenn die Patientin einen Ausfallschritt machte. In der klinischen Praxis wird die Länge der Plantarflexoren nur in Rückenlage getestet [3], sodass sich – wie im vorliegenden Fall – keine durch das Körpergewicht aufzulösende elastische Kontraktur der Plantarflexoren feststellen lässt.

Als Test für die Wadenmuskulatur wurde das mehrfache Fersenheben angewendet, weil es als „The only significant predictor of isokinetic plantar flexion torque“ gilt [20]. Der M. triceps surae wurde beidseitig als MMT Grad 2 klassifiziert, da diese Muskeln zu keinem Fersenheber auf einem Bein in der Lage waren; normal sind 20 Fersenheber [18].

Die GMFM-Tests wurden auf jene Funktionen beschränkt, die mit dem Gang der Patientin zu tun hatten. Da die Patientin nicht hüpfen konnte, erzielte sie nur einen Gesamtwert zur Klassifikation der motorischen Funktionen (GMFCS) von 2. Zur Beurteilung der reaktiven Kraft des M. triceps surae durch Springen, wurden die GMFM-Tests Nr. 80, 82 und 83 ausgewählt. Da die Patientin dazu nicht in der Lage war, erhielt sie hier 0 von 3 Punkten.

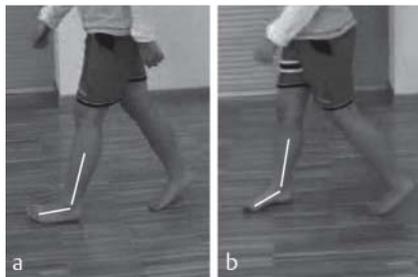


Abb. 2 a Beugung des oberen Sprunggelenks beiderseits bis zu etwa 20° Plantarflexion ohne Fersenkontakt. b Beibehaltung der Plantarflexion mit leichter Inversion bei etwa 15° während des Schwungs (TSW).

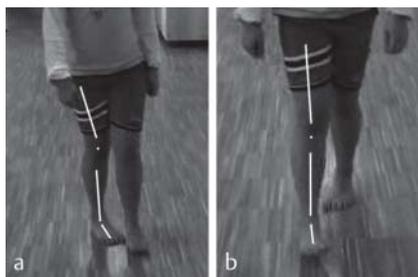


Abb. 3 a Abduktion von ungefähr 20° in der Stoßdämpfungsphase mit deutlicher, bis zum Ende der terminalen Standphase anhaltender Innenrotation. b Nahezu normale Hüftgelenkposition während der Schwungphasen mit reduzierter exzessiver Adduktion.



Abb. 4 Das Bewegungsvideo-Feedback unterstützt die Entwicklung des Sicherheits- und Sichwahrnehmens: unverzichtbar für ein neues Bewegungsverhalten und das Erlernen einer bislang unbekannteren und neuen Bewegung.

Interpretation der Tests

Im Einbeinstand konnte die Patientin weder willkürlich die Fersen heben noch springen. Dies wurde als Schwäche und Mangel an selektiver willkürlicher Ansteuerung und damit als Zeichen einer ausgeprägten Minussymptomatik der Spastik gedeutet.

Die Inversion des unteren Sprunggelenks resultierte aus der extremen Innenrotation und Adduktion der Hüfte, die weiterlaufend in der Einwärtsdrehung des Fußes mündete. Somit war sie eher durch die Hüftposition als durch eine Spastik der „Inversoren“ bedingt.

Aufgrund von Gangevaluation und klinischen Tests wurden folgende 2 Hauptprobleme evident:

- ▶ Der bilaterale dynamische Spitzfuß der Patientin als häufiger Befund bei CP [30] behindert den Gang, indem er durch vorzeitiges Fersenheben das Abrollen über Talus und Ferse auslöst.
- ▶ Die Fehlstellung zwischen Hüfte und Becken zeigte sich kinematisch während der Standphasen eines jeden Schritts als dynamische X-Bein-Stellung.

Für die Therapie wurden 3 Hauptziele festgelegt:

1. Umkehr des Timings bei der Aktivierung der Plantarflexoren, um den Fuß im initialen Kontakt mit der Ferse und dann von der Ferse zur Zehe abzurollen [20, 22];
2. Entwicklung der für das Gehen und Laufen nötigen explosiven Muskelaktivierung;
3. Animierung der latenten selektiven Steuerung für die Schnellansteuerung bei Erarbeitung des elastischen Recoils des M. triceps surae in Pre-Swing bei vorheriger maximaler Aktivität in TST.

Gangtherapie

Jedes Modul der O.G.I.G.-Gangtherapie bestand aus 3 jeweils 1,5-stündigen Therapieeinheiten mit 4 Monaten Pause zwischen den Sitzungen. Ergänzt wurde die Gangtherapie durch wöchentliche Physiotherapie vor Ort mit angepasster Behandlungsstrategie: Statt Inhibition und Dehnen von Waden und M. adductor magnus richtete sich der Fokus fortan auf die Exzitation und willkürliche Ansteuerungsfähigkeit einschließlich exzentrischer Kräftigung von Wadenmuskulatur und Hüftabduktoren, -extensoren und -außenrotatoren. Um die Motivation und Freude an den Übungen zu steigern, wurde die lokale Physiotherapie nach der Liebblingssängerin der Patientin als „La-Fee-Gangtraining“ bezeichnet.

Zum täglichen eigenständigen Üben erhielten die Patientin und die örtliche Therapeutin je 1 DVD mit allen Gangbildaufnahmen samt Übungsbeschreibung [24], um die Stimmigkeit der Gangtherapie in puncto „Bedeutsamkeit“, „Verstehbarkeit“ und „Machbarkeit“ [1] zu garantieren. Diese 3 Faktoren müssen erfüllt sein, damit Patienten an ihren Wünschen und Zielen mitarbeiten können.

1. Gangtherapiesitzung

Hier konnte die Patientin durch ein Bewegungsvideo-Feedback ihr Gangbild selbst erleben und für den motorischen Lernprozess ein Gangbewusstsein entwickeln (▶ Abb. 4). Auf diese Weise wird ein mentales Training für Kinder nach CP realisiert, das sie intrinsisch motiviert und einbindet [25]. Die Kombination aus mentalem und physischem Training ist besonders wirksam [17, 29]. Entsprechend ist gangspezifisches mentales Training als Ergänzung zum physischen Training notwendiger Bestandteil der O.G.I.G.-Gangtherapie.

Anschließend wurden die Wünsche der Patientin erfragt und als gemeinsame positive Ziele formuliert. Ob das Gangtraining sinnvoll bzw. das selbst formulierte Therapieziel erreicht war, konnte die Patientin anhand des Vergleichs der eigenen Gangbildvideos mit den Videos ihrer Liebblingssängerin, d. h. ihrer Zielvorstellung

der Bewegung [7] selbst feststellen. Hierzu ist anzumerken, dass beim Hören der Lieblingsmusik dieselben Hirnareale und dazugehörigen motorischen Zentren aktiviert werden wie beim Empfinden von Lust und Freude [16, 28]. Bei Kindern nach CP müssen genau diese motorischen Zentren angeregt werden. Externer Rhythmus durch die Lieblingsmusik ist also nicht nur ein willkommenes „Add on“, sondern ein „Must have“.

Die Therapeutin stoppte das Video der Sängerin an der Stelle im Gangzyklus, an der die Patientin ihre Hauptabweichungen zeigen würde, und erläuterte dies anhand von Lehrtafeln mit funktionell richtigen Gelenkpositionen [11]. Im Anschluss ging sie zu aktiven Übungen über.

Die Wadenmuskeln wurden mit willkürlicher Explosivkraft und Exzentrik trainiert, um den nötigen „Elastic recoil“ herzustellen [10]. Hier kam unter anderem das beidseitige Sprungkrafttraining mit dem Ziel einer den Aufprall dämpfenden Landung zum Einsatz [18, 24, 31 – 33]; ▶ Abb. 5a).

Der Einbeinsprung sollte die Explosivkraft und Schnellansteuerung der Muskulatur entwickeln. Die Landung im exzentrischen Muskelaktivierungsmodus diente dazu, die terminale Standbeinphase zu etablieren und den initialen Kontakt mit Dorsalextension zu stimulieren (▶ Abb. 5b).

Abschließend erhielt die Patientin eine DVD mit Bildern, Videos und Übungen für das „La-Fee-Gangtraining“ zu Hause. Ziel war die Wiederholung, Vertiefung und Kräftigung durch tägliche Übungen und die regelmäßige Vorstellung der Bewegung ([34]; ▶ Abb. 6, 7). Die Patientin sollte ihre Aufnahmen der Pre- und Posttherapie ansehen und formulieren, was ihr an ihrem Postgangvideo gefällt [32]. Bis zur nächsten Sitzung erhielt sie als Hausaufgabe, den Einbandstand zu üben, um sich mindestens 15-mal hintereinander auf den Vorfuß heben zu können.

2. Gangtherapiesitzung

In dieser Sitzung waren eine Steigerung der Kraft der Wadenmuskulatur (die Patientin schaffte 15 Fersenhebungen) und der initiale Fersenkontakt mit Abrollung über den gesamten Fuß zu verzeichnen.

Erneut wurde das Gangbild aufgezeichnet und mit der Patientin analysiert. Sie erkannte, dass ihr dynamischer Knievalgus darin begründet ist, dass ihre Hüftextensoren, -abduktoren und -außenrotatoren nicht schnell und kraftvoll genug arbeiten.

Neben der Korrektur der Adduktion und Innenrotation des Beins galt es, die zentrale Stabilität während der Standphasen durch Fokussierung auf exzentrische Aktivität der hüftstabilisierenden Muskeln sowie der Bauchmuskulatur zu verbessern, und zwar bei funktionell „geraden“ Beinachsen. Die Zielbewegung [7, 9] wurde wieder durch Vergleich der eigenen Gangbilder mit denen der Liebblingssängerin konkretisiert.

Zur Erarbeitung des Widerstands für die Außenrotation wurde das Propriozeptive-Neuromuskuläre-Fazilitation-Pattern (PNF) mit Widerstand in die Extension, Abduktion und Innenrotation auf die Rotationskomponente hin geändert [6, 13], indem in Rücken- und Seitenlage, im Stand und während des Gehens die Extensoren, Abduktoren und Außenrotatoren konzentrisch, isometrisch und exzentrisch mit zunehmender Geschwindigkeit der Ansteuerung trainiert wurden. Im Fokus standen die außenrotatorischen Fasern der Mm. gluteus maximus, medius und minimus, um die Patientin aus ihrem dynamischen Knievalgus herauszuholen [11, 22, 23].

Bei den Übungen für die hüftstabilisierenden Muskeln musste die Patientin die Positionen von der Seiten- über die Rückenlage zurück zur Bauchlage ändern. Aus der Seitenlage mit gebeugtem

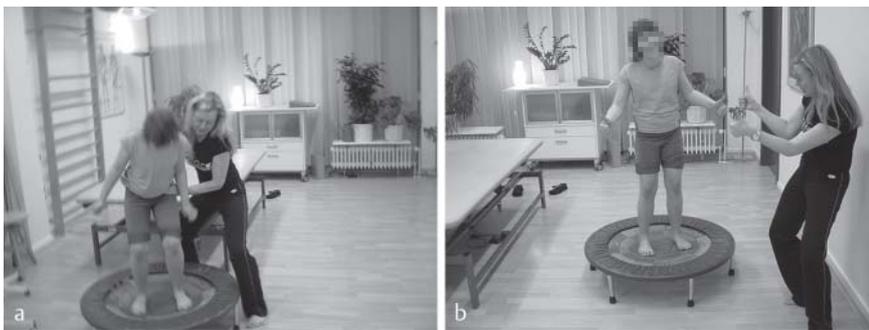


Abb. 5 a Beidseitiges Sprungkrafttraining zur aufpralldämpfenden Landung. b Einbeinsprung zur Entwicklung der Explosivkraft und Schnellansteuerung der Muskulatur mit Landung im exzentrischen Muskelaktivierungsmodus, um die terminale Standbeinphase zu etablieren und den initialen Kontakt mit Dorsalextension zu stimulieren.

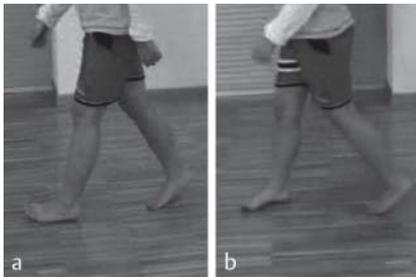


Abb. 6 Bild- und Videovorlagen für das tägliche Heimübungsprogramm.

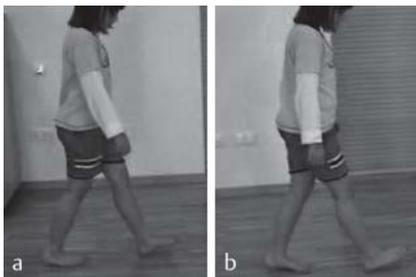


Abb. 7 Bild- und Videovorlagen für das tägliche Heimübungsprogramm.

Hüft- und Kniegelenk startend, streckte sie Hüft- und Kniegelenk und rollte dabei in die Bauchlage, wobei die Therapeutin Widerstand in Hüftabduktion, -extension und -außenrotation gab (◉ **Abb. 8a–c**).

Bei der „Kerzen-Übung“ streckte sich die Patientin aus der Rückenlage mit Hüft- und Knieflexion sowie Dorsalextension aktiv und plantarflektiert gegen Widerstand rapide in Hüft- und Kniegelenk (◉ **Abb. 8d**).

Bei der „Flieger-Übung“ in Bauchlage an der Therapieliege musste sie ihre Extensoren, Abduktoren und Außenrotatoren aktivieren und am Ende der Bewegung gegen Widerstand halten (◉ **Abb. 9**).

Bei der „Fahnen-Übung“ stabilisierte sie Patientin mit Bauchmuskulatur kniend das Becken und drückte bei maximaler Knie- und Hüftstreckung mit Außenrotation gegen Widerstand (◉ **Abb. 10**). Zur weiteren Hüftstabilisierung musste sie im Stand beginnend mit einem Knievalgus bei Hüftadduktion und -innenrotation gegen Widerstand mit Extension, Abduktion und Außenrotation aktiv werden (◉ **Abb. 11**). Für die Heimübungen wurde der Widerstand durch ein Theraband ersetzt.

Für die Schnellansteuerungsaktivität der Waden und hüftgelenkstabilisierenden Muskulatur sprang die Patientin auf dem Trampolin und landete so leise wie möglich mit funktionell gut ausgerichteten Beinachsen.

Beim Gehen erhöhte die Therapeutin während der Stoßdämpfungsphase den Widerstand, indem sie an den Beckenkämmen

nach kaudal drückte und so die Bodenreaktionskräfte und internen Drehmomente der Muskelkraft erhöhte (◉ **Abb. 12**).

Als Hausaufgabe bis zur nächsten Sitzung sollte die Patientin versuchen, das Bein in Seitenlage auch gegen Widerstände von bis zu 10 kg abduziert zu halten und im Einbeinstand 10-mal in einem Kreis von 60 cm Durchmesser hüpfen.

3. Gangtherapiesitzung

Ziele dieser Sitzung waren die Weiterentwicklung durch anspruchsvollere Übungen sowie Dual-Task-Funktionsübungen, um die Bewegungen der unteren Extremität unabhängig von der Konzentration zu halten.

Beim Hüpfen auf der Wackelmatte konnte die Patientin ihre Beinachsen schnell halten, setzte das Gelernte also unter variablen Bedingungen um (◉ **Abb. 13**). Nach Applikation von Widerständen in Richtung Extension–Abduktion–Außenrotation konnte sie sich gut ausrichten.

Beim Training im Barren hob sich die Patientin aktiv im Einbeinstand auf den Vorfuß und senkte gegen Widerstand am Becken langsam wieder die Ferse zum Boden ab, während sie die Hüfte gegen Widerstand in Extension–Abduktion und leichte Außenrotation bewegte. Die Abduktoren und Außenrotatoren wurden durch eine Widerstandsbandage um die Beine verstärkt (◉ **Abb. 14**). Zuhause sollte die Patientin die Übung mit 2 Stühlen durchführen.

Zum Abschluss jonglierte die Patientin mit 3 Tüchern, während die Beinachsen ausgerichtet blieben. Dies gelang ihr entgegen der eigenen Überzeugung schnell (◉ **Abb. 15**).

Ergebnisse

Die Patientin war am Ende der Gangtherapie sehr glücklich, da die Hänseleien in der Schule aufgehört hatten und sie auch nicht mehr stürzte. Nach der 3. Therapieeinheit beendete sie ihre Psychotherapie.

In beobachtender Ganganalyse geschulte und vor der Therapie verblindete 3 Professoren bestätigten die Ergebnisse der Ganganalyse. Bereits nach der 1. Sitzung konnte das Abrollen im initialen Kontakt mit der Ferse beobachtet werden (◉ **Abb. 16**). Eine Rückkehr zum initialen Vorfußkontakt war auch 2 Jahre später nicht festzustellen.

Nach der 2. Therapieeinheit waren die Abweichungen an den Hüft-, Knie- und oberen Sprunggelenken bilateral in funktionale Beinachsen verändert. Erst in der 3. Therapieeinheit konnten die weitere Konditionierung des neuen Gangbilds und neue motorische Kontrollen gesichert werden.

Die exzessive Adduktion und Innenrotation der Hüftgelenke erschien während der Standphasen nun mit physiologischen Beinachsen (◉ **Abb. 17a–d**). In der terminalen Schwungphase fehlte



Abb. 8 Übungen für die hüftstabilisierenden Muskeln mit wechselnden Positionen von der Seiten- über die Rücken- zurück zur Bauchlage und „Kerzen-Übung“.



Abb. 9 „Flieger-Übung“ in Bauchlage zur Aktivierung der Extensoren, Abduktoren und Außenrotatoren.

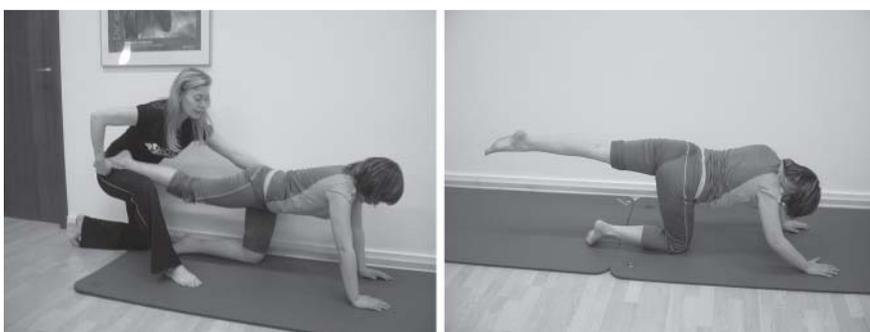


Abb. 10 „Fahnen-Übung“ zur Stabilisierung des Beckens.

noch die Vollendung der Kniestreckung von ca. 10°, und das Becken war überkorrigiert aufgerichtet. Nach den 3 Therapiesitzungen waren alle klinischen Tests verbessert. Weder im M. triceps surae noch in den Adduktoren trat eine Tonuserhöhung auf. Der einbeinige Fersenhebungstest war auf normale 20 Wiederholungen gesteigert und der GMFM 80, 82 und 83 wurden mit 3 von 3 Punkten bewertet.

Die von der Autorin entwickelten Performance-Tests „P-GMFM“ 80, 82, 83 für dieselben Springaufgaben beurteilen die Qualität der Stoßdämpfung, die dazu dient, Verletzungen zu vermeiden. Sie ist wesentlicher Bestandteil der Loading response und der die Standphasen ausmachenden exzentrischen Muskelarbeit. Die Werte verbesserten sich nach der 3. Sitzung auf 3 von 3 Punkten für bilaterales wie unilaterales Hüpfen.



Abb. 11 Hüftstabilisierung im Stand. Betonung auf die Aktivierung der Außenrotatoren.



Abb. 12 Erhöhen des Widerstands durch die Therapeutin während der Stoßdämpfungsphase beim Gehen.



Abb. 13 Motorische Schnellansteuerung der Hüft- und Beckenstabilisierenden beim Hüpfen einschließlich stoßgedämpfter Landung auf der Wackelmatte. **a** Ansteuerung der hüftstabilisierenden Muskeln misslungen = Error Landung. **b** Korrekte stoßgedämpfte Landung einschließlich Halten der Beinachsen.

Die Hüftbeugekontraktur reduzierte sich von 15° auf 5°. Die Flexion der MMT für die Hüftgelenksabduktoren, -extensoren und -außenrotatoren stieg auf MMT 4.

Eine Rückmeldung der Mutter nach 2 Jahren bestätigte, dass es der Patientin sehr gut ging und die Veränderungen am Gangbild anhielten.

Diskussion

Beim Begriff „Spastik“ denken Therapeuten meist an Tonussenkung und -hemmung. Diese Therapieform wird als einzige in der Fachliteratur oder von Ärzten empfohlen [30].

Im Gegenteil sind aber die kraftvolle Aktivität beim Abheben des Körpers und die aktive exzentrische Kontrolle der Bewegung in die Dorsalexension beim einbeinigen Transport des Körpers in die Plantarflexoren notwendig. Gerade bei Kindern nach CP mit dynamischem bilateralem Spitzfußgang könnten so das diplegische „spastische“ Gangbild in ein von der Ferse zum Vorfuß abrollendes Gangbild weiterentwickeln. Die größten Chancen für eine erfolgreiche Therapie mit der GMFCS 1 – 3 bestehen hierfür bei Kindern ab dem 4./5. Lebensjahr.

Es ist also notwendig, trotz der Diagnose „spastisch“ die Muskelansteuerung und die Sprungkraftverbesserung zu trainieren und ein explosives Krafttraining mit einer muskulär kontrollierten stoßgedämpften Landung anzustreben.

Nach Pandayans [21] Definition der Spastik werden nicht nur die Plussymptome der Spastik wie Spasmen, Klonus, gesteigerte Reflexe, veränderter Tonus (erhöhter Widerstand bei passiver Dehnung), sondern auch Minussymptome wie Schwäche, Ermüdungsanfälligkeit und Geschicklichkeitsverlust umschrieben. Besonders bei Kindern nach CP mit dynamischem bilateralem Spitzfußgang (GMFCS 1 – 3) stehen eher Minus- als Plussymptome im Vordergrund. Perry und Burnfield [22] beobachteten Ähnliches bei erwachsenen hemiplegischen Patienten. Entsprechend sollte in der deutschen Fachliteratur darauf hingewiesen werden, dass beide Symptome im selben (und nicht nur im antagonistischen) Muskel auftreten können. Durch eine Ergänzung der Definition der Spastik und die Unterscheidung zwischen neuroortho-



Abb. 14 Barren-Training im Einbeinstand. Gezieltes Training der Extensoren/Abduktoren und Außenrotatoren einschließlich Plantarflexoren.



Abb. 15 Jonglieren mit Tüchern.



Abb. 16 Initialer Kontakt mit Abrollung über Ferse links und rechts.

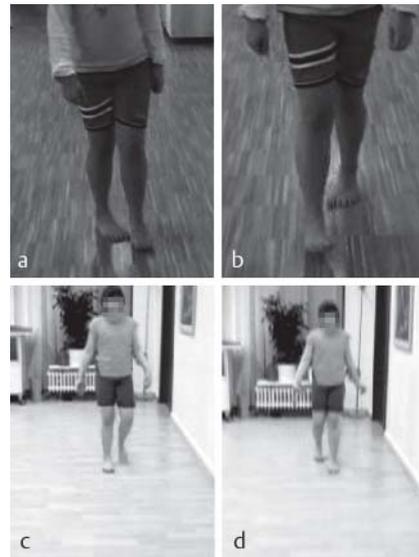


Abb. 17 a, b Vorher (rechtes und linkes Standbein): In den Standphasen exzessive Hüftgelenkadduktion und -innenrotation mit exzessiver Einwärtsdrehung des Fußes im rechten und linken Standbein. **c, d** Nachher (rechtes und linkes Standbein): Deutliche Reduktion der Hüftgelenkadduktion und -innenrotation mit korrigierter Beinachse im Standbein rechts und links nach gezieltem Aktivierungstraining der hüft- und beckenstabilisierenden Muskulatur einschließlich neuronaler Konditionierung des neuen Bewegungsverhaltens.

pädischer Pädiatrie und Erwachsenenneurologie würde die Minussymptomatik der Spastik seltener übersehen. Nach Auffassung der Autorin sollte eine neue Definition der Spastik unter den Minussymptomen noch eine weitere Symptomatik aufnehmen, die für die neuropädiatrische Pädiatrie bedeutend sein wird: die „Blockierung der sich noch zu entwickelnden motorischen Kontrolle (Geschicklichkeit)“. Bobaths [5] Ansicht: „Effort leads to an increase of spasticity and produces widespread associated abnormal reactions. Heavy resistance exercise [...] should be avoided in the case of patients with upper motor neuron lesions“, ist (obwohl modern arbeitende internationale Bobath-Instruktoren dies längst auch anders betrachten) heute logisch fortgeführt, indem Neurotoxine eingesetzt werden, um die „Spastik“ zu reduzieren. Immer häufiger ist die Anwendung von BoNT-A speziell beim primär dynamischen Spitzfuß zu beobachten und gilt oft als „Therapie der Wahl“ [30].

Paradoxerweise leiden Kinder mit spastischer Diplegie unter einer Schwächung des M. triceps surae [8]. Gleichzeitig gehen sie jedoch nur auf dem Vorfuß, d. h. sie weisen eine Plus-symptomatik der Spastik auf. Zeigt die Physiotherapie keinen Erfolg, wollen BoNT-A-Befürworter diese Symptome durch künstliche Lähmung des M. triceps surae durch Nervengift lindern. Nach Gabe von BoNT-A in die Wadenmuskulatur kann es jedoch nicht mehr zur Entwicklung von allen im Bruchteil einer Sekunde ablaufenden Mechanismen kommen, die für ein entwickeltes Gehen notwendig sind. De facto erfordert der entwickelte erwachsene Gang eine enorme Kraft der Wadenmuskulatur: Der Transport des gesamten Körpers (in der terminalen Standphase) hängt von der Fähigkeit der explosiv-kraftvollen Kontrolle ab. Die in diesem Fallbericht vorgestellte Patientin erhielt mehrfach eine Empfehlung zur BoNT-A-Behandlung, deren Ausgangspunkt

in einer Missinterpretation der Ausgangslage lag [22]: Die Hüftadduktion und -innenrotation, die fortlaufend als valgisiertes Knie und inversionsgedrehtes unteres Sprunggelenk erschien, wurde als Hypertonus der Adduktoren gedeutet und entsprechend vorgeschlagen, diese zu hemmen bzw. neurotoxisch „vorübergehend“ zu lähmen. Die Ursache des medialen Kollapses lag aber in der massiven Schwächung der hüft- und beckenstabilisierenden Extensoren, Abduktoren und Außenrotatoren.

Die Therapie mit BoNT-A wird zu Recht kritisch diskutiert. BoNT-A kann zu bleibenden Muskelfaseratrophien und -nekrosen sowie zur Reduktion von Muskelumfang und Querschnittsfläche führen [2, 12]. Wenn die Schwächung der Wadenmuskulatur durch BoNT-A bei Kindern nach CP das einzige Mittel für eine langfristige Reduzierung der Spastik war, aber Kontraktionen dennoch nicht verhindert werden konnten [27] und sogar die Exkursionsfähigkeit des Muskels komplett aufgehoben wurde [2], ist eine so teure ärztlich verordnete Therapie beim dynamischen Spitzfuß äußerst kritisch – und wenn überhaupt – mit extremer Vorsicht anzuwenden.

Hinweis für die Praxis

Auch wenn sich relativ leicht bestimmte bedeutsame Insuffizienzen identifizieren lassen (sofern auch ein systematisches und dynamisches, nicht nur auf der Liege statisches Assessment stattfindet), ist es insbesondere bei Kindern (und auch Erwachsenen) nach CP enorm schwierig, ein gezieltes und auch überprüft gezieltes Training durchzuführen. Auch wenn Ausgangsstellungen und Übung stimmen, fällt es schwer, die entweder „vergessenen“ oder im Falle der Kinder selten bis gar nicht neuronal unterrepräsentierten Hüft- und Beckenmuskeln anzusteuern. Es ist unbedingt darauf zu achten, dass während des Übens selbst auch die Zielmuskulatur (Hüftgelenk: Extensoren, Abduktoren und Außenrotatoren) und nicht etwa die alten dysfunktionalen Bewegungsmuskelsynergien („spastischen“ – ich würde eher sagen: überbeanspruchten Kompensationsmuskeln wie M adductor magnus und Ischiokruralmuskulatur als Ersatz der eingelenkigen Glutäalmuskulatur) aktiviert sind. Dies passiert viel zu schnell und oft mehr als gedacht, sofern man nicht während der Übung wenigstens die Fingerbeeren auf die Muskulatur „zur Ableitung“ und Kontrolle legt. Die alten Aktivierungsmuster haben extrem starke und oft genutzte milliardenfach wiederholte neuronale Netzwerke und „Bahnung“ erfahren. Konsequenz einer nicht überprüften Übungsfolge sind die weiterhin nicht physiologischen Bewegungsausführungen auch während der Therapie. So lange grundständig und nicht nur für Laborzwecke, sondern vor allem innerhalb der Therapie selbst nicht mit einem zumindest „spielerischen EMG“ (das sowohl den Patienten als auch den Physiotherapeuten erkennen lässt, ob auch dort aktiviert wird, wo aktiviert werden soll) als externem Stimulus und Wahrnehmungsleitung trainiert wird (was die Autorin dringend fordert), gilt es, innerhalb einer gezielten Gangrehabilitation streng zu überwachen und zu überprüfen, dass auch die neuen Bewegungsmuster genutzt werden. Auch wenn das Auflegen der Fingerbeeren primitiv erscheint, ist es besser als alte Synergien zu trainieren, die zu keiner Verbesserung des Zustands führen. Die Autorin weist darauf nochmals ausdrücklich hin, weil aus ihrer Erfahrung (30 Jahre Physiotherapie) selbst Hochleistungssportler und Physiotherapeuten, die sich motorisch auskennen sollten, oftmals große Schwierigkeiten haben, auch diese sogenannten „vergessenen“ Muskeln anzusteuern. Das ist kein Wunder, da auch im gesunden Gehirn tatsächlich sensorisch und motorisch

das Hüftgelenk und Becken unterrepräsentiert sind (siehe Homunculus und wie klein die Repräsentationsflächen sind).

Schlussfolgerung

Der vorgestellte Fall zeigt die erfolgreiche Verbesserung des Gangbildes bei einer Patientin nach CP mit spastischer Diplegie durch die videogestützte O.G.I.G.-Gangtherapie in Verbindung mit wöchentlicher auf die Behandlungsstrategie abgestimmten Physiotherapie und einem für die Patientin stimmigen und motivierenden Übungsprogramm im häuslichen Umfeld.

Danksagung

Folgenden beiden Menschen möchte ich meinen herzlichen Dank zum Ausdruck bringen: (1) Frau Prof. Dr. Annette Probst, die nicht nur mir persönlich so oft schon in meinem Leben ständig Mut machte, sondern seit langer Zeit der Physiotherapie enorme Dienste leistet. (2) Meiner Mentorin, Frau Prof. Dr. med. Jacquelin Perry, und auch dem heutigen PK-Laboratory Team des RLANRC. Ich bin ihnen für die große Unterstützung dankbar, derer ich mir täglich sicher sein darf. Diesen Fallbericht möchte ich meiner Mentorin zum Gedenken widmen – sich mutig und unter Umständen unbequem für Andere, aber immer im Dienste des Patienten zu stellen. „No matter what it takes“, ist das große Erbe. Schließlich gilt mein aufrichtiger Dank auch den vielen engagierten pädiatrisch arbeitenden Physiotherapeuten, die mir aus ihrer täglichen Praxis von den vielen geglückten therapeutischen Erfolgen nach der Anwendung der Ganganalyse und O.G.I.G.-Gangtherapie bei den ihnen anvertrauten Kindern berichteten und somit überhaupt den Anstoß gaben, diese Arbeit zu verfassen.

Quintessenz

Eine Etablierung der systematischen O.G.I.G.-Ganganalyse und daraufhin konzipierten individuell designten O.G.I.G.-Gangtherapie bei Kindern mit leichter bis moderater Diplegie nach Zerebralparese (GMFCS 1–3) könnte zur deutlichen Verbesserung von Gangbild und Lebensfreude beitragen.

Literatur

- 1 Antonovsky A. Complexity, Conflict, Chaos, Coherence, Coercion and Civility. *Social Science & Medicine* 1993; 37: 969–974
- 2 Baise BM, Pohlig K. Die Behandlung der dynamischen Spitzfußdeformität unter Verwendung dynamischer Orthesen mit zirkulärer Fußfassung bei Patienten mit infantiler Cerebralparese: Ergeben sich negative Effekte durch die Behandlung mit Botulinumtoxin? *Medizinische Orthopädie Technik* 2011; 3: 66–74
- 3 Berweck S, Heinen F. Treatment of Cerebral Palsy with Botulinum Toxin, Principles, Clinical Practice, Atlas. *Blue Book Botulinum Toxin*. Berlin: Child & Brain; 2008
- 4 Berweck S, Heinen F, Fietzek UM et al. *Blue Box Botulinumtoxin*. 1–3. Bern: Huber; 2008
- 5 Bobath B. The treatment of neuromuscular disorders by improving patterns of co-ordination. *Physiotherapy* 1969; 55: 18–22
- 6 Buck M, Beckers D, Adler S. PNF in der Praxis: Eine Anleitung in Bildern. Berlin: Springer; 2010
- 7 Dettmers C, Nedelko V. Einsatz von mentalem Training in der Neurorehabilitation. *physioscience* 2012; 8: 96–103

- 8 *Engsberg JR, Ross SA, Collins DR.* Increasing ankle strength to improve gait and function in children with cerebral palsy: a pilot study. *Pediatr Phys Ther* 2006; 18: 266–275
- 9 *Ertelt D, Small S, Solodkin A et al.* Action observation has a positive impact on rehabilitation of motor deficits after stroke. *Neuroimage* 2007; 36 (Suppl 2): T164–T173
- 10 *Fukunaga T, Kubo K, Kawakami Y.* In vivo behaviour of human muscle tendon during walking. *Proc Biol Sci* 2001; 268: 229–233
- 11 *Götz-Neumann K.* Gehen verstehen – Ganganalyse in der Physiotherapie. Stuttgart: Thieme; 2003
- 12 *Gough M.* Does botulinum toxin prevent or promote deformity in children with cerebral palsy? *Dev Med Child Neurol* 2009; 51: 89–90
- 13 *Hedin S.* PNF – Grundverfahren und funktionelles Training: Extremitäten, Rumpf und Nacken, Mattentraining, Gangschulung, ADL. München: Urban & Fischer; 2002
- 14 *Heinen F, Bartens W.* Das Kind und die Spastik – Erkenntnisse der Evidence-based Medicine zur Cerebralparese. Bern: Huber; 2001
- 15 *Hislop H, Montgomery J.* Daniels and Worthingham's Muscle Testing. Techniques of Manual Examination. Philadelphia: Saunders; 2007
- 16 *Levitin D.* This is your brain in music. New York: Plume Books; 2007
- 17 *Lotze M, Halsband U.* Motor imagery. *J Physiol Paris* 2006; 99: 386–395
- 18 *Lunsford BR, Perry J.* The standing heel-rise test for ankle plantar flexion: Criterion for normal. *Phys Ther* 1995; 75: 694–698
- 19 *Mailloux Z, May-Benson TA, Summers CA et al.* Goal attainment scaling as a measure of meaningful outcomes for children with sensory integration disorders. *American Journal of Occupational Therapy* 2007; 61: 254–259
- 20 *Mulroy SJ, Gronley J, Weiss W et al.* Use of cluster analysis for gait pattern classification of patients in the early and late recovery phases following stroke. *Gait & Posture* 2003; 18: 114–125
- 21 *Pandayan AD.* Überlegungen zu klinisch relevanten Definitionen und Messungen. *neuroraha* 2010; 2: 106–110
- 22 *Perry J, Burnfield J.* Gait Analysis – Normal and Pathological Function. Thorofare: Slack; 2010
- 23 *Powers CM.* The influence of altered lower-extremity kinematics on patellofemoral joint dysfunction: a theoretical perspective. *J Orthop Sports Phys Ther* 2003; 33: 639–646
- 24 *Reo JA.* Effects of live, videotaped, or written instructions on learning an upper extremity exercise program. *Phys Ther* 2004; 84: 606–607
- 25 *Rucker A, Baier J.* Motivationsfaktoren für Physiotherapie aus Sicht der Patienten. *physioscience* 2012; 8: 163–168
- 26 *Sutherland DH.* Disorders of Motor Control. In: *Gait Disorders in Childhood and Adolescence*. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 1984
- 27 *Tedroff K, Löwing K, Jacobson DN et al.* Does loss of spasticity matter? A 10-year follow-up after selective dorsal rhizotomy in cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2011; 53: 724–729
- 28 *Thaut M, Abiru M.* Rhythmic auditory stimulation in rehabilitation of movement disorders: a review of current research. *Music Perception* 2010; 27: 263–270
- 29 *Warner L, McNeill ME.* Mental imagery and its potential for physical therapy. *Phys Ther* 1988; 68: 516–521
- 30 *Westhoff B, Weimann-Stahlschmidt K, Krauspe R.* Spastischer Spitzfuß. *Der Orthopäde* 2011; 40: 637–647
- 31 *Winstein CJ.* Knowledge of results and motor learning—implication for physical therapy. *Phys Ther* 1991; 71: 140–149
- 32 *Wulf G, Höß M, Prinz W.* Instructions for motor learning: differential effects of internal versus external focus of attention. *J Motor Behavior* 1998; 30: 169–179
- 33 *Wulf G, Shea C, Lewthwaite R.* Motor skill learning and performance: a review of influential factors. *Med Educ* 2010; 44: 75–84
- 34 *Yue G, Cole KJ.* Strength increases from the motor program: comparison of training with maximal voluntary and imagined muscle contractions. *J Neurophysiol* 1992; 67: 1114–1123