

FACHARTIKEL

Sonderdruck des Fachartikels aus
Ausgabe 05/24 der ORTHOPÄDIE TECHNIK

PROTHETIK

Verfasser: M. Schäfer, T. Wetzelsperger, S. Kunz,
E. Laassidi, M. Hehmann, K. Laassidi

**FIRST – eine neuartige Konzeptprothese für die
frühe Versorgung von Kindern mit angeborenen
Fehlbildungen an den oberen Extremitäten**

**FIRST – a Novel Concept Prosthesis for the Early Care of Children with Congenital
Malformations of the Upper Extremities**

FIRST – eine neuartige Konzeptprothese für die frühe Versorgung von Kindern mit angeborenen Fehlbildungen an den oberen Extremitäten

FIRST – a Novel Concept Prosthesis for the Early Care of Children with Congenital Malformations of the Upper Extremities

Die prothetische Versorgung der kindlichen oberen Extremität ist in den seltensten Fällen auf einen klassischen Amputationshintergrund zurückzuführen. Zwar treten auch hier traumatisch bedingte Amputationen wie z. B. in Folge landwirtschaftlicher oder verkehrsbedingter Unfälle oder Amputationen nach Tumorerkrankungen auf, den dominanten Anteil der Versorgungsindikationen an der kindlichen oberen Extremität nehmen jedoch jene Fälle ein, in denen Kindern aufgrund angeborener Fehlbildungen Finger, die Hand, der Unterarm oder sogar der ganze Arm fehlt. Nicht selten kommt es im Zuge von ersten prothetischen Versorgungen zu einem ablehnenden Verhalten der Kinder. Dieses ist einerseits auf den Umstand zurückzuführen, dass bei diesem Krankheitsbild der Körper von Geburt an kortikal so angelegt ist, wie er ist, und die Kinder eine fehlende Hand nicht vermissen, zum anderen wurde der erstprothetischen Versorgung von Kindern mit angeborenen Fehlbildungen keine ausreichende Aufmerksamkeit im Hinblick auf die regelhafte motorische Entwicklung eines Kindes zuteil. Die bis dato zu meist zum Einsatz kommenden passiven Erstprothesenversorgungen – früher Patschhände genannt – bieten keine wirklich spürbare und effiziente Unterstützung und somit auch keinen tatsächlichen Mehrwert in dieser frühen Versorgungsphase des kindlichen Alltags. Basierend

auf dieser Erkenntnis wurde ein neuartiges System zur erstprothetischen Versorgung von Kindern mit angeborenen Fehlbildungen entwickelt.

Das hier vorgestellte neuartige Prothesenkonzept FIRST setzt genau an den geschilderten Problemen und den daraus gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnissen an. Über eine spielerische Gestaltung dieser Konzeptprothese, orientiert an der motorischen Entwicklung in der frühkindlichen Phase, ausgeführt im bunten 3D-Druck-Design und angereichert mit verschiedenen Werkzeugen für den Einsatz im frühkindlichen Alltag, versucht die FIRST-Prothese die Aufmerksamkeit des Kindes zu wecken und den Charakter eines Alltagbegleiters im Leben abzubilden.

Schlüsselwörter: Dysmelie, Kinder, FIRST, Armprothese, 3D-Druck, Entwicklungsmotorik

The prosthetic treatment of the child's upper extremity is rarely due to a classic amputation background. Although traumatically-related amputations also occur here, such as a result of agricultural or traffic-related accidents or amputations after tumor diseases, the main indications for care of children's upper extremities are those cases in which children have malformed fingers, hands, etc. due to congenital malformations in the Forearm or even the entire arm. It is not uncommon for children to behave negatively during the first

prosthetic fittings. On the one hand, this is due to the fact that in this clinical picture the body is cortically designed the way it is from birth and the children do not miss a missing hand, and on the other hand, the initial prosthetic care of children with congenital malformations has not received sufficient attention the regular motor development of a child. The passive initial prosthetics that have mostly been used to date – previously called patty hands – do not offer any really noticeable and efficient support and therefore no actual added value in this early care phase of the child's everyday life. Based on this knowledge, a novel system was developed for the initial prosthetic care of children with congenital malformations.

The novel FIRST prosthetic concept presented here addresses exactly the problems described and the experiences and insights gained from it. Through a playful design of this concept prosthesis, oriented towards motor development in the early childhood phase, executed in a colorful 3D printed design and enriched with various tools for use in everyday life in early childhood, the FIRST prosthesis attempts to arouse the child's attention and character of an everyday companion in life.

Key words: Congenital Malformations, Children, FIRST, Upper Extremity Prosthetics, 3D-Print, Developmental Motor Skills

Einleitung

Die Inzidenz von angeborenen Fehlbildungen an den oberen Extremitäten kann leider nicht in einem internationalen Zusammenhang angegeben werden, weil diese nur in vereinzelten Ländern und nicht durchgängig erhoben wird. Insofern stützt man sich in der Aussage auf die konkreten Zahlen dieser Erhebungen. Demnach kommen angeborene Fehlbildungen an den oberen Extremitäten bei ca. 1 von 2800 Geburten vor [1, 2]. Je nach Ausprägungsform können individuelle Hilfsmittel wie Prothesen oder individuell angepasste Alltagshilfen funktionelle Defizite ausgleichen und die Optik und/oder Funktion der versorgten Extremität an das physiologische Vorbild annähern.

Schon früh versuchte man, die Kinder mit passiven Prothesen ab einem Alter von ca. 6 Monaten an die Verwendung von externen Hilfsmitteln zu gewöhnen, um die motorische und neuronale Entwicklung im Kindesalter hin zu einer bimanuellen Interaktion im Alltag zu fördern [3]. Die erfolgreiche Anwendung eines solchen Körperersatzes verlangt jedoch vom Kind eine gezielte Koordination der eingeschränkten Freiheitsgrade mit oft notwendigen Ausgleichsbewegungen erschwerend zum fehlenden taktilen Feedback der Prothese. Zusätzlich empfinden Kinder mit kongenitalen Fehlbildungen an der oberen Extremität ihre gesundheitliche Lebensqualität in vielen Fällen als kaum herabgesetzt im Vergleich zu gesunden Kindern [4].

Dabei spielen auch klinische Faktoren, wie z. B. die noch vorhandene Länge des fehlgebildeten Ärmchens, eine nicht zu unterschätzende Rolle, da vor allem die längeren distalen Stumpfvarianten gute bimanuelle Kompensationen erfüllen können und von den Kindern auch entsprechend erfolgreich eingesetzt werden [5]. Auch existierende Handgelenke oder Pseudo-Handgelenke, deren distaler Part nur weichteilig-muskulär dargestellt ist, können den funktionalen Einsatz des fehlgebildeten Ärmchens funktionell bereichern [6]. Zu respektieren ist auch, dass sich Eltern von Kindern mit angeborenen Fehlbildungen gegen eine prothetische Versorgung für ihr Kind entscheiden können.

Die Summe der situativen und klinischen Erkenntnisse vereinfacht die Empfehlung zum Start einer möglichen Hilfsmittelversorgung nicht maßgeblich. In der Literatur existieren viele unterschiedliche Erkenntnisse, die auf einen Versorgungsstart zwischen dem 2. Lebensmonat und dem 2. Lebensjahr als möglichen Startzeitpunkt für eine prothetische Versorgung hinweisen [7]. Studien mit kindlichen Patientenkollektiven zeigen auch länderspezifische Unterschiede zum Versorgungsstart sowie der Art der ersten Prothesenversorgung [8, 9].

Letztendlich kann man konstatieren, dass in eine Entscheidung zum Zeitpunkt der ersten prothetischen Versorgung mehrere Kriterien einfließen. Neben dem persönlichen Umfeld des Kindes sowie der kognitiven Entwicklung fließen auch die klinischen Voraussetzungen der Extremität mit ein. Die Art des angebotenen Hilfsmittels, die Auswahl der zur Verfügung stehenden Technologien sowie die Unterstützung beim Erlernen des Anwendens nehmen einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf den Versorgungserfolg.

In Nordamerika wurde zu Beginn des Jahrtausends im Rahmen einer Umfrage von 56 % der befragten Kliniken rückgemeldet, dass sie den Start der prothetischen Versorgung im Alter von 6 Monaten – zunächst mit passiven und Eigenkraft-gesteuerten Prothesenvarianten – präferieren, die Versorgung mit einer myoelektrischen Prothese aber schon oft vor einer Beendigung des 1. Lebensjahres zum Einsatz kommt. Das selbstständige

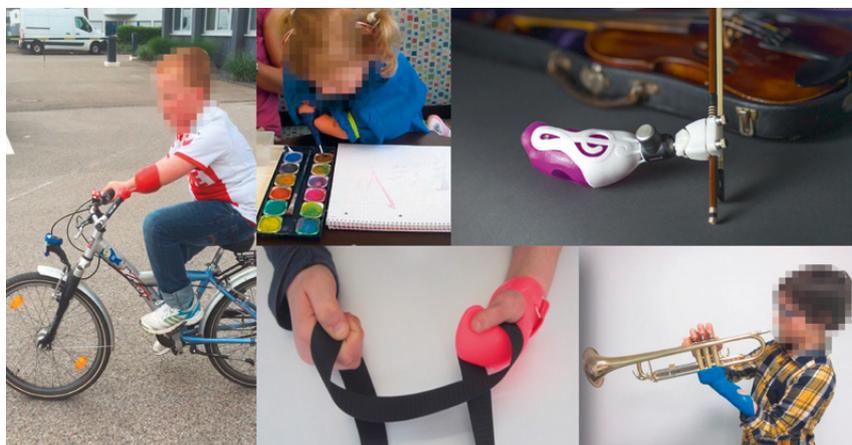
Sitzen des Kindes, das normalerweise zwischen dem 6. und 10. Lebensmonat erlernt wird, wurde im Kontext zur Prothesenversorgung von einigen Kliniken als Voraussetzung zum Versorgungsstart benannt. Einen konkreten entwicklungsneurologischen Bezug kann man aus dieser Forderung jedoch nicht ableiten [7].

Erkenntnisse aus der prothetischen Versorgung der oberen Extremität im Kindesalter

Prothesenversorgungen im Bereich der oberen Extremitäten können eine wichtige Rolle im Leben von Kindern einnehmen. Dabei sind jene Kinder mit tatsächlich durchgeführten Amputationen deutlich in der Minderheit und werden in den meisten Fällen eher in den distal gelegenen Amputationsniveaus der Hand und des Unterarmes prothetisch versorgt [1, 2, 8].

In der Nachversorgung amputierter Kinder steht die prothetische Versorgung nicht zur Diskussion, da sie in diesen Fällen die wichtige Herausforderung einer bestmöglichen körperlichen und funktionalen Wiederherstellung der zuvor vorhandenen und kortikal angelegten Hand einnimmt. Studien hierzu belegen neben positiven psychologischen Effekten auch den wertvollen Beitrag von Prothesen sowohl zur Minderung der kortikalen Reorganisation wie auch des Phantomschmerzes [9, 10].

Leider sind die höheren Gelenkniveaus wie das Ellenbogen- und Schultergelenk in der prothetischen



Fotos: Pohlig GmbH

Abb. 1 Individuell angepasste Alltagshilfen für Kinder mit angeborenen Fehlbildungen.

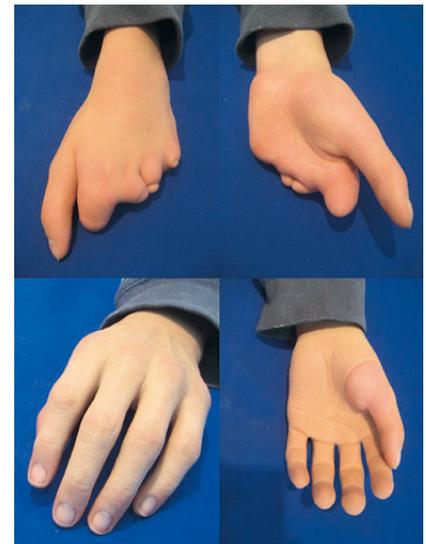
Passteilauswahl nur sehr gering und funktionell ungenügend repräsentiert. Dagegen fordert die indikative Weichenstellung zur prothetischen Versorgung bei Kindern mit angeborenen Fehlbildungen ein deutlich differenzierteres Vorgehen. Die Kinder vermissen die fehlenden Anteile der oberen Extremität nicht, weil diese bereits seit der Geburt körperlich so angelegt sind. Geringgradige Ausprägungen mit Fehlbildungen an den Fingern und der Hand können oftmals gut und ohne größere Einbußen im Lebensalltag kompensiert werden. Sobald jedoch die Greif- und Haltefunktion der Hand eingeschränkt ist, hat dies auch Auswirkungen auf den Lebensalltag. Oftmals können spezifische Funktionalitäten für gewisse Tätigkeiten wie z. B. Essen, Schreiben, Greifen, Halten, Lenken und Bedienen von Alltagsgegenständen durch individuell angepasste Alltagshilfen kompensiert werden (Abb. 1). Ist das Defektvolumen jedoch größeren Ausmaßes, hierzu zählt bereits das Fehlen der Hand, dann sollte auf jeden Fall der unmittelbare Behinderungsausgleich durch eine Prothese in die indikative Auswahl einbezogen werden (Abb. 2).

Kinder mit transversalen Reduktionsdefekten im Bereich des Unterarmes stellen in der oberen Extremität das größte Kollektiv dar, das für eine Prothesenversorgung in Frage kommt [11]. Mit zunehmendem Längendefizit fällt es den Kindern mit angeborenen Fehlbildungen an den oberen Extremitäten schwer, die fehlende Armlänge zu kompensieren und Alltagsakti-

vitäten vollumfänglich ausführen zu können, wobei diese Defizite mit zunehmendem Alter auch verstärkt negative Auswirkungen auf die motorische Entwicklung haben können [12].

Die Art der zum Einsatz kommenden Prothesenversorgung hängt sowohl vom Alter und der kognitiven Entwicklung des Kindes als auch von den Erstattungsrichtlinien des jeweiligen Gesundheitssystems eines Landes ab. So werden z. B. in den USA passive und Eigenkraft-gesteuerte Prothesensysteme im Rahmen der erstprothetischen Versorgung eingesetzt, gefolgt von myoelektrischen Prothesen, wohingegen im europäischen Raum die passiven Prothesensysteme zur Erstversorgung, gefolgt von den myoelektrischen Systemen dominieren [13].

Für die Prothesenversorgung stehen demnach unterschiedliche technische Möglichkeiten zur Verfügung, die je nach Anwendung sowohl eine funktionelle Unterstützung als auch einen optischen Ausgleich leisten können (Abb. 3). James beschreibt 2010, dass die meisten Kinder mit einer Fehlbildung im Unterarm eine nahezu normale Funktionalität und Lebensqualität erreichen können [14]. Passive Prothesen bieten dabei eine Unterstützung in der sozialen Akzeptanz der Gesellschaft und der körperlichen Wiederherstellung. Prothesen mit funktionalen Werkzeugen können den Kindern im besten Fall eine Funktionserweiterung ermöglichen. Sie stellt jedoch auch fest, dass viele Kinder mit einer einseitigen angeborenen Fehlbildung im Unterarm das



Fotos: Pohlig GmbH

Abb. 3 Wiederherstellung der Körperform mit Silikon-Handprothese.

Tragen einer Prothese ablehnen, weil ihnen die zur Verfügung stehenden Prothesen zu wenig funktionale Zugewinne im Alltag bieten.

Gestützt wird diese Aussage von einer Metaanalyse zur Ablehnungsquote von Prothesen für die obere Extremität. Diese zeigt, dass ca. 45 % der Kinder Eigenkraft-gesteuerte und 35 % der Kinder myoelektrische Versorgungen ablehnen, bei erwachsenen Anwendern konnte im Vergleich eine niedrigere Ablehnung mit jeweils 26 % und 23 % festgestellt werden [15].

Dennoch verfügen Kinder mit kongenitalen Fehlbildungen an den oberen Extremitäten über motorische Einschränkungen, die sich tendenziell mit zunehmendem Alter weiter verstärken und im schlimmsten Fall zu Überlastungsschäden führen können [16–18]. Das unterstreicht die Komplexität und Vielfältigkeit der zu beachtenden Faktoren, die in ein adäquates Prothesenkonzept für die obere Extremität bei Kindern einfließen sollten, damit die notwendigen Vorteile erreicht werden und das Hilfsmittel im Alltag auch zur erfolgreichen Anwendung kommt und getragen wird.

Mit dieser Erkenntnis wird jedoch auch der Aufruf an Prothetiker und Entwickler adressiert, zukünftig Prothesen zu entwickeln, die eine verbesserte Teilhabe ermöglichen.

Die Niederländer Postema et al. konnte in einer crosssektionalen Studie mit 32 Kindern unter Befragung



Fotos: Pohlig GmbH

Abb. 2 Angeborene Reduktionsdefekte an der kindlichen oberen Extremität.

der Kinder sowie deren Eltern ermitteln, dass die Ablehnungsquote bei etwas mehr als einem Drittel aller Kinder (34 %) lag [19]. Dabei wurde festgestellt, dass ein Erstversorgungszeitpunkt nach dem 2. Lebensjahr, ein mangelnder funktionaler Nutzen in der Anwendung der Prothese sowie die Phase der Pubertät zu einer erhöhten Ablehnungsquote führt.

Gestützt werden diese Erkenntnisse durch eine umfangreiche Multicenter-Studie von Mitarbeitern der Shriner-Kinderkliniken in Kalifornien von 2007 [20]. 489 Patienten im Alter zwischen 2 und 20 Jahren, die eine einseitige transversale Fehlbildung am Unterarm hatten, wurden darin zur Zufriedenheit mit ihrer prothetischen Versorgung, der Lebensqualität sowie zur funktionsgebenden Bereicherung ihres Alltages durch Prothesen befragt. Auch hier haben 34 % der Befragten die Versorgung mit einer Prothese abgelehnt und gaben dafür im Wesentlichen die fehlende Funktion, den fehlenden Tragekomfort, ein mangelhaftes Aussehen oder eine schlechte Passform an.

Egermann et al. kommen in einer Studie mit 41 Kindern mit Fehlbildungen im Unterarm, alle zwischen dem 2. und 5. Lebensjahr und versorgt mit myoelektrischen Kinderprothesen, zu der Erkenntnis, dass die Kinder unterschiedliche Prothesenfunktionen für ihren Alltag wünschen und aufgrund dessen auch ein Bezug zwischen der Variabilität und der Akzeptanz der Prothesenversorgung besteht [21].

Dies geht mit den Untersuchungsergebnissen von Bagley et. al. einher, dass die Lebensqualität bei Kindern mit angeborenen Fehlbildungen an den oberen Extremitäten nahezu normal ist, sie jedoch für spezifische Alltagssituationen und Aktivitäten Unterstützung benötigen [20].

In Schweden wurde ebenfalls eine Umfrage (DISABKIDS-Questionnaire) zur gesundheitsbezogenen Lebensqualität von 140 Kindern und Jugendlichen mit angeborener Reduktions-Fehlbildung im Alter von 8–16 Jahren durchgeführt [22]. Die Ergebnisse zeigen, dass Kinder und Jugendliche mit angeborenen Extremitäten-Fehlbildungen eine deutlich höhere Lebensqualität erzielen als Kinder mit anderen chronischen Erkrankungen. Dies bestätigen auch Ergebnisse früherer Studien [4].

Während Fischer und Könz [23] im Rahmen ihrer ergotherapeutischen Bachelor-Arbeit zu der Schlussfolgerung gelangen, dass multifunktionelle Prothesen, welche darauf abzielen, jegliche Fähigkeiten einer Hand zu ersetzen, nicht realisierbar sind, stellen Peterson und Prigge in ihren Ausführungen ein Protokoll für eine erfolgreiche frühe Prothesenanpassung mit myoelektrischer Armprothese vor [24]. Unter Berücksichtigung der neurologischen Entwicklung werden hier die motorischen Fähigkeiten der Greifentwicklung und die bimanuellen Fähigkeiten des heranwachsenden Kindes in Kontext zur kognitiven Entwicklung gesetzt. Basierend auf Erkenntnissen in der Hirnforschung, die in Untersuchungen von einer positiven Rückkopplung des funktionsunterstützenden Tragens einer Armprothese auf die Hirnaktivität [25] berichten, wird in dieser Auseinandersetzung auch der frühzeitige Einsatz eines aktiv greifenden myoelektrischen Prothesensystems als wichtig erachtet. Nach Erfahrung der Autoren sind Kinder im Alter von 12 Monaten bereits in der Lage, ein myoelektrisches System zu kontrollieren, während das Bedienen Eigenkraft-gesteuerter Prothesen erst zu einem deutlich späteren Zeitpunkt realisiert werden kann. Die auf diese Aussage hin kritische Auseinandersetzung mit dem Sachverhalt [26], inwieweit die Versorgung mit einer Prothese, insbesondere mit einer Prothese mit einer aktiven Greiffunktion positive Auswirkungen auf die Entwicklung des Gehirns hat, ist spannend und muss sicherlich in einem weiterführenden interdisziplinären Dialog mit Entwicklungsneurologen fortgesetzt werden.

Die jüngsten Arbeiten von Battraw et al. [27] stellen die grundsätzliche These auf, dass die psychosoziale und funktionelle Verbesserung, die das Kind durch eine entsprechend gestaltete Prothese erfährt, entscheidend für die Akzeptanz und das Tragen der Prothese sind. Dabei sollten die Prothesen stets so gestaltet werden, dass die Fehlbildung Peergroup-verträglich ist und das Kind unter Gleichaltrigen keinem zusätzlichen Stigma ausgesetzt ist.

Herausforderungen, die an ein modernes und erfolgreiches Kinderprothesensystem zu stellen sind, werden in dieser Arbeit begründet, hergeleitet

und zusammenfassend wie folgt formuliert:

- Die Prothese soll die altersgerechten Alltagsaktivitäten unterstützen und ein kindgerechtes Aussehen haben.
- Der Einstieg in die Prothesenversorgung soll für das Kind leicht gemacht werden, schnelle Erfolge in der Umsetzung sind wichtig.
- Die Prothese sollte möglichst leichtgewichtig sein.
- Die Prothese soll gerade für Kinder robust sowie wasser- und schmutzresistent sein.

Entwicklung des konzeptionellen Ansatzes „Die FIRST-Prothese“

Die zuvor aus der Literatur geschilderten Erkenntnisse und Erfahrungen können durch viele Versorgungsbestimmungen bestätigt werden. Die Tatsache, dass passive Erstprothesen, früher auch aufgrund der zum Fäustling geschlossenen Kinderhandvariante „Patschhand“ genannt, von vielen Kindern mit angeborenen Fehlbildungen nicht angenommen wurden, hat mehrere Gründe. Ergänzend zu den Erkenntnissen von Battraw et al. [27] bieten sie neben der mangelnden Sensibilität und Feinmotorik [28] im Alltag eines heranwachsenden Kindes zu wenig funktionelle Unterstützungsmöglichkeiten, erzielen wenig Aufmerksam-

keit und Akzeptanz beim Kind [29] und der Umwelt und werden oftmals eher als lästig empfunden.

Diese Herausforderung aufgreifend, hat man sich 2017 in einem Qualitätszirkel im Hause der Autoren gemeinsam mit den Therapeuten an einen prothetisch-konzeptionellen Neuanfang gewagt. Grundsätzlich war klar, dass die Prothese sowohl funktionell als auch im Aussehen für das Kind einen spielerischen Charakter bekommen soll und aus Gründen der verbesserten Aufmerksamkeit bunt zu konzipieren ist.

Klar war auch von Beginn an, dass die neue frühkindliche Erstversorgungsprothese FIRST heißen soll. Die Bedeutung der Namensgebung setzt sich sowohl aus dem Zeitpunkt der Versorgung, der Erwartung an das System, den verschiedenen Einsatzgebieten sowie dem Charakter der Versorgung wie folgt zusammen:

F rühkindliche
I ntegrative
R ehabilitative
S ituationsorientierte
T rainingsprothese

Basierend auf den Grenzsteinen zur frühkindlichen körper- und handmotorischen Entwicklung [30] der ersten Lebensmonate und Jahre wurden verschiedene Wechselaufsätze der FIRST-Prothese mit unterschiedlichen Funktionalitäten konzipiert, die zum einen an die jeweilige motorische Entwick-



Foto: Pohlig GmbH

Abb. 5 Selbstständiger Tausch des Wechselafters durch das Kind.



Foto: Pohlig GmbH

Abb. 6 Ball-Fang- und Wurflilfe zur FIRST-Prothese.



Foto: Pohlig GmbH

Abb. 4 Die verfügbaren Wechselafters zur FIRST-Prothese.

lung des Kindes adaptieren, zum anderen aber auch in der Therapie zur Weiterentwicklung und zur Förderung der Fähigkeiten des Kindes genutzt werden können (Abb. 4).

Eine Grundvoraussetzung für die Konzeption dieser Erstversorgungsprothese lag darin, dass die Kinder bereits im Kleinstkindesalter in der Lage sein sollten, die Wechselafters selbstständig in ihrem Lebensalltag wechseln zu können, so dass diese jederzeit und in einem selbstbestimmten Kontext gewählt und ausgetauscht werden können (Abb. 5). Letzteres geht auch einher mit einer reduzierten Belastbarkeit dieser Komponenten. In Anlehnung an die motorische Entwicklung wurden die ersten Wechselafters als „Starter-Kit“ mit der Funktion einer Schaufel, einer Rolle eines Kinderhändchens mit federndem Daumen und eines Greifers gewählt. Sobald die Kinder diese Wechselafters sicher und selbstbestimmt im Alltag einsetzen können, kann man in einem weiteren Versorgungsschritt die nächste Entwicklungsstufe mit dem weiterführenden „Follow-up-Kit“, bestehend aus einem Hammer, einer Fang- und Wurflilfe (Abb. 6) sowie einer Ess- und Funktionshilfe, ergänzen. Seit kurzer Zeit steht auch ein Lenkhilfe-Adapter zur Verfügung, der am Fahrrad befestigt werden kann und in den das Kind seine Prothese adaptieren kann.



Abb. 7 Individuelle Größenbestimmung für die Wechseladapter der FIRST-Prothese.

Mit diesen bunten und kindgerechten Wechseladaptoren kann die FIRST-Prothese wie ein Multifunktions-Werkzeugkasten genutzt werden.

Konstruktion der FIRST-Prothese

Das Layout der FIRST-Prothese wurde zunächst auf die Versorgung von Kindern mit transversalem Reduktionsdefekt abgestimmt, da dies das größte Versorgungskollektiv darstellt. Alle Adapter sowie der Außenschaft der FIRST-Prothese werden digital konzipiert und im additiven 3D-Druck unter Anwendung des selektiven Lasersinter-Verfahrens nach einem dokumentierten Ablauf aus PA11/PA12 hergestellt, anschließend oberflächenbehandelt, gefärbt und montiert. Produkte in dieser Fertigungstechnik haben sich vor allem für die Versorgung der oberen Extremitäten bewährt, weil sie eine Bauraum- und querschnittsoptimierte Gestaltung ermöglichen [31]. Dies hat zur Folge, dass die Prothese deutlich leichter als Kinderprothesen in traditionellen Fertigungstechniken ausgeführt werden kann, was sowohl die Akzeptanz als auch den Tragekomfort für das Kind spürbar erhöht.

Die Größe der Wechseladapter wird bei jeder Versorgung individuell an die Größe der Kinderhand angepasst, so dass entsprechende Funktionalitäten wie z. B. die Griffweite mit zunehmendem Wachstum auch größer werden (Abb. 7).

Der Außenschaft verfügt über ein Handgelenk mit dem Universaladapter, das sich bereits in der 3. weiterentwickelten Bauweise befindet. Es ist über eine Edelstahllachse mit dem Unterarm-Außenschaft verbunden und kann wahlweise mithilfe eines halb-

runden Arretierungsclips festgestellt werden (Abb. 8). Der Innenschaft der FIRST-Prothese wird aufgrund des zumeist noch sehr jungen Alters der Kinder in einer thermoplastischen Technik (Abb. 9b) angefertigt, so dass im

Zuge von Wachstumsschüben mehrmals im Volumen nachgepasst werden kann.

Bei längeren Unterarm-Fehlbildungen kann die Bauweise aufgrund der ausreichend guten Führungseigenschaften deutlich flexibler gestaltet werden, indem man die Fläche des Außenschaftes reduziert (Abb. 9a). Wahlweise und bei besonderen Anforderungen, wie z. B. anatomischen Hinterschneidungen, Hypersensibilitäten der Haut oder einem erhöhten Anspruch an die Haftung der Prothese, kann der Innenschaft auch in einer HTV-Silikon-Vollkontakt-Schafttechnik gefertigt werden (Abb. 9c).

In Abhängigkeit zur Stumpflänge und dem Armniveau können weitere Konstruktionsvarianten zum Einsatz kommen. So kann es beispielsweise

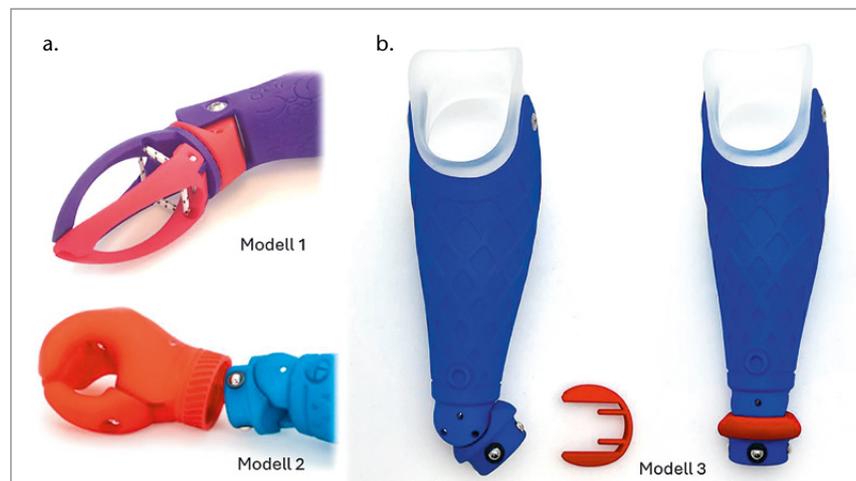


Abb. 8a u. b Handgelenk der FIRST-Prothese; alte Varianten (a), neue Variante 3 mit Sperrclip (b).

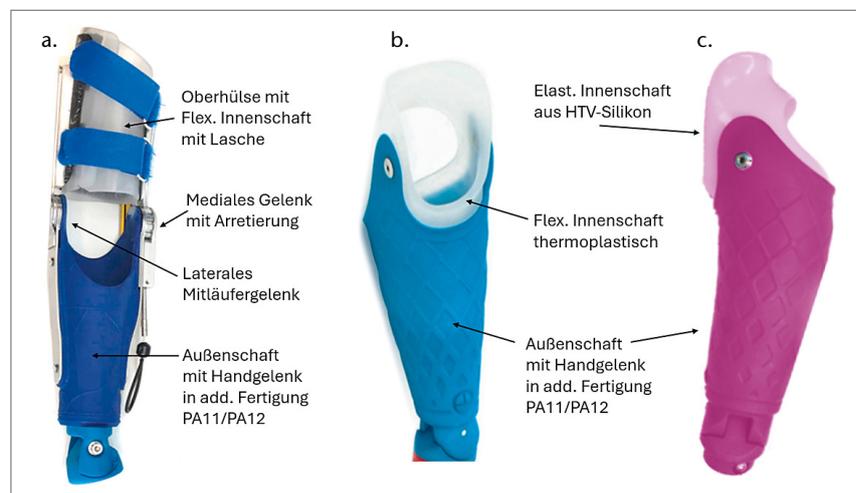


Abb. 9a-c Unterarm-Schaftgestaltungsvarianten bei der FIRST-Prothese.

vorkommen, dass bei sehr langen Unterarmstümpfchen auf den Einsatz des Handgelenkes verzichtet wird und damit etwaige Überlängen vermieden werden. Bei ultrakurzen Unterarmstümpfen hat sich hingegen die Versorgung mit einer „Open-end-Variante“ [6] mit gelenkgeführter Oberhülse und flexiblem Innenschaft mit Lasche bewährt (Abb. 10b). Dabei ist darauf zu achten, dass die suprakondyläre Bettung der humeralen Epikondylen anatomisch konturiert in die Oberhülse eingearbeitet wird, da dieser Schaftbereich der Prothese Rotationsstabilität gewährleistet.

Die Versorgung der deutlich seltener vorkommenden Oberarmfehlbildungen wurde nach den ersten Erfahrungskurven mit der Unterarm-FIRST-Prothese (Abb. 10c) konzipiert. Auch hier bestehen 2 Versorgungsvarianten, zum einen die bereits vom ultrakurzen Unterarm bekannte Variante mit der Oberhülse, dem flexiblen Innenschaft mit Lasche und den bilateralen Ellenbogen-Gelenkschienen. Diese kommen bei angeborenen Ellenbogen-Exartikulationen und langen Oberarmstümpfchen zum Einsatz. Zum anderen besteht bei mittellangen und kürzeren Stumpfvarianten die Möglichkeit der endoskeletalen Versorgung mit einem Rohrskelettsystem (Abb. 10a). Hier empfiehlt sich der Einsatz eines sperrbaren Ellenbogensystems, welches über einen Druckknopf am Handgelenk entriegelt und justiert werden kann.

Abb. 11 FIRST-Probeprothese mit Probeadapter.



Fotos: Pohlig GmbH

Versorgungsablauf mit der FIRST-Prothese

Die erstprothetische Versorgung von Kleinkindern erfordert viel Aufmerksamkeit und Einfühlungsvermögen. Bereits die Formabdrucknahme des Unterarmstümpfchens kann in der frühkindlichen Phase herausfordernd sein, da die Kinder in diesem Alter selten Verständnis für diese Maßnahme aufbringen können. Nach Erstellung eines Formmodelles wird in Anlehnung an die Abläufe des Qualitätsstandards im Bereich Prothetik der oberen Extremitäten [32, 33] auch bei der FIRST-Prothese zunächst eine Probeprothese erstellt. In der Regel wird der Innenschaft aus einem flexiblen wiederverschweißbaren Thermoplast erstellt, das im Zuge der Anprobe gute Änderungs- und Nachbesserungsmöglichkeiten bietet. Über den Innenschaft wird eine Carbon-Probespange angefertigt, die zur Verbindung mit den FIRST-Komponenten dient. Hier

für gibt es einen FIRST-Probepadapter, der sowohl das Handgelenk als auch die Aufnahme für die verschiedenen Handkomponenten beinhaltet und auf thermoplastischem Wege an die Carbonspange angeformt und mit ihr verbunden wird (Abb. 11). Neben Passformoptimierungen müssen bei der Probeprothese auch die Endlänge sowie die Stellung der Prothese ermittelt werden. Die FIRST-Probeprothese wird dann geübt und beschult und zur externen Erprobung mit nach Hause gegeben.

Der Zeitraum der externen Erprobung wird zur digitalen Konstruktion der definitiven FIRST-Prothese auf den gescannten Grundmodellen genutzt. Nach positivem Abschluss der externen Probephase wird sowohl der Prothesenschaft wie auch die ganze Probeprothese inkl. Stellung eingescannt und zur weiteren Bearbeitung vorbereitet. Zu diesem Zeitpunkt werden auch das Design und die Farbe der Prothese ausgewählt (Abb. 12).

 <p>a.</p>	 <p>b.</p>	 <p>c.</p>
<p>FIRST-Oberarmprothese-Endo mit Verschalung</p> <p>Indikation:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kurze und mittellange Reduktionsdefekte am Oberarm 	<p>FIRST-mit bilateralen Gelenken, und Oberarmhülse</p> <p>Indikation:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lange Reduktionsdefekte am Oberarm • Ellenbogen-Exartikulationen • Ultrakurze Reduktionsdefekte am Unterarm 	<p>FIRST-Unterarmprothese mit arretierbarem Handgelenk</p> <p>Indikation:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kurze, mittellange und lange Reduktionsdefekte am Unterarm

Abb. 10a-c Konstruktionsvarianten bei der FIRST-Prothese.

Fotos: Pohlig GmbH

Außerdem werden die Wechselkomponenten auf die individuellen Maße der kindlichen Hand gefittet, endbearbeitet und zur Endanprobe montiert. Die Erstabgabe erfolgt in der Regel mit 4 Wechseladaptern (Starter-Kit) (Abb. 13).

Prothesengebrauchsschulung

Die Prothesengebrauchsschulung [32–34] stellt eine essentielle Maßnahme im Rahmen der erstprothetischen Versorgung – und ganz besonders im Rahmen der frühkindlichen Versorgung – dar. Die Kinder benötigen die gezielte Förderung und Unterstützung, um so die verschiedenen Funktionsadapter bestmöglich zum Einsatz zu bringen (Abb. 14).

Bei der FIRST-Prothese folgt die Gebrauchsschulung einem 5-stufigen Programm, das sich aus den folgenden Schritten zusammensetzt:

1. Gewöhnen: Das Begleiten der ersten Gewöhnungsphase beinhaltet das Adaptieren an die neue Situation, das Gewicht der Prothese, die neue Armlänge und vor allem das tägliche Tragen und Nutzen der Prothese.
2. Entdecken: Sobald die Eingewöhnung vollzogen wurde, beginnt die Entdeckungsphase. Unter Berücksichtigung einer beidhändigen Interaktion werden die Funktionsadapter spielerisch auf neue Nutzungsgebiete ausgeweitet.
3. Spielen: Das Spielen nimmt in der frühkindlichen Phase eine wichtige Rolle ein. Die Prothese sollte dabei, wenn möglich, die grobmo-



Abb. 13 Definitive FIRST-Prothese mit Starter-Kit.

torischen Halte- und Führungsaufgaben einnehmen, so dass die nicht beeinträchtigte Hand die feinmotorischen Aufgaben erfüllen kann. Die Spiele sind vor allem im Kleinstkindesalter noch sehr elementar und beinhalten die Tätigkeiten Halten, Stecken, Stapeln, Auspacken, Blättern, Walzen, Greifen etc.

4. Automatisieren: Durch einen zunehmenden Einsatz der Prothese werden auch die Abläufe automatisiert wiederholt und auf verschiedenen Bewegungsebenen zum Einsatz gebracht. Ziel ist die Integration und Akzeptanz der Prothese in das Körperschema. Auch dabei spielt die beidhändige Interaktion eine wichtige Rolle.
5. Vorbereiten auf die Erweiterung/Folgeversorgung: Werden die ersten Funktionsadapter beherrscht, kann die Ausweitung auf neue Komponenten und Funktionen erfolgen. Auch nächste Stufen der

Abb. 12 Themenmuster- und Farbauswahl für die FIRST-Prothese.





Fotos: Pohlig GmbH

Abb. 14 Definitive FIRST-Prothese in kindlichen Alltagssituationen.

Fortbewegung, wie z. B. das Dreirad-/Roller-/Lauftradfahren können durch die FIRST-Prothese unterstützt werden.

Die Begleitung durch eine zielgerichtete Gebrauchsschulung ist für die Kinder enorm wichtig. Sie erhöht nicht nur die Akzeptanz der Prothese, sondern vermittelt den Kindern auch Anreize, die Prothese zielgerichteter und v. a. beidhändig einzusetzen. Im Übergang zur aktiven myoelektrischen Prothese werden die in der Prothese enthaltenen Hohlräume genutzt, um das Prothesengewicht der FIRST-Prothese sukzessive zu erhöhen und sich dem höheren Gewicht der Myoprothese anzunähern. Dadurch wird das Kind sowohl im Aufbau der benötigten Muskulatur wie auch im Handling des höheren Prothesengewichtes auf die Folgeversorgung bestmöglich vorbereitet.

Diskussion, Ergebnisse

Subsumiert man die in der Literatur aufgeführten Erkenntnisse sowie die daraus resultierenden Anforderungen für eine kindgerechte frühfunktionale Prothesenversorgung, so konnten viele dieser Anforderungen erfolgreich in dem FIRST-Konzept umgesetzt werden.

Das Beste vorweg: Die Resonanz und Akzeptanz der FIRST-Prothese seitens der Kinder ist gut. Durch den spielerischen Charakter, das wählbare Design und die bunten Farben erfährt die FIRST-Prothese eine sehr gute Akzeptanz. Vor allem Kinder, die zuvor traditionelle passive Versorgungen getragen haben, schätzen das gerin-

ge Gewicht der Prothese, das farbliche Layout und die deutlich erhöhte Funktionalität durch die Wechseladapter der prothetischen Erstversorgung.

Durch die Möglichkeit, den Komponentenwechsel selbst vorzunehmen, wird bei vielen Kindern anfänglich auch das Gefühl des Stolzes verzeichnet, was wiederum auch die Trageintensität steigert. Vereinzelt beobachten wir eine temporäre Nutzung der FIRST-Prothese, die an die Funktionalitäten gekoppelt sind. Auch das ist als Erfolg zu werten.

Die Prothese ist wasser- und schmutzresistent und kann nach etwaigen Verunreinigungen auch wieder gut gesäubert werden. Das deutlich reduzierte Gewicht und die erhöhte Funktionalität durch die verschiedenen Funktionskomponenten erwecken bei den Kindern sichtlich Aufmerksamkeit und Akzeptanz. Vereinzelt berichten die Eltern der etwas älteren Kinder, dass z. B. andere Kinder in der Kita neidisch sind und auch so eine Prothese wollen. Auch diese Attraktivität trägt zu einer Steigerung der Akzeptanz des Hilfsmittels bei.

Die Therapieziele sind klar formuliert und liegen in der Förderung der gesunden motorischen und geistigen Entwicklung, in einer Verbesserung der Kraft, Beweglichkeit und Körpersymmetrie. Die beidhändige Interaktion nimmt bei allen Bestrebungen einen wichtigen Part ein und vervollständigt das Körperschema des Kindes.

Nach den ersten Jahren der Erfahrung mit der FIRST-Prothese fällt auf, dass die Kinder durch Umgang und Bedienen des Hilfsmittels auch

deutlich routinierter in die Folgeversorgung mit einer aktiven myoelektrischen Prothese einsteigen. Im Vergleich zu Kindern ohne prothetische Vorversorgung fällt auf, dass sich die Signalgebung zur Ansteuerung der aktiven Prothese spürbar stärker und differenzierter darstellt. Sowohl der muskuläre Aufbau wie auch die gewonnenen koordinativen Fähigkeiten leisten einen spürbaren Vorschub in der entscheidenden Phase der Eingewöhnung.

Aufgrund der Tatsache, dass digitale Arbeitsschritte und Abläufe in den Workflow dieser Versorgung integriert werden konnten, stellt sich die FIRST-Prothese auch im Hinblick auf den Kosten-Nutzen-Effekt im Vergleich zu sonst üblichen Habitusprothesen in einem wirtschaftlichen Rahmen dar und wird von den Kostenträgern bis dato gut angenommen. Entscheidend sind am Ende jedoch die positive Resonanz und der Einsatz des Hilfsmittels, denn nur wenn es im Alltag eine entsprechende Nutzung erfährt, hat es sich auch gelohnt.

Dankagung:

Die Entwicklung des FIRST-Konzeptes wurde 2018 gestartet. Erste Versorgungsvarianten standen der Pohlig GmbH 2020 zur Verfügung. Seit diesem Zeitpunkt wurde das Konzept in einer Teamleistung kontinuierlich weiterentwickelt und verbessert. Der große Dank und die Wertschätzung gilt all jenen Mitarbeitern aus der Orthopädie-Technik, Therapie und Entwicklung der Pohlig GmbH, die an diesem Projekt wertvollen Input geleistet und mit viel Engagement an der Weiterentwicklung und Umsetzung des FIRST-Konzeptes mitgearbeitet haben.

Interessenkonflikt:

Die Autoren sind Angestellte der Pohlig GmbH.

Für die Autoren:

Michael Schäfer
c/o Pohlig GmbH
Grabenstätter Str. 1
83278 Traunstein
m.schaefer@pohlig.net

Peer-Review

Begutachteter Beitrag/reviewed paper

Zitation: Schäfer M et al. *FIRST – eine neuartige Konzeptprothese für die frühe Versorgung von Kindern mit angeborenen Fehlbildungen an den oberen Extremitäten. Orthopädie Technik, 2024; 75 (5): 90–99*

Literatur:

- [1] Parker SE et al. Updated national birth prevalence estimates for selected birth defects in the United States, 2004–2006. *Birth Defects Research Part A: Clinical and Molecular Teratology*, 2010; 88 (12): 1008–1016
- [2] Koskimies E et al. Congenital upper limb deficiencies and associated malformations in Finland: a population-based study. *The Journal of hand surgery*, 2011; 36 (6): 1058–1065
- [3] Meurs M et al. Prescription of the first prosthesis and later use in children with congenital unilateral upper limb deficiency: A systematic review. *Prosthetics and orthotics international*, 2006; 30 (2): 165–173
- [4] James MA et al. Impact of prostheses on function and quality of life for children with unilateral congenital below-the-elbow deficiency. *Journal of Bone & Joint Surgery*, 2006; 88 (11): 2356–2365
- [5] Kuyper MA et al. Prosthetic management of children in the Netherlands with upper limb deficiencies. *Prosthetics and Orthotics International*, 2001; 25: 228–234. doi: 10.1080/03093640108726606
- [6] Schäfer M, Multerer C. Angeborene Fehlbildungen der oberen Extremitäten. In: Greitemann B, Brückner L, Schäfer M, Baumgartner R. (Hrsg.). *Amputation und Prothesenversorgung*. Stuttgart, New York: Thieme, 2016: 532–545
- [7] Shaperman J, Landsberger S, Setoguchi Y. Early upper limb prosthesis fitting: when and what do we fit. *Journal of Prosthetics and Orthotics*, 2003; 15 (1): 11–17. doi: 10.1097/00008526-200301000-00004
- [8] Vakhshori V et al. Trends in pediatric traumatic upper extremity amputations. *Hand*, 2019; 14 (6), 782–790
- [9] Flor H. Phantom-limb pain: characteristics, causes, and treatment. *The Lancet Neurology*, 2002; 1 (3): 182–189
- [10] Diers M, Flor H. Phantomschmerz. *Psychologische Behandlungsstrategien. Der Schmerz*, 2013; 27 (2): 205–213
- [11] Al-Worikat AF, Dameh W. Children with limb deficiencies: demographic characteristics. *Prosthetics and orthotics international*, 2008; 32 (1): 23–28
- [12] Mano H, Fujiwara S, Haga N. Adaptive behaviour and motor skills in children with upper limb deficiency. *Prosthetics and Orthotics International*, 2018; 42 (2): 236–240. doi: 10.1177/0309364617718411
- [13] Farr S et al. Peromelia-congenital transverse deficiency of the upper limb: a literature review and current prosthetic treatment. *Journal of children's orthopaedics*, 2018; 12 (6): 558–565
- [14] James MA. Unilateral Upper Extremity Transverse Deficiencies: Prosthetic Use and Function. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 2010; 30: 40–44
- [15] Biddiss E, Chau T. Upper limb prosthesis use and abandonment: A survey of the last 25 years. *Prosthetics and orthotics international*, 2007; 31 (3): 236–257
- [16] Sims T, Donovan-Hall M, Metcalf C. Children's and adolescents' views on upper limb prostheses in relation to their daily occupations. *British Journal of Occupational Therapy*, 2020; 83 (4): 237–245
- [17] Shida-Tokeshi J et al. Predictors of continued prosthetic wear in children with upper extremity prostheses. *Journal of Prosthetics and Orthotics*, 2005; 17 (4): 119–124
- [18] Burger H, Vidmar G. A survey of overuse problems in patients with acquired or congenital upper limb deficiency. *Prosthetics and orthotics international*, 2016; 40 (4): 497–502
- [19] Postema K et al. Prosthesis rejection in children with a unilateral congenital arm defect. *Clinical Rehabilitation*, 1999; 13 (3): 243–249
- [20] Wagner LV, Bagley A, James MA. Reasons for prosthetic rejection by children with unilateral congenital transverse forearm total deficiency. *American Academy of Orthotists and Prosthetists*, 2007; 19 (2): 51–54
- [21] Egermann M, Kasten P, Thomsen M. Myoelectric hand prostheses in very young children. *International Orthopaedics*, 2009; 33 (4): 1101–1105
- [22] Ylimäinen K et al. Health-related quality of life in Swedish children and adolescents with limb reduction deficiency. *Acta Paediatrica*, 2010; 99 (10): 1550–1555
- [23] Fischer M, Könz J. Prothesen, es gibt allerhand zu tun: wie Prothesen die Health-related Quality of Life von Kindern mit einer Dysmelie an der oberen Extremität beeinflussen. *ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften. Bachelor-Thesis*, 2021. doi: 10.21256/zhaw-24690
- [24] Peterson JK., Prigge P. Early upper-limb prosthetic fitting and brain development: Considerations for success. *Journal of Prosthetics and Orthotics*, 2020; 32 (4): 229–235
- [25] Van den Heiligenberg FMZ et al. Artificial limb representation in amputees. *Brain*, 2018; 141 (5): 1422–1433
- [26] Rose VL, Parikh PJ. Getting a Child a Myoelectric Prosthesis: Did We Miss the Bus? *Journal of Prosthetics and Orthotics*, 2022; 34 (3): 132–133
- [27] Battraw MA et al. A review of upper limb pediatric prostheses and perspectives on future advancements. *Prosthetics and orthotics international*, 2022; 46 (3): 267–273
- [28] Döderlein L, Schäfer M. Rehabilitation von Kindern und Jugendlichen mit angeborenen Gliedmaßendefekten. *Kinder- und Jugendmedizin*, 2010; 10 (7): 395–402
- [29] Koller A, Wetz HH. Management of upper limb deformities: Treatment concepts through the years. *Orthopäde*, 2006; 35 (11): 1137–1145
- [30] Michaelis R, Niemann G. *Entwicklungsneurologie und Neuropädiatrie*. Stuttgart: Thieme, 2004: 62 ff. doi: 10.1055/b-001-3200
- [31] Kienzle C, Schäfer M. Integration additiver Fertigungsverfahren (3D-Druck) in den orthopädiotechnischen Versorgungsalltag. *Orthopädie Technik*, 2018; 69 (5): 48–55
- [32] Schäfer M. Behandlungspfade in der exoskeletalen prothetischen Versorgung der oberen Extremitäten. *Orthopäde*, 2021; 50 (1): 32–43
- [33] Alimusa M et al. *Kompodium Qualitätsstandard im Bereich Prothetik der oberen Extremitäten*. Dortmund: Verlag Orthopädie-Technik, 2014
- [34] Kelly BM et al. Comprehensive care for the child with upper extremity limb deficiency. *Journal of Pediatric Rehabilitation Medicine*, 2009; 2 (3): 195–208

© Verlag Orthopädie-Technik, Vervielfältigung und Verbreitung
ausschließlich im Rahmen der gewährten Nutzungsrechte.