

M. Schäfer, M. Baise

## Orthetische Versorgung der oberen Extremitäten bei Kindern mit neuromuskulären Erkrankungen

Orthotic Fittings of the Upper Extremity for Children with Neuromuscular Diseases

Die orthetische Versorgung der oberen Extremitäten bei Kindern stellt im Rahmen der fachärztlichen und therapeutischen Behandlung eine wichtige funktionale Unterstützung dar. In der Wachstumsphase können gezielt eingesetzte Orthesenversorgungen in der konservativen Therapie zu Funktionsverbesserungen und Fehlstellungskorrekturen beitragen. Im Rahmen der postoperativen Lagerung sichern sie das Behandlungsergebnis und unterstützen die funktionale Entwicklung der oberen Extremitäten. Entscheidende Faktoren für den Erfolg einer Orthesenversorgung sind die konsequente Nutzung und vor allem die damit eng verknüpfte Akzeptanz der Orthesenversorgung. Während bei der orthetischen Versorgung der neuroorthopädischen Krankheitsbilder zunehmend ein Fokus auf dynamische und kontinuierlich wirkende Orthesensysteme erkennbar ist, können auch im Bereich der Materialtechniken Fortschritte verzeichnet werden. So kann in der Versorgung neuromuskulärer Krankheitsbilder ein erfolgreicher Trend in dem kombinierten Einsatz unterschiedlich leichter und flexibler Werkstoffe beobachtet werden. Der folgende Beitrag soll einen Auszug aus dem Versorgungsalltag von Kindern mit neuromuskulären Störungen und Ausfällen darstellen sowie die daraus resultierenden orthetischen Versorgungen und deren Wirkungsweisen beschreiben.

Orthotic fittings of the upper extremity for children represent an essential functional support within the treatment by specialists and

therapists. During the period of growth the well-aimed application of orthoses in conservative therapy can contribute to a functional improvement and thus to a correction of malpositions. Within the postoperative positioning they secure the results of the treatment and support the functional development of the upper extremities. A decisive factor for the success of an orthotic treatment above all is the patient's compliance with the orthotic fitting, which is closely related to the consistent use of the orthosis. While in orthotic management of neuroorthopaedic illnesses the focus is increasingly put on dynamic and continuously working orthotic systems, progress can be found in material technologies, too. That is why in the management of neuromuscular diseases we can observe increasing success through the combined application of materials of different weights and flexibility. The following article presents examples of orthotic fittings for children with neuromuscular disorders and failures and describes their way of working in the children's daily routine.

### 1. Einleitung

Orthesenversorgungen der oberen Extremitäten bei neuromuskulären Krankheitsbildern kommen vordergründig bei lähmungsbedingten Ausfällen und Fehlstellungen sowie bei einem Verlust der sensorischen Fähigkeiten zum Einsatz.

So können bei nahezu allen neuromuskulären Krankheitsbildern

sensorische Ausfälle bis hin zum kompletten sensorischen Verlust auftreten. Gerade die oberen Extremitäten weisen eine sehr differenzierte sensorische Wahrnehmung in den Bereichen Schmerz, Temperaturempfinden sowie der Oberflächen- und Tiefensensibilität auf [6]. Eine Wiederherstellung der sensorischen Funktionen kann mit den heutigen Mitteln und dem derzeitigen medizinischen Stand leider nur sehr begrenzt erfolgen. Auffallend ist jedoch, dass der sensorische Verlust meist mit Funktionsdefiziten der Hand einhergeht. Daher wird der Erforschung der sensomotorischen Zusammenhänge und vor allem der positiv beeinflussenden Faktoren sowie deren Beweisführung zunehmend Aufmerksamkeit geschenkt [7].

Eine Einteilung der unterschiedlichen Lähmungsformen kann in die Gruppe der schlaffen und jene der spastischen Lähmung erfolgen [9]. Schlaffe Lähmungen werden in der Regel durch traumatische, entzündliche oder toxische Prozesse verursacht und können von inkompletten bis hin zu kompletten Schädigungen der oberen Extremitäten ein großes Spektrum unterschiedlichster klinischer Merkmale widerspiegeln.

Hierbei handelt es sich in der Regel um motorische Lähmungsformen, bei denen die Muskulatur und die Muskelkraft geschädigt sind. Typische Beispiele für schlaffe Lähmungsarten sind die Poliomyelitis acuta anterior (eine entzündliche, schlaff-sensible Lähmungsform), Plexusparesen (wie zum Beispiel Erb-Duchenne), Myelomeningocele-Spina bifida (komplette/inkom-

plette Querschnittlähmung, asensibel und schlaff) sowie die Arthrogryposis multiplex congenita (eine sensible, schlaff geprägte Sonderform mit multiplen Gelenkkontrakturen).

Während die orthetische Versorgung der oberen Extremitäten bei Kindern mit Poliomyelitis und Spina bifida im Versorgungsalltag eher selten vorgenommen wird, kann die frühzeitig indizierte Versorgung der komplexen Gelenkkontrakturen bei Kindern mit Arthrogryposis multiplex congenita (AMC) als sehr effizient bezeichnet werden.

Spastische kindliche Lähmungsformen treten vordergründig bei der infantilen Zerebralparese auf. In Abhängigkeit zur Lokalisation werden die Typen in unilaterale oder bilaterale Formen unterteilt. Eine differenziertere Betrachtung findet unter der Bewertung der Lokomotionsstufe nach dem Gross Motor Function Classification System (GMFCS) statt [11]. Vereinzelt können auch Hirninfarkte, traumatische Schädigungen, Meningiten und Spinalparalysen als Auslöser der Spastiken beobachtet werden. Das klinische Erscheinungsbild spastischer Lähmungen kann auch in Kombination mit schlaffen Lähmungen auftreten, wie zum Beispiel dem Auftreten einer kraft- und funktionslos hängenden Hand. Insofern ist eine differenzierte Betrachtungsweise auch im Hinblick auf die Hilfsmittelauswahl und die Entscheidung für eine Verordnung sehr wichtig.

Im Folgenden sollen anhand zweier neuromuskulärer Krankheitsbilder, der Infantilen Zerebralparese (IZP) und der Arthrogryposis multiplex congenita (AMC), orthetische Versorgungsmöglichkeiten für die oberen Extremitäten näher erläutert werden.

## 2. Zieldefinition und Indikationen zur Orthesenversorgung

Bei den Zieldefinitionen sollte man zwischen den allgemeinen, an der International Classification of functioning (ICF) orientierten, langfristigen Zielen [14] wie zum Beispiel

- Förderung der selbstständigen aktiven Bewegung,
- Verbesserung der Handlungskompetenz,
- Verbesserung jeder Form von Kommunikation,
- Verbesserung rezeptiver Fähigkeiten,
- Förderung der aktiven Teilhabe am Leben

und den kurzfristigeren Behandlungszielen der spezifischen orthopädischen Behandlung differenzieren. Die Entscheidung zur Durchführung einer orthetischen Versorgung orientiert sich am klinischen Befund und an der funktionsorientierten Zielsetzung vor der Behandlung. Ein wichtiges Differenzierungsmerkmal liegt in der Feststellung, ob es sich bei den zu behandelnden klinischen Auffälligkeiten um strukturelle oder funktionelle Defizite handelt.

### Strukturelle Fehlstellungen

Bei den strukturellen Veränderungen, wie zum Beispiel Gelenkkontrakturen, kann eine präoperative Orthesenversorgung erfolgen, wenn es darum geht, eine Progredienz zu vermeiden und die Ausgangssituation für einen geplanten operativen Eingriff zu sichern. Normalerweise sind orthetische Versor-

gungen bei strukturellen Fehlstellungen nach operativ-korrigierenden Eingriffen wie zum Beispiel Osteotomien, Arthrolysen, Arthrodesen oder auch nach Weichteileingriffen angezeigt. Die orthetische Hilfsmittelversorgung von strukturellen Fehlstellungen prä- und postoperativ hat die folgenden Aufgaben zu erfüllen:

- Progredienzbremse, Verhinderung einer zunehmenden Fehlstellung,
- Sicherung des OP-Ergebnisses und Lagerung in bestmöglicher Korrekturstellung,
- Funktionale passive und aktive Unterstützung zur Verbesserung des Bewegungsumfanges,
- Schutzfunktion gegen äußere Einflüsse und Fehlbewegungen,
- Dehnung der Muskulatur.

Zur Behandlung ausgeprägter struktureller Deformitäten, wie zum Beispiel funktionsbehindernden Flexionskontrakturen, können beispielsweise operative Korrekturen durch Arthrodesen im Hand- und in den Fingergrundgelenken durchgeführt werden. In der Regel wird die operierte Hand noch für ca. sechs bis zwölf Monate postoperativ in einer Orthese gelagert, um das erreichte Ergebnis zu sichern.

Eine ähnliche statische Lagerung erfolgt nach den operativen Korrekturen von Fingerfehlstellungen wie zum Beispiel der Korrektur-OP bei Schwanenhalsdeformität nach Zancolli [15]. Auch hier empfiehlt sich eine postoperative Funktions- und Lagerungsversorgung für einen Zeitraum von neun Monaten.

Nach funktionellen operativen Eingriffen und muskulären Verlagerungen, wie zum Beispiel der Umlagerung des M. pronator teres auf die

Handgelenksstrecker (nach Tubby, in Döderlein [3]) ist für die postoperative orthetische Versorgung eine lagernde und in die Supinationsbewegung unterstützende dynamisierende Oberarmlagerungsothese indiziert. Bei den dynamischen Lagerungen ist ein besonderes Augenmerk auf die formgetreue und stabile Führung der dynamisierten Gelenkpartner zu achten, da ansonsten die achsengerechte Krafteinleitung der dynamischen Korrektorkräfte gefährdet wird und dadurch kompensatorische Momente in den benachbarten Gelenken auftreten können.

In der Behandlung von Kindern mit AMC liegen ebenfalls strukturelle Defizite vor. Aufgrund multipler angeborener Gelenkkontrakturen stellen sich vor allem beim Typ 1 der AMC die Extremitäten-Abschnitte häufig mit erheblichen Kraft- und Funktionsdefiziten dar. Die Arme können sich sowohl in einer Strecksteife ohne jegliche sichtbaren Gelenkkulissen (vgl. „wooden doll“, in Parsch [10]) oder in einer ausgeprägten Beugekontraktur darstellen. Auffallend häufig findet man bei der AMC auch eine ausgeprägte Flexionskontraktur in den Hand- und Fingergelenken sowie den eingeschlagenen Daumen (Abb. 1).

Im Gegensatz zu den oben angegebenen knöchernen strukturellen Fehlstellungen kann die Beweglichkeit der Gelenke durch eine gezielte therapeutische Frühmobilisation und eine begleitende dynamische Orthesenversorgung oftmals verbessert werden. Entscheidend für den Erfolg der konservativen Maßnahme ist der Zeitpunkt des Behandlungsbeginns. Therapeutische Maßnahmen sollten bereits in den ersten Lebensmonaten beginnen. Einen weiteren Erfolg kann man verzeichnen, wenn die orthetischen Maßnahmen möglichst früh, ca. ab dem dritten bis vierten Lebensmonat, eingeleitet werden.

Ein wesentlicher Faktor der Indikationsstellung zur Orthesentherapie liegt in der exakten Kenntnis



Abb. 1 Klinisches Erscheinungsbild der AMC.

der anatomischen Gegebenheiten und der pathologischen Fehlstellungen. Häufig können bei Kindern mit AMC Rotations- und Translationsfehlstellungen in den Gelenken beobachtet werden. Daher sollte die klinische Kontrolle der Gelenkkorrekturen und Drehachsen an den großen Gelenken radiologisch erfolgen.

Da für die Orthopädie-Techniker oftmals keine klaren klinischen Orientierungspunkte zur Ermittlung der Gelenkhöhen zur Verfü-



Abb. 2 Ultraschall-Drehpunktbestimmung der Gelenke (li.) und radiologische Kontrolle der Versorgung (re.).

gung stehen, bedient sich der erfahrene Techniker der Bestimmung des Gelenkdrehpunktes mittels Ultraschall, einer Technik, die im Hause des Erstautors entwickelt wurde (Abb. 2). Eine exakte Orientierung der Drehachsen bietet die beste Grundlage für einen konservativen Behandlungserfolg.

Technische Weiterentwicklungen in der Orthetik sowie die damit zusammenhängende Integration dynamischer Gelenkmechanismen unterstützen nicht nur die postoperative funktionale Behandlung, son-

dern stellen eine wesentliche Bereicherung in der Unterstützung der konservativen therapeutischen Bestrebungen dar – mit dem Ziel eines bestmöglichen Zugewinns bei der Gelenkbewegung. Dynamisch wirkende Federkräfte in den Gelenken bewirken hier eine kontinuierliche und an den Möglichkeiten des Kindes orientierte Redression in die gewünschte Korrekturrichtung.

### Funktionelle Fehlstellungen

Die Feststellung funktioneller Fehlstellungen und Deformitäten erfolgt in der klinisch-funktionalen Abklärung. In Orientierung an der Neutral-0-Methode werden zunächst die aktiven und passiven Bewegungsumfänge sowie der Muskelstatus der oberen Extremitäten ermittelt. In Anlehnung an die physiologischen Stellungen des Armes ist das Erreichen einer Neutral- beziehungsweise einer Funktionsstellung [8] der Hand bei bestmöglichem Erhalt der aktiven Handfunktion das erstrebenswerte Ziel. Die Ursache funktionaler Fehlstellungen ist häufig in den muskulären Defiziten und Dysbalancen neuromuskulärer Krankheitsbilder zu suchen. Sowohl im Bereich der schlaffen wie auch der spastischen Lähmungsarten können klinisch sichtbare Fehlhaltungen in den einzelnen Gelenken der oberen Extremitäten mit oder ohne Korrekturwiderstand in eine funktionale Stellung korrigiert werden.

Die Ziele der orthetischen Versorgung funktionaler Fehlstellungen und Deformitäten orientieren sich am bestmöglichen Korrekturerfolg und können wie folgt formuliert werden:

- Dehnung der Muskulatur mit dem Ziel einer Tonusreduktion,
- verbesserte Kontrolle gesteigerter Eigenreflexe,
- Kontrakturprophylaxe durch inhibitorischen Effekt auf die Alpha-Motoneuronen bei Spastikern [13],
- Korrektur von Fehlstellungen und Deviationen,
- Kräftigung der Muskelfunktion

- in der antagonistischen Muskulatur,
- funktionale Verbesserung des Bewegungsumfanges (dynamische Korrektur),
- bei Alltagstätigkeiten (ADL): Verbesserung der Nutzung und Greiffunktion der Hand,
- Verbesserung der Armkoordination (zum Beispiel Bewegung „Hand zu Mund“),
- kosmetische Verbesserungen, zum Beispiel durch erleichtertes Anziehen.

Die korrigierende Orthesenversorgung schlaffer Lähmungen bewirkt vordergründig eine Verbesserung der achsengerechten Armsituation und damit ein verbessertes Handling der Extremität bei Alltagsaktivitäten wie dem Halten und Führen von Gegenständen, beim Anziehen der Kleidung oder beim Halten von Essbesteck und ähnlichem. Die positiven Auswirkungen dieser Korrekturen sind jedoch ausschließlich auf die passive Nutzung der Extremität begrenzt.

Hingegen sind bei funktionalen Defiziten spastischer Lähmungsarten neben diesen passiven Korrekturmechanismen an schlaffen und kraftlos-hypotonen Muskelpartien die Chancen eines aktiven Hinzugewinns gegeben. Eine Verbesserung der Greiffunktion kann in der Regel dann erwartet werden, wenn eine willkürliche Ansteuerung der Greiffunktion möglich ist. Entscheidend für den Behandlungserfolg ist, dass das Kind aktiv an der Verbesserung der Handfunktion mitarbeitet [3].

Bezüglich der handmotorischen Bewertung muss innerhalb der Zerebralpareesen eine Differenzierung zwischen den jeweiligen Formen der Spastik erfolgen. Während sich die funktionellen Auswirkungen im Bereich der bilateralen Spastik an den Armen meist geringer als in den Beinen darstellt, sind die Funktionseinbußen der unilateralen Spastiken und Athetosen ausgeprägter.

Bei Kindern mit Zerebralparese (IZP) kann häufig eine mangelnde Feinmotorik der Hand und der Finger in Verbindung mit einer ver-

mehrten Neigung zur Pronation, Ulnarabduktion und zur Hyperextension der Fingergrundgelenke festgestellt werden [4]. Weitere Deformitäten der IZP äußern sich auch in einer Flexionsspastik im Bereich des Ellenbogens sowie einer Adduktionsspastik im Bereich der Schulter. Rotatorisch wirkende Spastiken, wie die Unterarm-Pronationsspastik und die Schultergelenks-Innenrotationsspastik, sind mit konservativen Möglichkeiten kaum zu beeinflussen [3].

Die Spastik befällt bevorzugt die zwei- beziehungsweise mehrgelenkigen Muskelgruppen der oberen Extremität, während sich die kleinen Muskelgruppen, wie zum Beispiel die intrinsische Handmuskulatur, insuffizient darstellen. Daher sollte bereits während der klinischen Un-

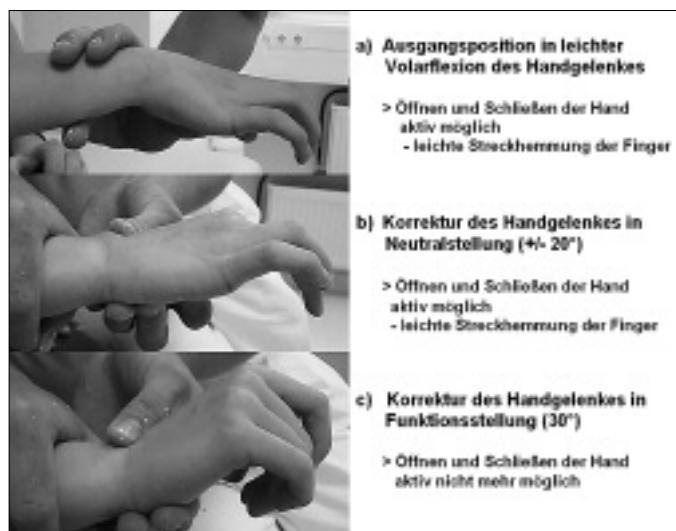


Abb. 3 Klinische Beurteilung der Beugespastik im Handgelenk.

tersuchung und Beurteilung ein gesteigertes Augenmerk auf die kompensatorischen Bewegungsmechanismen der Handmuskulatur gelegt werden.

Ein typisches Beispiel hierfür zeigt sich bei der Korrektur der häufig vorkommenden Beugekontraktur des Handgelenkes. So ist es den Kindern oftmals möglich, die Hand in flektierter Fehlhaltung zu öffnen, während eine Stabilisation in der angestrebten Funktionsstellung des Handgelenkes zu einer deutlich reduzierten Öffnungsweite und somit nahezu zur Funktionslosigkeit der Hand führt (Abb. 3).

In diesen Fällen ist es unabdingbar, die klinisch bestmögliche Korrektur des Handgelenkes bei funktional geöffneter Hand zu definieren und die orthetische Korrektur in dieser Position einzustellen.

Diese Position kann dann als Ausgangspunkt für die therapeutische Übung und Verbesserung der Handfunktion effektiv genutzt werden. Dieses Vorgehen ist auch auf die anderen Extremitätenabschnitte, in denen die Auswirkungen spastischer zwei- oder mehrgelenkiger Muskeln Fehlstellungen verursachen, anzuwenden.

### 3. Orthesenversorgung und Materialauswahl

#### 3.1 Orthesenarten

Die primäre Einteilung der Orthesenarten für die oberen Extremitäten sollte nach den Einsatzgebieten und der Funktion erfolgen. Hohmann [6] und Bähler [1] differenzieren in der Funktion zwischen

den beiden Bereichen der statisch wirkenden Orthesen und der dynamisch wirkenden Orthesen. Beide Bereiche können sowohl lagernde Versorgungen für die Nacht- als auch Tagversorgungen für die Nutzung im Alltag beinhalten.

Während die statischen Orthesenarten die Aufgaben der lagernden Korrektur und der Ruhigstellung eines oder mehrerer Gelenke erfüllen, übernehmen dynamische Orthesenarten die Aufgabe der funktionalen Unterstützung schwacher Muskel-

gruppen sowie eine redressierende Einwirkung auf Fehlstellungen und Kontrakturzustände.

Weitere Differenzierungen können in Anlehnung an die Internationalen Kurzbezeichnungen [6] nach der Bauhöhe und dem Wirkungsort der Orthese erfolgen (zum Beispiel WHO (Wrist-Hand-Orthosis) für eine Mittelhand-Unterarmorthese), desgleichen nach der Funktion der Orthese (zum Beispiel Handgelenks-Quengelorthese), nach charakteristischen Krankheitsbildern sowie nach spezifischen Eigennamen (zum Beispiel Fingergreiforthese nach Engen, in Baumgartner [2]). Eine Trennung dieser einzelnen Zuordnungsmöglichkeiten fällt schwer, haben sich doch zwischenzeitlich die verschiedensten Bezeichnungen im Sprachgebrauch der Fachwelt etabliert.

### 3.2 Materialauswahl

Die Materialauswahl zur Gestaltung von Kinder-Orthesen ist sehr umfangreich. Sie orientiert sich zum einen an den klinisch notwendigen und fachärztlich geforderten Wirkprinzipien, zum anderen an der Akzeptanz der Kinder, denn selbst die bestens wirkende Orthese nützt nichts, wenn sie das Kind nicht akzeptiert und trägt.

Die Materialauswahl für die orthetische Versorgung von Kindern mit neuromuskulären Erkrankungen orientiert sich an den folgenden Anforderungen:

- geringes Gewicht, leichte Konstruktionen und Materialien,
- stabile Konstruktionen zur Sicherung der Korrektur bei Lagerungen,
- leichte Gelenkpassteile mit Schienenverlängerungen zur Wachstumsnachpassung,
- dynamische Gelenksysteme zur Mobilisierung der Gelenkbewegung,
- semiflexible Materialien im Bereich der Hand-Tagversorgungen zur Gewährleistung der bestmöglichen physiologischen Handfunktion,
- geringe Aufbauhöhen: Das Tragen normaler Kleidung muss möglich sein,
- segmentale Bauweise (gemäß dem Pohlig-System) zur Korrektur von dreidimensionalen komplexen Fehlstellungen,
- angenehme hautfreundliche Fütterungsmaterialien,
- farbliche Gestaltungsmöglichkeiten zur Erhöhung der Akzeptanz,
- weiche, formbeständige Bettungsmaterialien zur Flächenbettung in Korrekturzonen,
- Beständigkeit gegen Feuchtigkeit und Schmutz,
- Erfüllung kosmetischer Erwartungen: Im Sinne der sozialen Komponente und der entsprechenden psychischen Auswirkungen sollte ein unauffälliges Aussehen der Orthese angestrebt werden [5].

Bei der Versorgung neuromuskulärer Krankheitsbilder sind die betroffenen Kinder durch reduzierte Muskelmassen und muskuläre Ungleichgewichte belastet; daher ist die Forderung nach stabilen Orthesenkonstruktionen in Leichtbauweise verständlich.

Moderne Materialien und Techniken wie die Carbon-Composite-Technik oder die Prepreg-Bauweise erfüllen diese Anforderungen. Thermoplastische Kunststoffe, wie zum Beispiel Polypropylen/Polyethylen, zeichnen sich ebenfalls durch ein akzeptables Gewicht aus. Sie können allerdings nicht so gut nachgepasst werden und scheiden häufig aus Stabilitätsgründen aus, wenn zusätzliche Elemente wie zum Beispiel Schiebeverschluss-Systeme oder Korrekturen mit ausgeprägten Dehnungswiderständen notwendig sind. Die Carbon-Gießharzbauweise hat sich bei den korrigierenden sowie den dynamischen Armorthesen

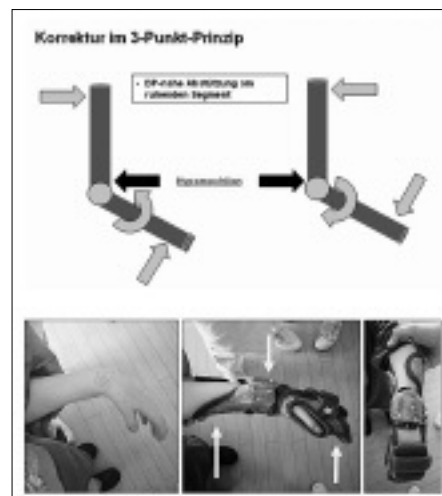


Abb. 4 Drei-Punkt-Korrekturprinzip in der Armorthetik.

senversorgungen etabliert, da man mit der Anwendung dieser Technik nahezu alle geforderten Kriterien erfüllen kann.

Ungeachtet dessen ermöglicht dieses Material gegenüber PE/PP in hervorragender Weise Nachpassungen und Verlängerungsmöglichkeiten (zum Beispiel ein Versetzen von Schienenkonstruktionen ohne den Verlust der Stabilitätswerte). Die Gießharz-Carbon-Fertigungstechnik gestattet außerdem die Gestaltung neuartiger Orthesenkonstruktionen, wie etwa die minimalistische Spiralbauweise in der Oberarmorthesenversorgung. In der Versorgung mit Finger-/Hand-Funktionsorthesen für den Tag sowie die lagernde Bettung der Hand hat der Werkstoff Silikon einen hohen Stellenwert eingenommen [12]. Durch die semiflexiblen Eigenschaften des Silikons kann zum einen die gewünschte Korrekturposition stabilisiert werden (gegebenenfalls mit integrierten Stabilisatoren), zum anderen kann durch

die flexible Randgestaltung ein hoher Tragekomfort sichergestellt werden. Der Werkstoff Silikon ist außerdem in höchstem Maße schmutzresistent und wasserbeständig, sodass der Alltagsnutzung in nahezu allen Bereichen des täglichen Lebens nichts im Wege steht.

### 4. Konstruktionsprinzipien der Orthesenversorgung

Die Konstruktion von Armorthesen basiert im Wesentlichen auf dem Drei-Punkt-Korrekturprinzip und kann in den jeweiligen Bewegungsebenen in einfacher oder kombinierter Form angewendet werden (Abb. 4).

Zur Durchführung und Gewährleistung dreidimensionaler Korrekturwirkungen ist eine separate Anziehtechnik (gemäß dem Pohlig-System) der einzelnen Orthesensegmente sinnvoll. Da es sich bei den dreidimensionalen Korrekturen in der Regel um komplexe Versorgungsanforderungen handelt, kann man sich bei dem Anziehvorgang etappenweise auf die jeweiligen Fehlformen konzentrieren und verringert dadurch die Gefahr kompensatorischer Korrekturverluste. In vielen Fällen können auch kombinierte Drei-Punkt-Prinzipien zur Anwendung kommen. Dies ist zum Beispiel bei der Handgelenkskorrektur mit der Spiral-Unterarmorthese der Fall, die zeitgleich die Handgelenksflexion sowie die Ulnardeviation korrigieren muss (vgl. Abb. 9).

Da man den mittleren Korrekturpunkt des Drei-Punkt-Prinzips selten auf die Gelenkachse positionieren kann, hat sich in der Praxis die gelenknahe Anordnung dieses dritten Anlagepunktes am proximal zur Achse liegenden ruhenden Segment bewährt.

Hierbei wäre es wünschenswert, dass die Orthesenelemente über positionsstabile Verschluss-Techniken mit einer definierten Verschlussweite verfügen, sodass die Wirkungsweise der Orthese nicht in Abhängigkeit zur frei wählbaren Weiteneinstellung des Verschlusses steht. Als besonders effektiv haben sich hier definierte und in die Orthese integrierte Schiebeverschlüsse erwiesen (Abb. 5), durch die eine definierte Korrekturkraft sichergestellt werden kann.



Abb. 5 Schiebeverschlusstechnik (der Firma Otto Bock) in der Armorthetik.



Abb. 6 Orthetische Versorgung von Fehlstellungen im Handgelenk.

Im Folgenden sollen die jeweiligen Orthesenarten der oberen Extremität in Bezug auf den Anwendungsort von distal nach proximal aufgezeigt werden.

Fehlstellungen im Fingerbereich zeigen sich in unterschiedlichsten Variationen. Bei Kindern mit AMC befinden sich die Finger bevorzugt in Flexionskontraktur. Die Korrektur ist schwierig, da die benachbarten proximalen Gelenke (PIP, MP) zur kompensatorischen Subluxation neigen. Prä- und postoperativ erfolgt die Lagerung oft mit dynamischen Orthesen, bei denen die Zugkraft über die Einstellung der extendierend-wirkenden Züge erfolgt (Abb. 6 rechts oben).

Da die Fingerfehlstellungen bei der AMC meist mit einer Fehlstellung proximal liegender Gelenke wie zum Beispiel dem Handgelenk einhergehen, erfolgt in diesen Fällen die Korrektur der Finger durch eine in die Unterarmorthese integrierte Fingereinzelfassung. Die Herstellung dieser Einzelfassung erfolgt in der Regel während der Orthesenanprobe mit dem Kind, da der Spielraum zwischen maximaler Korrektur und kompensatorischer Fehlstellung benachbarter Gelenke gering ist. Sukzessive werden hier kleine Pelotten aus Silikon oder einem weichen PE-Schaum platziert, bis die Finger in einer bestmöglichen Korrekturstellung gelagert sind (Abb. 6 unten rechts, Silikon-Fingereinzelfassung).

Die Hand des ICP-Kindes zeigt sich hingegen noch komplexer. Hier können neben Beugespastiken der Langfinger auch Überstreckungen in den Fingergrund- und Endgelenken sowie immer wieder Ulnardeviationen beobachtet werden, da die Hand- und Fingerbetätigung eine Bevorzugung ulnaren Greifens zeigt.

Bei Kindern mit ICP kann durch die Überstreckung in den Fingergrund- und Mittelgelenken die Tendenz zur Schwanenhalsdeformität erkannt werden. Dies ist auf eine Insuffizienz der intrinsischen Hand-

Hohmann [6]) empfiehlt sich die Versorgung mit einer zirkulär geschlossenen Silikonorthese, in die eine dünnwandige Carbonspange integriert ist. Im volaren Bereich muss beachtet werden, dass die Orthese vor den Beugefalten der MP-Gelenke endet, sodass trotz der korrigierenden Wirkung in den MP-Gelenken eine bestmögliche Greiffunktion gewährleistet werden kann (Abb. 6 links unten).

Im Bereich des Daumens kann man häufig die Position des eingeschlagenen, adduzierten Daumens beobachten. Fast obligat erscheinend, fällt diese Fehlstellung bei Kindern mit AMC Typ I mit betroffener oberer Extremität auf. Auch bei den Kindern des spastischen Formenkreises ist die eingeschlagene Position des Daumens festzustellen.

Diese Position stört bei vielen Stütz-, Halte- und Führungsfunktionen des täglichen Lebens und behindert das Kind in der Ausführung einer regelrechten Greiffunktion. In diesen Fällen hat sich die Versorgung mit einer Silikon-Daumen-Abduktionsorthese bewährt (Abb. 7).

In Abhängigkeit von der Schwere der Fehlstellung kann die Orthese mit integrierten Silikon- oder Carbonstabilisatoren ausgestattet werden. Aufgrund der Flexibilität des Silikons wird das Tragen der Orthese von den Patienten vor allem im palmaren und dorsalen Mittelhandbereich – verglichen mit



Abb. 7 Orthetische Versorgungen von Finger-Fehlstellungen..

muskulatur zurückzuführen [4]. Die Greifbewegung ist oftmals nur in flektierter Position möglich, wobei es zu einer kompensatorischen Hyperextension in den Grundgelenken kommen kann. In Anlehnung an die Konstruktion einer Schienenspange nach Erlacher (in

herkömmlichen Orthesen – als angenehm empfunden. Die physiologische Handfunktion kann in normalem Umfang erfolgen; lediglich die Pathologie des Daumens wird gehemmt. Die Silikonorthesen sind wasser- und schmutzresistent und können bei nahezu allen Aktivitäten des täglichen Lebens getragen werden. Diese angeführten Punkte führen in der Summe zu einer deutlich höheren Akzeptanz der Versorgung und somit auch zu längeren Tragezeiten.

Im Handgelenk dominieren Fehlstellungen in der Frontal- und der Sagittalebene. Hier werden in der Regel Mittelhand-Unterarmorthesen (WHO) mit oder ohne Fingerfassung beansprucht. Die häufigsten Fehlstellungen des Handgelenkes sind in einer Flexionsfehlstellung und einer Ulnardeviation zu erkennen. Die Flexionsstellung im Handgelenk des arthrogrypotischen Kindes stellt sich meist kontrakt dar. Ein frühestmöglichster orthetischer Versorgungsbeginn (ca. im dritten bis sechsten Lebensmonat) kann in Begleitung mit einer zielgerichteten physiotherapeutischen Beübung jedoch sehr positive Ergebnisse zeigen. Oftmals reichen in diesen frühen Phasen zirkulär stützende und nur partiell verstärkte Silikonorthesen (Abb. 8 links) vollkommen aus.

Bei diesen Versorgungsgängen sollte darauf geachtet werden, dass die Korrektur in der Orthese maximal eingestellt wird, da ein leichter Korrekturverlust aufgrund der weichteiligen Unterarmsituation befürchtet werden muss. Hingegen fällt die Korrektur der Handgelenksflexion im fortgeschrittenen Alter deutlich schwerer und kann in der Regel nur auf operativem Wege endgültig begradigt werden. Da die Hände jedoch im Zuge des Wachstums in dieser Position funktionell trainiert werden, sollte die Möglichkeit der Begradigung sowohl unter dem funktionellen Aspekt wie auch dem kosmetischen



Abb. 8 Silikon-Daumenorthesen zur Stellungskorrektur und Funktionsverbesserung.

Effekt kritisch erörtert werden. Selbst dynamische Korrekturschienen mit Gasdruck oder Federelementen vermögen in der Regel bei fortgeschrittenen arthrogrypotischen Kontrakturen lediglich kleine Korrekturerfolge über einen längeren Zeitraum zu bewirken.

Entscheidend hierbei ist, dass die Orthese stets die maximal mögliche und gleichzeitig eine schmerzfreie Korrekturposition einnimmt. Hierfür sollte die Orthese eine rigide Konstruktion aufweisen, die in der

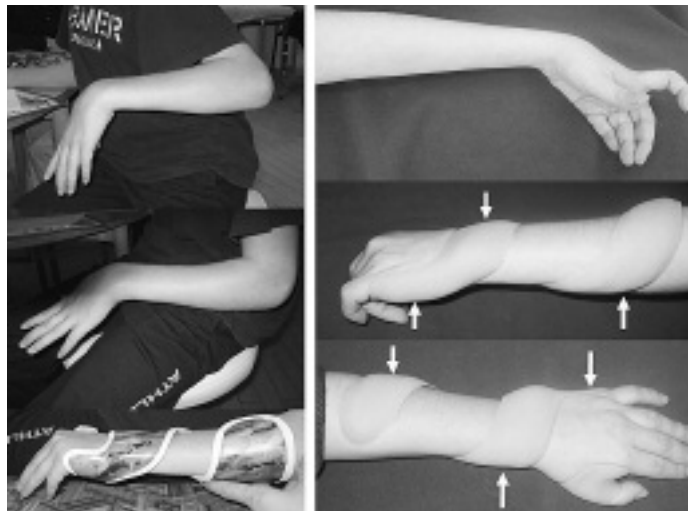


Abb. 9 Mittelhand-Unterarm-Spiralorthese in Polypropylen-Technik (li.) und Prepreg-Silikon-Verbundtechnik (re.).

Lage ist, die auftretenden Korrekturkräfte möglichst flächig zu verteilen. Fingereinzelfehlstellungen sowie mögliche Fehlstellungen in die Ulnarabduktion werden in der Mittelhand-Unterarmorthese entsprechend berücksichtigt. Bei starken Ausprägungen empfiehlt sich hier eine Tag- und Nachtversorgung, da die größten Erfolge durch eine regelmäßige Korrektur zu erzielen sind.

In manchen Fällen ist es möglich, die Tag- und die Nachtversorgung durch eine separate Adaption der Fingerführung zu kombinieren. Im Gegensatz hierzu handelt es sich bei den spastischen Handfehlstellungen häufig um funktionelle Fehlstellungen, die mit mehr oder weniger starkem Dehnungswiderstand in eine physiologische Handgelenkstellung korrigiert werden können. Auch bei spastischen Händen müssen aufgrund des ulnarbetonten Greifmusters bevorzugt Fehlhaltungen im Sinne einer Palmarflexion/Ulnardeviation korrigiert werden. Da eine aktive Dorsalextension im Handgelenk nicht zu erwarten ist, muss die orthetische Konstruktion die neutrale Handgelenkstellung sichern. In Anlehnung an eine von Malick/Baumgartner beschriebene Orthesenkonstruktion [8] hat sich hier die modifizierte Mittelhand-Unterarm-Spiralorthese bewährt. Die Konstruktion der Orthese wird in Abhängigkeit von den notwendigen und geforderten Korrekturkräften entweder in Polypropylen (Abb. 9 links) oder in einer Prepreg-Silikonverbundtechnik (Abb. 9 rechts) ausgeführt. Je nach dem Befund der Hand kann eine zusätzliche Anstützung und Korrektur im Daumengrundgelenk erfolgen. Die Orthese benötigt aufgrund ihrer geschwungenen und selbststabilisierenden Konstruktion keinerlei Verschlüsse und wird sowohl von Kindern als auch von Erwachsenen im Alltag sehr gut akzeptiert.

Ist eine Tag-Versorgung mit einer Unterarmspiralorthese aufgrund der anatomischen Verhältnisse bei sehr schlanken und knöchernen Armen nicht möglich, kann alternativ auf eine Mittelhand-Unterarmorthese in Silikontechnik zurückgegriffen werden (vgl. Abb. 8 unten rechts).

Durch die teilflexible Bettungstechnik können die sensiblen Knochenareale mit dieser Technik schonend und sehr funktionell gebettet werden.



**Abb. 10** Oberarmorthesen mit dynamischen Gelenkeinheiten, Oberarm-Spiralorthese (re.).



**Abb. 11** Pohlig-Slide-Orthesensystem zur dynamischen Supinations- und Pronationskorrektur im Unterarm.

Die orthetische Versorgung des Ellenbogens stellt nur in wenigen Versorgungsfällen eine lokalisierte Orthesenversorgung dar. In der Regel werden die Handwurzel und die Mittelhand zur Sicherung der korrekten Unterarmrotation mit eingebettet.

Beispiele hierfür sind isolierte strukturelle oder funktionelle Flexionskontrakturen. Sie können mit Lagerungs- und Funktions-Oberarmorthesen, die ein dynamisches Gelenksystem haben, behandelt werden (Abb. 10). Bei der Versorgung von Flexionsspastiken erfreut sich die Versorgung mit Spiralorthesen in Gießharz-Carbonechnik und mit einschaltbarem dynamischem Gelenksystem einer guten Akzeptanz. Die Orthese wird zunächst mittels separater Anziehtechnik nach Pohlig in der flektierten Stellung adaptiert und dann nach exakter Positionierung in die Dynamisierung aktiviert (Abb. 10 rechts und Mitte). Die dynamischen Gelenksysteme können in Abhängigkeit zur Gelenkgröße und zum benötigten dynamischen Kraftanspruch entweder unilateral medial (bei geringer Bauhöhe und mäßigem Kraftanspruch) oder lateral mit medialem Mitläufer (bei größerer Bauhöhe und höherem Kraftanspruch) positioniert werden. Die Vorteile dieser Gelenksysteme gegenüber herkömmlichen Quengelsystemen liegen auf der Hand. Zum einen kann eine dauerhafte Korrekturwirkung auch bei Stellungsänderungen ge-

währleistet werden, zum anderen kann sich die Extremität gegen die Korrekturrichtung bewegen. Dies gewinnt vor allem vor dem Hintergrund einschließender Spasmen mit Tonuserhöhung an Bedeutung.

Die konservative Versorgung von Unterarmpronations- und Supinationsfehlstellungen gestaltet sich deutlich schwieriger. Bei der Versorgung der ICP treten vornehmlich Unterarmpronationsspastiken in Kombination mit Handgelenksflexionsfehlstellungen auf. Diese kombinierten Fehlhaltungen können durch funktionelle Sehnen-Transpositionen (OP nach Tubby) oder durch Verlagerungen des muskulären Ursprungs (OP nach Erlacher/Page/Scaglietti) funktionell verbessert werden. Postoperativ sollte zeitnah eine Oberarm-Unterarm-

Handorthese anfertigt werden. Diese muss im Handgelenk in einer leicht dorsalflektierten Neutralstellung (20 Grad) gebettet werden. Im Bereich des Unterarmes kann das neuartige dynamische Rotations-System „Pohlig-Slide“ eine dynamisch einstellbare Supinationskorrektur bewirken (Abb. 11). Das Oberarmsegment dient als rotationsstabiles Gegenlager und wird bei freier Ellenbogenfunktion mit einfachen Gelenken adaptiert.

Im Bereich der Schulter stellen sich die orthetischen Versorgungsmöglichkeiten deutlich limitierter dar. Während bei den schlaffen Lähmungsbildern, zum Beispiel bei Plexuslähmungen, hauptsächlich statische Orthesensysteme zum Einsatz kommen – etwa selbsttragende Schulter-Oberarmorthesen und Bandagenkombinationen zur Entlastung der Zugkräfte auf das Schultergelenk – existieren im funktionellen Sinne der aktiven Mobilisierung kaum Versorgungsvarianten. Spastische Adduktionskontrakturen im Schultergelenk werden bei vorliegendem Beschwerdebild in der Regel operativ behandelt.

Ein abschließendes Augenmerk soll auf die Hilfsmittelversorgung von Kindern mit neuromuskulären Erkrankungen gerichtet werden. Aufgrund der vielfach beschriebenen Fehlstellungsformen und Funktionsdefiziten sowie den begleitenden sensorischen Störungen können



**Abb. 12** Verschiedene Hilfsmittel zur Verbesserung der ADL (Activities of daily living), mit Anwendungsbeispielen.

oftmals nicht alle Fehlformen zeitnah beseitigt werden. In diesen Fällen muss man unbedingt dafür Sorge tragen, dass die Kinder für die erfüllbaren Tätigkeiten des täglichen Lebens (ADL) Hilfestellungen bekommen. Diese können in Form von einfachen Schneide-, Greif-, Schreib- und Eshilfen bis hin zu individuell gefertigten Hilfsmitteln reichen (Abb. 12). Dabei ist es auch wichtig, die Motivationen des Kindes aus dem Lebensalltag zu kennen. Eine therapeutische Beübung dieser Hilfsmittel in der Ergotherapie ist bei dieser Versorgungsart sehr sinnvoll.

## 5. Fazit

Der vorliegende Artikel kann lediglich einen Auszug aus der bunten Palette der individuellen orthopädie-technischen Versorgungsmöglichkeiten repräsentieren. Gerade bei Kindern mit neuromuskulären Erkrankungen besteht vielfach die Möglichkeit, durch eine gezielte und konsequente interdisziplinäre Zusammenarbeit im gesamten Versorgungsteam, deutliche Erfolge zu verzeichnen. Die zielgerichtete Orthesentherapie ist ein Baustein des

Mosaikes und leistet auf dem Weg hin zu einem Zugewinn an Funktion und Lebensqualität einen wichtigen Beitrag. Die technischen Neuentwicklungen der letzten Jahre orientieren sich an diesem Zugewinn und verbessern zunehmend die Möglichkeiten einer effektiven Rehabilitation.

Die einmalige Chance, unter Ausnutzung des noch folgenden Wachstums Körperentwicklungen zu lenken, zu führen und damit Reifungs- und Lokomotionsprozesse positiv zu beeinflussen, besteht nur in diesem Lebensabschnitt des Menschen. Daher sollten gerade in dieser Phase alle Hebel in Bewegung gesetzt werden, um gemeinsam ein möglichst positives Ergebnis zu erzielen.

### **Die Autoren:**

*Michael Schäfer, OTM  
Pohlig GmbH  
Grabenstätter Str. 1  
83278 Traunstein*

*Dr. (B) Monique Baise  
Behandlungszentrum Aschau  
Bernauer Str. 18  
83229 Aschau im Chiemgau*

### **Literatur:**

- [1] Bähler, A., S. Bieringer: Orthopädiotechnische Indikationen, Huber-Verlag, 2. Auflage (2004), 315-368, 541 ff
- [2] Baumgartner, R., B. Greitemann: Grundkurs technische Orthopädie, Thieme-Verlag, 2. überarbeitete Auflage (2007), 112-120
- [3] Döderlein, L.: Infantile Zerebralparese, Steinkopf-Verlag (2007), 61-66, 139-141, 279-283
- [4] Feldkamp, M., H.-H. Matthiaß: Diagnose der infantilen Zerebralparese im Säuglings- und Kindesalter, Thieme-Verlag, 2. Auflage (1998), 77 ff
- [5] Hefti, F.: Kinderorthopädie in der Praxis, Springer-Verlag (1997), 501-509
- [6] Hohmann, D., R. Uhlig: Orthopädische Technik, Georg Thieme Verlag, 9. überarbeitete und neu gestaltete Auflage (2005), 334-387
- [7] Laube, W.: Sensomotorisches System, Georg Thieme Verlag, 1. Auflage (2009), 105 ff
- [8] Malick, M., R. Baumgartner: Lagerungsschienen für die Hand, Georg Thieme Verlag, 3. Auflage, 1976
- [9] Niethard, F. U.: Kinderorthopädie, Georg Thieme-Verlag, (1997), 295 ff
- [10] Parsch, K., S. Pietrzak: Arthrogryposis multiplex congenita, Der Orthopäde, Springer Medizin Verlag, (2007), 281-292
- [11] Russel, D. J., P. Rosenbaum, L. M. Avery, M. Lane: GMFM und GMFCS. Messung und Klassifikation motorischer Funktionen, Verlag Hans Huber Bern, 1. Auflage (2006), 103 ff
- [12] Schäfer, M.: Silikone in der technischen Orthopädie, Medizinisch orthopädische Technik, Tischler Verlag, (2008), 7-16
- [13] Stotz, S.: Therapie der infantilen Zerebralparese, Pflaum-Verlag (2000), 51-54, 109
- [14] WHO: Internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit (ICF), World Health Organization, 2005
- [15] Zancolli, E. A.: Surgical rehabilitation of spastic upper limb in cerebral palsy, Livingstone/ New York, Churchill, 1987