

R.E. Giunta<sup>1</sup> · A. Enders<sup>2</sup> · B. Lukas<sup>3</sup> · M.A. Marton<sup>4</sup> · W. Müller-Felber<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Klinik und Poliklinik für Plastische Chirurgie und Handchirurgie,  
 Klinikum rechts der Isar, Technische Universität München

<sup>2</sup> Abteilung Pädiatrische Neurologie, Entwicklungsneurologie und Sozialpädiatrie,  
 Dr. von Haunersches Kinderspital, Ludwig-Maximilians-Universität München

<sup>3</sup> Zentrum für Handchirurgie, Mikrochirurgie, Plastische Chirurgie,  
 Orthopädische Klinik München-Harlaching, München

<sup>4</sup> Sozialpädiatrisches Zentrum (SPZ), Kinderzentrum München

# Geburtstraumatische Armplexuspareesen

## Eine interdisziplinäre Herausforderung

**Eine geburtstraumatische Armplexusparese entsteht in der Regel durch ein Missverhältnis zwischen der Größe des Neugeborenen und dem Geburtskanal. Immer wieder kommt es präpartal zu einer sonographischen Unterschätzung des tatsächlichen Geburtsgewichtes. Bei spontaner Geburt besteht infolge des Größenmissverhältnisses von Becken und Kindskopf die Gefahr der Schulterdystokie mit Geburtsstillstand (Abb. 1). Bei der schwierigen folgenden Entwicklung des Kindes z. B. durch Vakuumextraktion kann es zu einer Überdehnung oder bei stärkerem Zug auch zu Abriss- und im ungünstigsten Fall Ausrissverletzungen der Nervenwurzeln des Plexus brachialis aus dem Rückenmark (Avulsionsverletzung) kommen.**

Zu häufig werden geburtstraumatische Armplexuspareesen als schicksalhaft und ohne Möglichkeit der ursächlichen Behandlung betrachtet. Dadurch wird oft der richtige Zeitpunkt für eine evtl. sinnvolle primäre Operation am Plexus brachialis unwiederbringlich verpasst.

Eine geburtstraumatische Armplexusparese (Abb. 1) tritt mit einer Inzidenz von etwa 0,6–2,5/1000 Geburten auf. Je nach Literaturstelle liegen in 66–92% der Fälle nur leichte Dehnungsverletzungen

vor, die sich meist spontan oder unter krankengymnastischer Behandlung innerhalb weniger Tage bis Wochen vollständig zurückbilden [1, 6, 16]. Schwere Abrissverletzungen können sich wegen der Verschiebung der abgerissenen Nervenstümpfe gegeneinander, wenn überhaupt, nur sehr zögerlich erholen. Bei Avulsionsverletzungen aus dem Rückenmark besteht keine Chance einer Restitution [1, 6, 16, 18, 19].

Im Gegensatz zur Verletzung des Plexus brachialis beim Erwachsenen z. B. nach Motorradunfällen, wo meist durch ein Hochgeschwindigkeitstrauma tatsächliche Avulsionsverletzungen vorliegen, sind bei der geburtstraumatischen Armplexusparese Kombinationsverletzungen aus Überdehnungs- und Abrissverletzungen häufig.

Man unterscheidet:

- die obere Armplexuslähmung, auch Erb-Lähmung, bei der die Wurzeln C5, C6 und ggf. auch C7 betroffen sind, und
- die komplette Armplexuslähmung der Wurzeln C5–Th1.

Die obere Erb-Lähmung betrifft nur den Schulter- und Ellenbogenbereich, während die Handfunktion – im Gegensatz zur kompletten Lähmung – erhalten bleibt. Der Arm ist typischerweise im Schultergelenk nach innen rotiert und im Ellenbogen gestreckt. Die ausschließliche

Lähmung des unteren Plexus und damit der Hand wird auch als Klumpke-Lähmung (C8 und Th1) bezeichnet, ist aber eine eher seltene Ausnahme [2].

### ➤ Armplexuspareesen führen oft zu schweren lebenslangen Einschränkungen

Folgen der Armplexusparese sind eine schlaffe Lähmung des betroffenen Arms mit Verlust der Sensibilität. Zusätzlich können ein Horner-Syndrom (Ptosis, Miosis und Enophthalmus), eine Klavikulafraktur, eine Schulterluxation oder eine Phrenikusparese auftreten. Langfristige Folgen sind unterschiedlich stark ausgeprägte Paresen oder Plegien der betroffenen Muskulatur, Inaktivitätsatrophien, Wachstumsstörungen mit der Folge einer generellen Verkürzung der betroffenen oberen Extremität, Kontrakturen und eine reduzierte bzw. aufgehobene Sensibilität der Hand. Oft kommt es, bei spontaner, meist ungeordneter Reinnervation, zu Kokontraktionen von Agonisten und Antagonisten, was die Funktionalität der betroffenen Extremität weiter einschränkt. Verminderte sensorische Afferenzen und motorischer Einsatz des Arms dürften auch bei Plexuspareesen zu einem „learned non use“ führen – mit den entsprechenden lerntheoretischen Schlussfolgerungen für die Therapiekonzepte [32].

## Spontaner Verlauf

Bei reinen Dehnungsverletzungen (Neuropaxie) kann es, ähnlich wie bei einem direkten Druckschaden (z. B. Lagerungsschaden), zu einer schnellen Reinnervation kommen. Ist die anatomische Kontinuität unterbrochen, sind also die Axone durchtrennt, kommt es distal der Verletzung zur so genannten Waller-Degeneration des peripheren Nervs mit Verlust der Axone. Man unterscheidet nach Seddon [30]:

- eine Unterbrechung der Axone bei erhaltenem Hüllgewebe (Axonotmesis) mit insgesamt günstigerer Prognose und
- Abrissverletzungen bzw. direkte Ausrissverletzungen aus dem Rückenmark (Neurotmesis).

Infolge der Leitungsunterbrechung resultieren in allen Fällen eine Anästhesie im Versorgungsareal des entsprechenden peripheren Nervs und eine fortschreitende Atrophie der Muskulatur. Diese wird, aufgrund einer irreversiblen Schädigung der motorischen Endplatte, nach 2 Jahren im Allgemeinen als irreparabel betrachtet.

## ► Eine abwartende Haltung kann fatale Folgen haben

Zur Wiederherstellung einer sensiblen oder motorischen Funktionalität muss es erst zu einer Wiedereinsprossung der Axone von der Nervenzelle aus kommen. Diese liegt für die Motorik im Vorderhorn des Rückenmarks und für die Sensibilität im Spinalganglion. Die Wiedereinsprossung (Reinnervation) erfolgt mit etwa 1 mm/Tag, wobei die Literaturangaben zwischen 0,25 mm und 3,0 mm liegen. Bei einer Armlänge von etwa 30–40 cm in den ersten beiden Lebensjahren dauert die Wiedereinsprossung geschätzte 400 Tage. Das abschließende Ergebnis der spontanen Reinnervation kann in der Regel erst nach 2–3 Jahren endgültig beurteilt werden. Zu diesem Zeitpunkt wäre eine chirurgische Rekonstruktion des Plexus brachialis nicht mehr sinnvoll, da es weiterer 2 Jahre bedürfte, bis die Reinnervation der Muskulatur eintritt. Diese wäre aber zu diesem Zeitpunkt längst irreversibel geschädigt (■ **Abb. 2**).

Monatsschr Kinderheilkd 2010 · 158:262–272 DOI 10.1007/s00112-009-2130-7  
© Springer-Verlag 2010

## R.E. Giunta · A. Enders · B. Lukas · M.A. Marton · W. Müller-Felber Geburtstraumatische Armplexusparesen. Eine interdisziplinäre Herausforderung

### Zusammenfassung

Geburtstraumatische Armplexusparesen werden oft als schicksalhaft angesehen, wodurch der richtige Zeitpunkt für eine sinnvolle primäre Operation am Plexus brachialis verpasst werden kann. Zwar liegen in den meisten Fällen leichte Dehnungsverletzungen vor, die sich unter Physiotherapie erholen können, jedoch hinterlassen schwere Ab- oder Ausrissverletzungen oft beachtliche lebenslange Einschränkungen. Die „Arbeitsgruppe geburtstraumatische Armplexusparesen München“ hat sich zum Ziel gesetzt, eine kompetente Beratung und Behandlung für Patienten und ihre Eltern anzubieten. In einer monatlichen interdisziplinären Sprechstunde werden Betroffene möglichst im 3. Lebensmonat vorgestellt, klinisch und ggf. elektrophysiologisch untersucht und weitere diagnostische Maßnahmen eingeleitet. Bis spätestens zum 9. Lebensmonat wird entschieden, ob eine direkte Operation am Plexus brachialis sinnvoll ist. Mit der weiteren Ent-

wicklung des Kindes können auch zu einem späteren Zeitpunkt sekundäre therapeutische Maßnahmen sinnvoll sein. Seit 2002 wurden durch die Arbeitsgruppe mehr als 150 Patienten interdisziplinär behandelt. Die gemeinsame Beratung und Behandlung durch Pädiatrie, Entwicklungsneurologie, Neurologie, Handchirurgie und Plastische Chirurgie werden überaus positiv aufgenommen. Die vorliegende Arbeit soll eine Übersicht und ein Behandlungsschema hinsichtlich der aktuellen Vorgehensweise bei Patienten mit geburtstraumatischer Armplexusparesen geben sowie die Möglichkeiten chirurgischer Rekonstruktionsverfahren aufzeigen.

### Schlüsselwörter

Geburtstraumatische Armplexusparesen · Chirurgische Rekonstruktion · Plexus brachialis · Motorische Ersatzoperation · Interdisziplinäre Sprechstunde

## Birth-related brachial plexus palsy. An interdisciplinary challenge

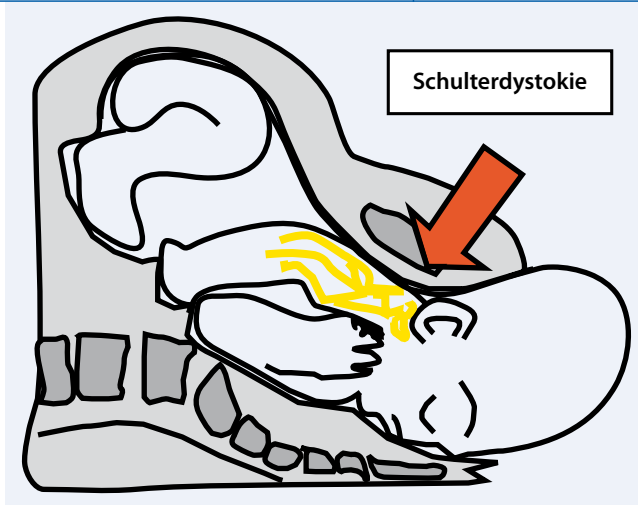
### Abstract

Birth-related brachial plexus palsy is often considered unavoidable and untreatable. Hence the ideal time for potentially effective brachial plexus surgery is often missed. However, the majority of birth-related brachial plexus lesions are light traction injuries which recover without surgical reconstruction under physiotherapy. This is not true for severe injuries with loss of continuity due to disruption or avulsion of the brachial plexus. These lesions can leave severe functional losses of the upper extremity for the patient's lifetime. Patients with non-recovering brachial plexus injuries should be referred to an interdisciplinary center for birth-related brachial plexus injuries within the first 3 months of life. A German working group on birth-related brachial plexus palsy based in Munich (Dr. von Hauernsches Kinderspital) aims to offer competent advice and treatment for parents and patients. Patients can attend a monthly interdisciplinary clinic, preferably in the third month of life, where they are clinically and electrophysiologically examined and further therapeutic steps are initiated. The decision

on whether direct brachial plexus surgery is recommended is taken by the 9<sup>th</sup> month of life at the latest. According to the child's development, other techniques, such as Botulinum toxin, tenolysis, tendon lengthening, as well as other tendon transfer methods, can be helpful in restoring everyday function in the affected limb. Since 2002, the working group on birth-related brachial plexus palsy has treated more than 150 patients on an interdisciplinary basis, including pediatrics, developmental neurology, neurology, hand surgery and plastic and reconstructive surgery. Their work has been very positively received both locally and nationally. The current article aims to review diagnostic and therapeutic options and strategies and to focus on the possibilities of both primary and secondary reconstruction of the brachial plexus.

### Keywords

Birth-related brachial plexus paralysis · Surgical reconstruction · Brachial plexus · Tendon transfer · Interdisciplinary clinic



**Abb. 1** ◀ Schulterdystokie durch Missverhältnis zwischen Geburtskanal und Kopf und Schultergürtel des Kindes, geburtstraumatische Verletzung des Plexus brachialis durch starken Zug am Kopf des Kindes möglich

Es ist auch gut verständlich, dass Abriss- oder Ausrissverletzungen (Avulsionsverletzung) durch die direkte Abtrennung und Dislokation der Nervenendigungen keine Chance auf Wiederherstellung der Funktionalität des Arms haben und eine frühzeitige Entscheidung über die Notwendigkeit einer Operation daher wünschenswert ist [6, 12, 15].

### Kriterien der physiotherapeutischen Behandlung

Bei leichten Dehnungsverletzungen des Plexus brachialis kann unter konservativer Therapie bereits innerhalb weniger Tage bis Wochen eine vollständige Erholung eintreten. Spezielle physiotherapeutische Übungsbehandlungen können die Heilung einer schwerwiegenden Verletzung am Plexus nicht beschleunigen, erlauben jedoch eine supportive Begleitung während der Remissionsphase und haben wesentlich zum Ziel, sekundäre Folgen der individuell unterschiedlich ausgeprägten Paresen so gering wie möglich zu halten. Damit erfährt die so verstandene Physiotherapie eine wichtige Rolle in der konservativen Behandlung von Kindern mit Armplexusparesen.

Zur Schonung des traumatisierten Plexus soll in den ersten 8–10 Tagen nach der Geburt keine aktivierende physiotherapeutische Behandlung erfolgen. Um den Plexus brachialis zu entlasten, wird derzeit empfohlen, für diese Zeit den Unterarm des Neugeborenen in leichter Flexion und Adduktion des Oberarms mit Flexion im Ellenbogen lose auf der Brust des Kindes in Neutralstellung zu fixieren. Die El-

tern werden sorgfältig im unterstützenden Handling beim Tragen, An- und Ausziehen, Füttern, Baden und Lagern des Kindes angeleitet und bestmöglich in ihrer Kompetenz bestätigt.

### ◀ Nach Schonung in den ersten Tagen werden die betroffenen Gelenke täglich aktiviert

Nach dieser Zeit der Schonung können und sollen die betroffenen Gelenke täglich aktiviert und passiv in allen Freiheitsgraden mobilisiert werden. Den Eltern wird gezeigt, wie sie den physiologischen Bewegungsradius des betroffenen Arms unter Erleichterung des Schwerkrafteinflusses anregen können. In Abhängigkeit vom erreichten Entwicklungsstand des Kindes wird in der Physiotherapie ein auf das Alter des Kindes abgestimmtes Aktivieren der Muskulatur von Rumpf, Schultergürtel und oberer Extremitäten im funktionellen, motorischen und spielerischen Kontext angestrebt. Hierbei sollte der teilparetische Arm möglichst frühzeitig in den gesamten motorischen Bewegungsablauf eingebunden werden. In der Frühbehandlung wird u. U. auch die Reflexlokomotion nach Vojta angewendet. Durch spezielle, regelmäßig einzusetzende Stimulationstechniken kommt es im Bereich der Parese zu einer koordinierten Muskelgruppenantwort, falls eine neurale und neuronale Restverbindung besteht [3]. Darüber hinaus sollen optimalerweise 4- bis 5-mal täglich am betroffenen Arm zum Erhalt der Gelenkbeweglichkeit passive Mobilisierungen in allen Freiheitsgraden durchgeführt werden.

Hierbei können auch Techniken der Manuellen Therapie eingesetzt werden, um durch Weichteil- und Gelenkmobilisationen die Bewegungsfreiheit der Gelenke zu erhalten.

### ▶ Die passive Außenrotation der Schulter muss früh in die Therapie einbezogen werden

Da infolge der oberen Plexusparesie die Muskulatur der Außenrotatorenmanschette am Schultergelenk deutlich schwächer innerviert ist als der M. subscapularis als innenrotierender Antagonist, entwickelt sich bereits früh eine Tendenz zur Innenrotationskontraktur am Schultergelenk. Dies wirkt sich nicht nur funktionell sehr ungünstig aus, sondern führt auch langfristig zu einer dysplastischen Veränderung am Kopf des Humerus, die im Spätstadium oft nur durch eine Dero-tationsosteotomie am Humerus korrigiert und kompensiert werden kann. Es empfiehlt sich deshalb dringend, die passive Außenrotation der Schulter bei am Thorax angelegtem Ellenbogen sehr frühzeitig in die passive Mobilisierungsbehandlung mit einzubeziehen.

Besonderes Augenmerk sollte in der passiven sowie aktivierenden Behandlung auch auf folgende Funktionen gerichtet werden:

- Pro- und Supination am Unterarm
- Ellenbogenbeugung und -streckung
- Schulterabduktion und -flexion
- Schulteradduktion (Oberarm zum Thorax)
- Handgelenk- und Fingerbeugung
- Handgelenk- und Fingerstreckung
- Daumenopposition

Die von den Eltern angewandten Techniken bedürfen regelmäßiger Supervision durch einen erfahrenen Physiotherapeuten.

Neben der Kontrakturprophylaxe ist im Kindesalter auch einer knöchernen Wachstumsstörung des Arms möglichst effektiv entgegenzuwirken, da eine relevante Armlängendifferenz zu einer weiteren funktionellen Einschränkung im Bewegungsradius beiträgt. Belastungsfunktion an den Wachstumsfugen gilt als wesentlicher funktioneller Wachstumsreiz in den ersten Lebensjahren, somit wird phy-

siotherapeutisch unter Sicherstellung der Gelenkstabilität so frühzeitig wie möglich Stützaktivität angeboten.

Weitere Behandlungsziele der Physiotherapie beziehen sich auf die durch Ausgleichsbewegungen im Schulterbereich bedingte Vermeidung einer skoliotischen Fehlstellung der Wirbelsäule und Minimierung eines „learned non use“ des betroffenen Arms.

## Elektrophysiologische Diagnostik

Die klinische Neurophysiologie wird seit langen Jahren in der Diagnostik der kindlichen Plexusparese eingesetzt. Trotzdem ist ihr exakter Stellenwert bis heute nicht endgültig definiert. Außerdem gibt es noch keine klaren Empfehlungen, zu welchem Zeitpunkt eine Diagnostik durchgeführt werden sollte.

Relevante Fragestellungen für die klinische Neurophysiologie sind:

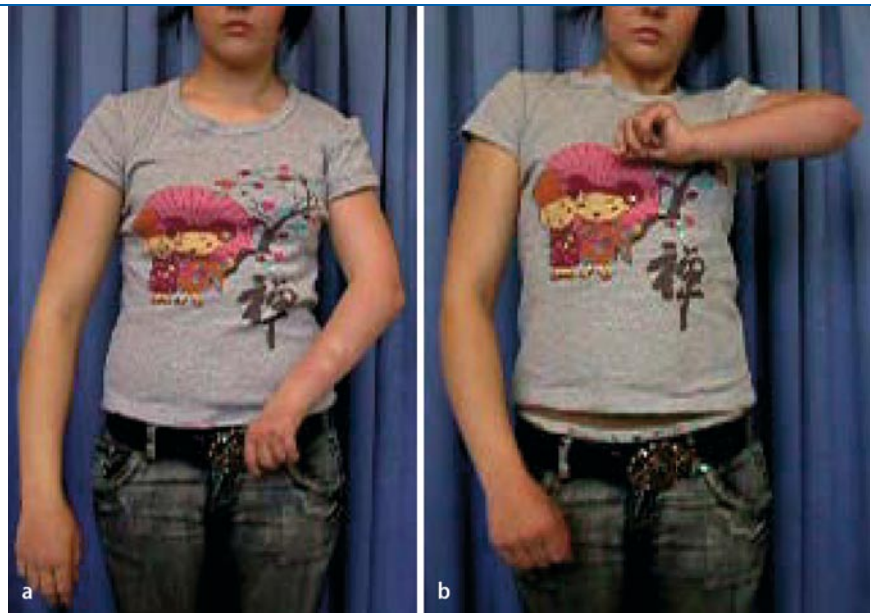
- Kann eine Aussage über die Ätiologie getroffen werden?
- Kann die Prognose beurteilt werden, und können daraus Empfehlungen für das therapeutische Vorgehen abgeleitet werden?
- Ist eine Funktionsdiagnostik vor geplanter Ersatzoperation möglich und sinnvoll?

Methodisch stehen als Routineverfahren sensible und motorische Neurographie sowie die Elektromyographie zur Verfügung.

## Ätiologie

In seltenen Fällen ist die kindliche Plexusparese nicht durch eine Schädigung während der Geburt, sondern bereits durch Ursachen vor dieser bedingt. Eine exakte Einteilung wäre insbesondere aus juristischen Gründen wünschenswert.

Beim älteren Kind und beim Erwachsenen folgen die Veränderungen der Neurophysiologie tatsächlich einer gut vertretbaren zeitlichen Abfolge: Infolge der Waller-Degeneration kommt es innerhalb von 5–8 Tagen bei einer schweren axonalen Schädigung zu einer Abnahme des motorischen Summenaktionspotenzials. Nach 10–14 Tagen lässt sich pathologische Spontanaktivität nachweisen. Dieser zeitliche Ablauf trifft jedoch beim



**Abb. 2** ▲ 15-jähriges Mädchen, erstmals mit der Frage nach chirurgischer Intervention vorgestellt, **a** deutliche Verkürzung der linken oberen Extremität mit Innenrotationskontraktur, **b** Abduktion nur bis 90° möglich, bei deutlichem „trumpet sign“ beim Führen der Hand zum Mund; direkte chirurgische Rekonstruktion des Plexus brachialis nicht mehr möglich, aufgrund des weitgehend abgeschlossenen Wachstums des Skeletts auch viele sekundäre Operationsverfahren nicht mehr sinnvoll

Neugeborenen wahrscheinlich nicht zu. Sowohl tierexperimentell bei neugeborenen Schweinen als auch belegt durch einzelne dokumentierte peripartale Schädigungen bei Menschen muss davon ausgegangen werden, dass pathologische Spontanaktivität mit Fibrillationen und positiven Wellen früher als beim Erwachsenen auftreten kann. Sie kann bereits nach wenigen Tagen, vielleicht sogar schon nach 48 h, sichtbar werden [13, 27]. Die elektrophysiologische Untersuchung sollte daher idealerweise bereits am ersten Lebenstag erfolgen, was aus organisatorischen Gründen in der Regel nicht realisierbar ist.

Findet sich in der ersten Lebenswoche bereits ein chronisch neurogener Umbau mit verbreiterten und überhöhten Muskelaktionspotenzialen, spricht dies sehr klar für eine Schädigung vor der Geburt.

## Prognostische Beurteilung

Ganz allgemein gilt, dass Schädigungen, die ausschließlich die Myelinscheide betreffen (entsprechend der Neuropraxie), eine bessere Prognose aufweisen als schwere axonale Schädigungen mit erhaltenen Hüllstrukturen (Axonotmesis). Die schlechteste Prognose ergibt sich, wenn zusätzlich auch noch die Hüllstrukturen durchtrennt sind (Neurotmesis). Elek-

tromyographie und Neurographie erlauben bereits nach wenigen Tagen, zwischen Neuropraxie auf der einen und Axonotmesis bzw. Neurotmesis auf der anderen Seite zu unterscheiden. Außerdem kann die Elektromyographie recht präzise das Verteilungsmuster der Schädigung und damit die betroffenen Strukturen identifizieren.

Allerdings gelingt es nicht immer eindeutig, einen Wurzelausriss von einer sonstigen schweren axonalen Schädigung zu unterscheiden. Das in der Literatur als Entscheidungskriterium für einen solchen angeführte Kriterium eines Erhaltenenseins des sensiblen Summenaktionspotenzials bei fehlender Sensibilität versagt beim Neugeborenen, da zum einen häufig ein kombinierter Schädigungsmechanismus mit gleichzeitiger Schädigung sowohl ober- als auch unterhalb des Spinalganglions vorliegt, zum anderen kann beim Säugling die Sensibilität nicht ausreichend beurteilt werden.

## ➤ Das motorische Summenaktionspotenzial ist als Prognoseparameter geeignet

Will man prognostische Daten gewinnen, scheint das motorische Summenaktionspotenzial (CMAP: „compound muscle ac-


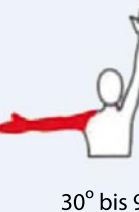













Scoring Schulterfunktion	Punktwert		
	1	2	3
Abduktion	 <math><30^\circ</math>	 <math>30^\circ</math> bis <math>90^\circ</math>	 <math>>90^\circ</math>
Außenrotation	 <math><0^\circ</math>	 <math>30^\circ</math> bis <math>20^\circ</math>	 <math>>20^\circ</math>
Hand zum Kopf	 unmöglich	 schwierig	 leicht
Hand zur Wirbelsäule	 unmöglich	 S1	 Th12
Hand zum Mund	 deutliches „trumpet sign“	 partielles „trumpet sign“	 <math><40^\circ</math> Abduktion

Abb. 3 ▲ Retrospektiver Verlauf und Scoring des Ergebnisses hinsichtlich Schulterfunktion. (Nach [26])

tion potential“), also das Potenzial, das bei der Neurographie nach Stimulation eines peripheren Nervs erhalten wird, ein recht guter Parameter zu sein. Eine Reduktion des CMAP auf unter 10% der Gegenseite korreliert mit einer deutlichen Schwäche mit 6 Monaten [20]. Der Nachweis pathologischer Spontanaktivität im EMG (Elektromyogramm), welcher ebenfalls ein Hinweis auf eine axonale Schädigung ist, ist in prognostischer Hinsicht weniger bedeutsam.

Reinnervation kann mit Hilfe der Elektromyographie gut nachgewiesen werden. Von Interesse ist v. a., ob sich eine Dynamik im Sinne einer kontinuierlichen Zunahme von Reinnervationseinheiten nachweisen lässt und ob das Ausmaß der Reinnervation einen regelhaften Gradienten von proximal nach distal zeigt, also proximal gelegene Muskeln bereits früher reinnerviert werden als weiter distal lokalisierte. Fin-

det sich z. B. sehr wenig Reinnervation im Bereich des M. deltoideus bei guter Reinnervation im Bereich des M. biceps brachii, kann dies als Argument für eine Revision der Äste zum M. deltoideus verwendet werden.

Allerdings sollten die neurophysiologischen Befunde nur in Zusammenschau mit dem klinischen Befund interpretiert werden. Auftreten von neurophysiologischer Reinnervation sollte innerhalb eines Monats vom klinischen Zeichen einer Besserung gefolgt werden.

Außerdem kann eine sehr gute neurophysiologische Reinnervation bei gleichzeitiger Desorganisation des Plexus brachialis mit Auftreten von Kokontraktionen in den Antagonisten funktionell irrelevant sein.

### — Allgemein scheint die Prognose mit der Elektromyographie zu optimistisch eingeschätzt zu werden [21].

Ob dies dadurch bedingt ist, dass beim Säugling die segmentale Innervation noch nicht den Verhältnissen beim Erwachsenen entspricht und somit selbst bei einem Wurzelaustritt die Innervation von benachbarten Wurzeln erfolgt („Luxusinnervation“) [33], oder, was uns wahrscheinlicher erscheint, durch eine ungeordnete Reinnervation mit Ausbildung von Kontraktionen, kann nicht endgültig entschieden werden.

### Funktionsdiagnostik vor motorischen Ersatzoperationen

Die Beurteilung, ob ein Patient von einem Muskeltransfer einen Vorteil haben wird, ist häufig aufgrund klinischer Daten schwierig. Allerdings ist auch die neurophysiologische Untersuchung nur teilweise und nur bei ausreichender Erfahrung des Untersuchers in der Lage, eine relevante Zusatzinformation zu liefern. Mögliche Entscheidungskriterien sind:

- das motorische Summenaktionspotenzial im Seitenvergleich
- Innervationsmuster und Rekrutierungsverhalten motorischer Einheiten

Bei Letzterem spielen weniger die Dauer und die Amplitude der motorischen Einheiten eine Rolle als vielmehr Parameter wie die Anzahl verschiedener motorischer Einheiten und das Verhältnis zwischen mittlerer Entladungsfrequenz und Anzahl der rekrutierten Einheiten. Insbesondere beim kleinen Kind kann man hier allerdings an deutliche Grenzen der Methodik stoßen.

### Entwicklungsneurologische Aspekte

Erfahrungsgemäß erfolgt die sensomotorische Entwicklung des Kindes mit geburts-traumatischer Plexusparese, soweit diese sich nicht bereits in den ersten 6 Monaten zurückgebildet hat, aufgrund der motorischen Einschränkung z. B. beim Krabbeln, mit leichter Verzögerung. Spätestens ab dem 18. Lebensmonat wird die Physiolo-

therapie durch eine ergotherapeutische Behandlung zu ergänzen sein. Ergotherapeuten beraten bei der Wahl des angebotenen Spielzeugs, fördern hier insbesondere die Beidhandkoordination und unterstützen beim Erlernen größtmöglicher Selbstständigkeit.

Mit dem von der schwedischen Arbeitsgruppe am Karolinska-Institut entwickelten Assisting Hand Assessment (AHA) wurde ein standardisiertes Testinstrument [23] zur qualitativen Beurteilung der Handfunktion bei Kindern mit unilateralen Paresen entwickelt, das in Form eines definierten Scores beschreibt, wie effektiv ein Kind die betroffene Hand während der Ausführung bimanueller Tätigkeiten einsetzt. Das Testverfahren ist materialbedingt schwerpunktmäßig für das Alter von 18 Monaten–5 Jahren konzipiert und validiert [22, 24]. In einer semistrukturierten Spielsituation von etwa 10–15 min Dauer wird unterschiedliches Spielmaterial angeboten. Diese Sequenz wird per Video dokumentiert und dann nach festgelegten Qualitätskriterien ausgewertet.

In Abhängigkeit vom Ausmaß der Parese und um nicht dazu beizutragen, dass der nicht betroffene Arm zunehmend an Geschicklichkeit gewinnt und lernt, ohne den betroffenen Arm auszukommen, kann therapeutisch auch erwogen werden, im Sinne einer „constraint induced movement therapy“ (CIMT) zu arbeiten. Dabei ist es Ziel, unter auferlegten Einschränkungen des nicht betroffenen Arms die betroffene Extremität zu bestmöglicher Aktivität anzuregen und noch bewusster einzusetzen. Funktionell werden dabei betont Aufgabenstellungen erarbeitet, die eine beidhändige Koordination erfordern, ohne dabei das Kind übermäßig zu frustrieren.

**➤ Mit 2–3 Jahren wird sich das Kind zunehmend seiner Einschränkungen bewusst**

In Alter von 2–3 Jahren wird sich das Kind zunehmend seiner Einschränkungen bewusst und reagiert nicht selten mit Affektlabilität, Verweigerungsverhalten, Wutausbrüchen, Schlafstörungen oder Essproblematik auf sein Frustrationserleben. Oft kann es in solchen Situationen hilfreich

**Tab. 1** Toronot-Score („active movement scale“). (Nach [11])

Aktive Bewegung in den einzelnen Gelenken	Graduierung
<b>Unter Ausschaltung der Schwerkraft</b>	
Keine Kontraktion	0
Kontraktion, aber keine Bewegung	1
Bewegung ≤1/2 des normalen Bewegungsumfangs	2
Bewegung >1/2 des normalen Bewegungsumfangs	3
Kompletter Bewegungsumfang	4
<b>Gegen Schwerkraft</b>	
Bewegung ≤1/2 des normalen Bewegungsumfangs	5
Bewegung >1/2 des normalen Bewegungsumfangs	6
Kompletter Bewegungsumfang	7

Jede Bewegung in den Gelenken der oberen Extremität wird einzeln bewertet. Zur Berechnung des Scores werden die Bewertungen für die Ellenbogenbeugung, die Ellenbogenstreckung, die Handgelenkstreckung, die Daumenstreckung und die Fingerstreckung herausgegriffen und summiert

sein, Verständnis für die erlebte Frustration zu artikulieren und ggf. auch frühzeitig professionelle psychologische Hilfe in Anspruch zu nehmen. Eltern sollten bestärkt werden, sich nicht veranlasst zu sehen, immer wieder ermahmend oder korrigierend auf das Kind einzuwirken. Betont sollte vermieden werden, emotional wertend von einer „guten“ oder „schönen“ Hand zu sprechen. Gerade bei langfristigen Therapieindikationen stellt sich nicht selten eine Therapiemüdigkeit bei Kind und Eltern ein.

Eltern stellen häufig die Frage, welche Freizeitaktivität oder Sportart empfehlenswert seien. Für den Arzt und Therapeuten gilt es, auf diese Frage sehr genau einzugehen. Die Überlegungen hierzu sind vielschichtig und werden von den Interessen des Kindes und seiner Familie geprägt. Ein aus therapeutischen Aspekten gut gemeinter Vorschlag kann bei den heute doch oft sehr früh schon leistungsorientierten sportlichen Aktivitäten eine hohe Frustration für diese Kinder mit sich bringen. Schwimmen ist bevorzugt zu empfehlen, ebenso Sportarten, die zur symmetrischen Haltung und Aufrichtung im Rumpf beitragen, wie beispielsweise das Reiten.

**Operative Behandlung**

**Indikationen**

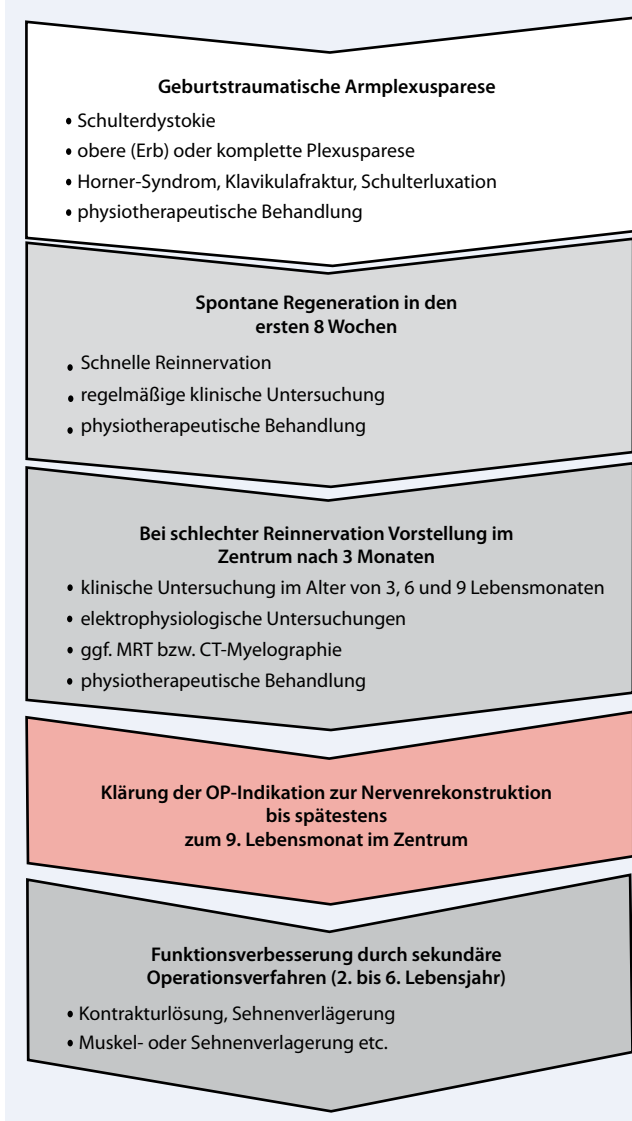
Im Vordergrund steht die klinische Untersuchung der betroffenen oberen Extremität. Dazu gehören eine Beurteilung der Muskelkraft der wichtigsten Muskeln von Schulter, Ellenbogen und Hand gegen die

sowie unter Ausschaltung der Schwerkraft und eine grobe Einschätzung der Sensibilität, vorrangig in den Fingerkuppen.

Zur Einschätzung hinsichtlich der Prognose der Verletzung und damit Entscheidung zur Operation wurden von Gilbert u. Tassin [17] Richtlinien aufgestellt. Diese beziehen sich v. a. auf die Funktion der Ellenbogenbeugung, als Endpunkt wird das Ergebnis hinsichtlich der Funktionalität der Schulter beurteilt (■ **Abb. 3**): Bei natürlichem Verlauf der Armplexusparese wurde bei keinem Patienten eine vollständig normale Schulterfunktion erreicht, wenn die Funktion des M. biceps und die des M. deltoideus nicht zum Ende des 2. Lebensmonats wieder vollständig reinnerviert waren. Gute Ergebnisse (Schulter IV) wurden nur erreicht, wenn die Funktion des M. biceps und des M. deltoideus zu Anfang des 3. Lebensmonats Reinnervation zeigten. Nach Gilbert u. Tassin [17] ist eine operative Rekonstruktion indiziert, wenn im 3. Lebensmonat keine Funktion der beiden Muskeln besteht.

Da die Indikationsstellung nach Gilbert u. Tassin [17] vorwiegend auf der Funktion der Ellenbogenbeugung beruht, wurde zusätzlich der so genannte Toronto-Score eingeführt ([11, 12, 14, 17, 28], ■ **Tab. 1**), der auf einer Evaluation der Bewegungsumfänge in Schulter, Ellenbogen und Handbereich beruht und im Alter von 3 Monaten berechnet wird.

Klinische Untersuchungen sollten in den ersten 3 Lebensmonaten im Abstand von etwa 3 Wochen erfolgen (■ **Abb. 4**). Kann das Kind nach 3 Monaten den Ellenbogen noch nicht aktiv gegen die Schwer-



**Abb. 4** ◀ Diagnostik und Behandlungsschema bei geburts-traumatischen Armplexusparesen; bei persistierender Lähmung Vorstellung im Zentrum angezeigt

kraft beugen, sollte es an ein interdisziplinäres Zentrum für geburts-traumatische Armplexusverletzungen verwiesen werden.

Unsere Münchner Arbeitsgruppe „geburts-traumatische Armplexusparese“ besteht aus Neurologen, Entwicklungsneurologen, Kinderärzten und Plastischen Chirurgen, die alle die betroffenen Patienten untersuchen, um so für das Kind interdisziplinär die bestmögliche Entscheidung zu treffen.

Ist bis zum 3. Lebensmonat keine Ellenbogenbeugung erreicht, sollte ein EMG von einem mit dem Krankheitsbild vertrauten Neurologen durchgeführt werden. Aus der Beurteilung der elektrophysiologischen Untersuchung lässt sich eine Prognose für die natürliche Reinnervation ableiten. Falls erforderlich wird diese Untersuchung im Abständen von 6 Wo-

chen wiederholt. Eine Videodokumentation der Armbeweglichkeit gehört heutzutage zusätzlich zur Dokumentation.

Als Kriterium für eine Operation gilt eine fehlende Ellenbogenbeugung im Alter von 6 Monaten bzw. die Unfähigkeit, die Hand im Alter von spätestens 9 Monaten zum Mund zu führen (Cookie-Test). Reicht die spontane Reinnervation für diese Funktionen nicht aus, wird im Alter von 6–9 Monaten eine direkte Operation am Plexus brachialis durchgeführt [11, 19]. Bei schwersten kompletten Paresen ohne jegliche Zeichen der Reinnervation kann eine Operation bereits früher sinnvoll sein.

Bildgebende Verfahren wie Magnetresonanztomographie (MRT) oder Myelographie mit anschließender Computertomographie (post-Myelo-CT) müssen in der Regel unter Narkosebedingungen er-

folgen und werden daher nur in Einzelfällen durchgeführt. Zusätzlich kommt es zu einem verhältnismäßig hohen Anteil an falsch-positiven und falsch-negativen Angaben hinsichtlich eines Wurzelaustrisses. Auch Abrissverletzungen können oft nur bedingt dargestellt werden, sodass letztlich erst die operative Exploration Auskunft über das eigentliche Ausmaß des Schadens geben kann.

### Chirurgische Rekonstruktion des Plexus brachialis

Die Operation erfolgt in Vollnarkose. Über einen Zugang im lateralen Halsdreieck werden bei alleiniger oberer Plexusparese nur die Wurzeln C5–C7, bei kompletter Plexusparese alle 5 Wurzeln C5–Th1 dargestellt und frei gelegt. Bei schweren Verletzungen findet sich meist eine klumpenartige Nervenarbe im Bereich der Trunci, ein so genanntes Neurom. Die einzelnen Trunci und Fasciculi sind nicht mehr abzugrenzen. Die Leitfähigkeit der einzelnen Wurzeln und deren motorische Antwort werden intraoperativ durch direkte Nervenstimulation bei nicht relaxiertem Patienten überprüft. Es erfolgt eine detaillierte Evaluation des vorliegenden Schadens.

### Anatomische Rekonstruktion

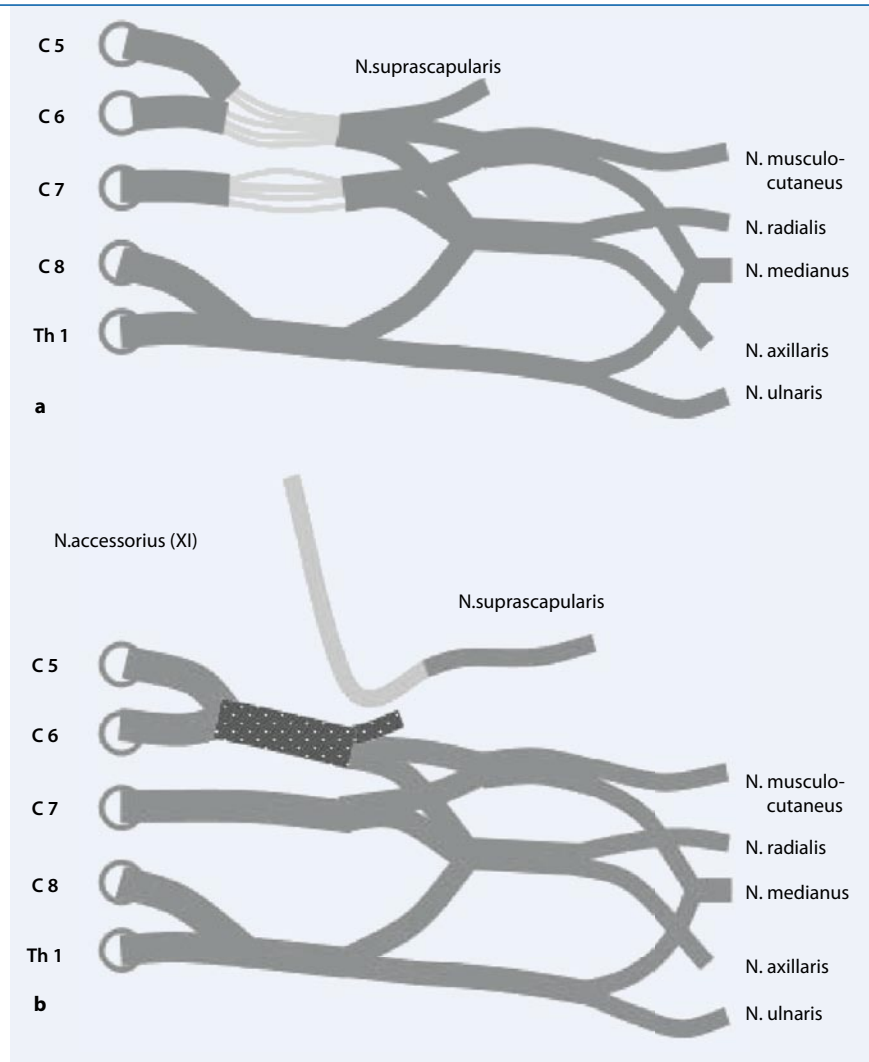
Nach Resektion des Neuroms bleibt eine Lücke von einigen Zentimetern zurück. Bei kleineren Verletzungen ist eine anatomische Rekonstruktion möglich. Dazu sind in der Regel Nerventransplantate erforderlich, die aus der Wade des Patienten, bei ausgedehnten Schäden auch beidseits, entnommen werden (N. suralis). Diese naturgemäß hinsichtlich des Kalibers deutlich kleineren Nerven werden entsprechend des Defekts zu Faszikeln gebündelt und in die durch die Neuomresektion entstandene Lücke unter mikrochirurgischer Vergrößerung eingesetzt und dort durch Mikronähte koaptiert. Das Nerventransplantat dient als Leitschiene, sodass die unterbrochenen Axone ihren anatomisch korrekten Weg zum Zielorgan wieder finden können. Dies geschieht mit einer Geschwindigkeit von 1 mm pro Tag, sodass das Endergebnis erst nach 2 Jahren zu erwarten ist (▣ Abb. 5a).

## Extraneurale Rekonstruktion – Neurotisation

Liegen zusätzlich Avulsionsverletzungen vor, stehen nicht alle 5 Wurzeln für eine anatomische Rekonstruktion zur Verfügung. Um aber die wichtigsten Funktionen des Arms wie Armabduktion, Ellenbogenbeugung, Fingerbeugung oder Sensibilität in der Hand zu rekonstruieren, kann eine nichtanatomische Neuordnung des Plexus brachialis sinnvoll sein. Die vorhandenen Wurzeln können durch Nerventransplantate auf die wichtigsten peripheren Zielnerven wie den N. musculocutaneus (Ellenbogenbeugung), den N. suprascapularis (Schulterabduktion und -außenrotation) oder den N. medianus (Sensibilität radialseitige Hand und Fingerbeugung) gelenkt werden. So lässt sich zwar nicht die vollständige Funktion des Arms wiederherstellen, aber die sonst ebenfalls verlorenen wichtigen Funktionen wie Ellenbogenbeugung, Schulterabduktion und Sensibilität der Hand können rekonstruiert werden (■ Abb. 5b).

### Bei Vorliegen mehrerer Ausrissverletzungen kann eine Neurotisation sinnvoll sein

Liegen mehrere Ausrissverletzungen vor, kann eine „Umlenkung“ unbeschädigter Nerven, die nicht vom Plexus brachialis (C5–Th1) stammen, auf den Arm (Neurotisation) sinnvoll sein. Hierzu kann beispielsweise der Endast des N. accessorius auf den N. suprascapularis (Schulterabduktion, ■ Abb. 5b) oder bei der Erb-Lähmung ein Teil des N. ulnaris auf den N. musculocutaneus (Ellenbogenbeugung) umgelenkt werden. Der dadurch entstehende Entnahmeschaden ist immer deutlich geringer als der zu erwartende Gewinn an Funktionalität für die obere Extremität. Beispielsweise ist bei der Neurotisation durch den Endast des N. accessorius, der den unteren Teil des M. trapezius innerviert, der daraus resultierende Funktionsausfall funktionell zu vernachlässigen. Gleichzeitig kann dadurch z. B. die Schulterabduktion, vermittelt durch den N. suprascapularis, wiederhergestellt werden. Selbst bei Ausriss aller 5 Wurzeln besteht so eine sehr gute Chance, die wichtigsten Basisfunktionen wiederherzustellen.



**Abb. 5** ▲ Verschiedene operative Rekonstruktionsstrategien schematisch dargestellt: **a** anatomische Rekonstruktion durch Überbrückung des Defekts am Plexus brachialis mit Nerventransplantaten am Truncus superior und Truncus medius, **b** extraanatomische Rekonstruktion des N. suprascapularis durch Verlagerung des Endastes des N. accessorius (Neurotisation), gleichzeitig anatomische Rekonstruktion des Truncus superior

Bei oberen Läsionen des Plexus brachialis mit sehr guter Erholungstendenz kann auch die alleinige Neurotisation des N. suprascapularis durch den Endast des N. accessorius nach unserer Erfahrung eine erhebliche Verbesserung der aktiven Außenrotation im Schultergelenk bewirken und damit die sehr häufig auftretende Innenrotationskontraktur der Schulter lindern.

### Die Aufklärung der Eltern muss verbessert werden

Die Eltern der betroffenen Patienten sind oft nicht oder nur bedingt über die Folgen der geburtstraumatischen Plexuslähmung und deren Behandlungsmöglichkeiten aufgeklärt. Teilweise wird in Unkenntnis

vermittelt, dass bei dieser Art der Arm-lähmung ohnehin keine operativen Möglichkeiten gegeben seien. Die Kinder werden deshalb oft erst im Vorschulalter mit bereits lange bestehenden Lähmungen vorgestellt. Manchmal wird auch zu lange auf eine Verbesserung der Armfunktion gewartet, wenn eigentlich eine primäre Rekonstruktion sinnvoll wäre. Die Enttäuschung ist groß, wenn diese aufgrund des fortgeschrittenen Alters und der damit verbundenen irreversiblen Schädigung der Muskulatur nicht mehr sinnvoll ist (■ Abb. 5).

Für eine verbesserte Aufklärung der Eltern von Kindern mit geburtstraumatischen Armplexuslähmungen wurde von unserer Arbeitsgruppe im Jahr 2002 ei-





**Abb. 6** ◀ **a** 1 1/2-jähriges Mädchen mit starker Innenrotationskontraktur der rechten Schulter („Rückhandfassen“ der Gegenstände zum Einsetzen der Hand erforderlich), **b** auch intraoperativ unter Narkose und Relaxation vorhandene Innenrotationskontraktur von etwa 50°, **c** nach Z-Verlängerung des M. subscapularis und Kürzung des Processus coracoideus intraoperativ mögliche Außenrotation von 60°, **d** postoperativ erreichte Korrektur der Innenrotationskontraktur, „Vorhandgreifen“ möglich

ne Elterninformationsseite im Internet (▣ **Infobox 1**) eingerichtet. Hier werden die Grundzüge des Krankheitsbildes allgemein verständlich dargestellt. Eine kostenlose Informationsbroschüre kann bestellt werden. Die Webseite wurde in vergangenen 6 Jahren mehr als 25.000-mal aufgerufen. Sowohl die Webseite als auch das angebotene Diskussionsforum für betroffene Eltern haben sehr guten Zuspruch gefunden.

### Motorische Ersatzoperationen

Ab einem Lebensalter von 2 Jahren, mit Abschluss der Reinnervation, kommen motorische Ersatzoperationen zur Verbesserung der Funktion des betroffenen Arms in Frage. Nach primärer Operation am Plexus brachialis können sie eine weitere Verbesserung des funktionellen Ergebnisse für den Patienten er-

bringen. Motorische Ersatzoperationen dienen dem Wiedererlangen von Funktionen, die durch Nervenlähmungen verloren gegangen sind. Intakte Muskeln werden mit ihrem sehnigen Ansatz auf die gelähmten Muskeln umgelagert, um deren Funktion zu übernehmen. Niemals wird die normale Kraft wiedererlangt, sondern ein Ausgleich des Muskelgleichgewichts angestrebt. Voraussetzungen sind [7]:

- freie, passive Gelenkbeweglichkeit,
- narbenfreies Gleitlager,
- adäquate Kraft des Muskels und
- geeignete Muskelamplitude.

Im Gegensatz zur peripheren Nervenläsion, bei der z. B. die Handgelenk- und Fingerstrecker durch die Parese des N. radialis gelähmt sind, können bei der Plexusparese Beuge-, Streck- und intrinsische Muskeln in unterschiedlicher Stärke betroffen sein. Dies bedeutet, dass eine differenzierte Pla-

nung erforderlich ist, ob der geplante Spendermuskel bezüglich Kraft, Vernarbung und funktionellem Verlust für eine Transposition geeignet ist. Das zu erwartende funktionelle Ergebnis hängt in hohem Maß vom Primärschaden ab, d. h. die Prognose beim Ausriss aller Wurzeln ist wesentlich schlechter als bei Residualschäden infolge spontaner oder postoperativer Erholung.

### Schulter

Durch die Schwäche der Außenrotatoren und das Überwiegen der Innenrotatoren ist die typische Stellung der Schulter bei hoher Plexusparese die Innenrotationsstellung mit aktivem Defizit von Außenrotation und Abduktion.

Gemäß dem Prinzip freier, passiver Gelenkbeweglichkeit muss diese zuerst erreicht werden.

Ist dies durch Physiotherapie allein nicht möglich, sollte im Alter von

2–4 Jahren eine vordere Schulterlösung (▣ **Abb. 6**) mit Verlängerung der Sehne des M. subscapularis in Kombination mit einer Hemiresektion des Processus coracoideus in der Technik nach Birch [4, 5] durchgeführt werden. Gleichzeitig oder zweizeitig kann durch das Umsetzen des M. latissimus dorsi auf die Rotatorenmanschette eine Verbesserung der Außenrotation sowie Abduktion erzielt werden [12, 25]. Beim Ausfall des M. deltoideus und gleichzeitiger Schwäche der Rotatorenmanschette kann durch die Verlagerung des M. trapezius von Klavikula und Akromion auf den Humerus die Abduktion verbessert werden [29].

## Ellenbogen

Beim Verlust der Ellenbogenbeugung stehen mehrere Verfahren zur Verfügung:

- die Verlagerung der distalen Anteile des M. pectoralis major auf die distale Bizepssehne [10],
- die Transposition des gesamten oder gespaltenen („splitted“) M. latissimus dorsi auf die distale Bizepssehne [35],
- die Verlagerung der Trizepssehne auf die Bizepssehne [8] und
- die Proximalisierung der Unterarmbeuger nach Steindler [31], eine Technik, die sicher die geringste Beugekraft bringt.

Eine ausgefallene Streckfunktion des Ellenbogens kann in vielen Fällen durch die Schwerkraft ausgeglichen werden. Da bei einer fehlenden aktiven Streckung des Ellenbogens häufig eine Beugekontraktur entsteht, wird man eher geneigt sein, bereits ab dem 2. Lebensjahr durch Transposition des M. latissimus dorsi oder des dorsalen Anteils des M. deltoideus die aktive Streckfunktion wiederherzustellen.

## Unterarm

Eine Supinationskontraktur des Unterarms kann durch ein Umsetzen der Bizepssehne um den proximalen Radius aufgelöst werden, wenn sie noch nicht fixiert ist, d. h. passiv ausgeglichen werden kann [34]. Alternativ kann eine Fusion zwischen Elle und Speiche in Neutralstellung durchgeführt werden. Dies trifft auch für die seltenere fixierte Pronationsstellung des Unterarms zu.

## Hand und Finger

Die Klassifizierung der Lähmung von Hand und Handgelenk ist komplex. Die Auswahl des Behandlungsverfahrens wird nach der individuell vorhandenen Reinnervation und Funktionseinschränkung für das individuelle Kind ausgewählt. Die häufig vorhandene Ulnarduktion des Handgelenks kann durch eine Verlagerung der Sehne des M. extensor carpi ulnaris auf die Sehne des M. extensor carpi radialis longus ausgeglichen werden, dies zeitgleich mit einer Korrektur der zusätzlichen bestehenden Supinationskontraktur.

Bei schwacher Hand- und Fingergelenkstreckung sowie starken Unterarmbeugemuskeln kann eine Transposition der Sehne des M. flexor carpi ulnaris auf Handgelenk- oder Fingerstrecker erfolgen. Stehen nur unzureichende Spender zur Verfügung, können nach einer Tenodese oder Arthrodese des Handgelenks die frei gewordenen Handgelenkbeuger- und -strecker zur Fingerbeugung oder -streckung verlagert werden.

In Einzelfällen konnte durch eine freie funktionelle Transplantation des M. gracilis ein Komplettausfall von Beuge- bzw. Streckmuskulatur ersetzt werden [9].

## Zeitplan

Von den meisten Autoren wird empfohlen im Alter von 2–4 Jahren zuerst die fehlende Ellenbogenbeugung zu rekonstruieren und anschließend die Schulterfunktion zu verbessern. Motorische Ersatzoperationen der Hand und Finger sollten frühestens ab dem 5. Lebensjahr begonnen werden, da sie eine Kooperationsbereitschaft des Kindes für die aufwendige physiotherapeutische Nachbehandlung voraussetzen. Eingriffe wie Arthrodese sollten erst nach Abschluss des Längenwachstums durchgeführt werden.

## Fazit für die Praxis

**Eine geburtstraumatische Armplexusparesese ist ein seltenes Krankheitsbild, das einer frühzeitigen kompetenten interdisziplinären Behandlung bedarf. In den meisten Fällen liegen leichte Dehnungsverletzungen des Plexus brachialis vor, die sich unter krankengymnastischer Behandlung innerhalb weniger Tage bzw. Wochen vollständig erholen. Bei**

## Infobox 1 Weiterführende Informationen

Elterninformationsseite: [www.plexusparesese.de](http://www.plexusparesese.de)

**schwereren Fällen liegen Ab- oder Ausrissverletzungen vor, die sich spontan nicht erholen können. Ist bis zum 3. Lebensmonat durch Reinnervation des M. biceps brachii nicht eine vollständige aktive Beugung des Unterarms gegen die Schwerkraft möglich, sollte das Kind in einem Zentrum für geburtstraumatische Verletzungen des Plexus brachialis vorgestellt werden. Dort werden klinische und ggf. weiterführende Untersuchungen wie die Elektrophysiologie von mit dem Krankheitsbild vertrauten Kollegen durchgeführt und bis spätestens zum 9. Lebensmonat eine Entscheidung zu einer evtl. sinnvollen chirurgischen Rekonstruktion des Plexus brachialis getroffen. In jedem Fall darf dieses enge Zeitfenster, in dem eine direkte Operation am Plexus brachialis sinnvoll ist, nicht verpasst werden.**

**Auch bei unvollständiger Reinnervation können sekundäre Operationsverfahren wie Kontrakturlösungen oder Sehnenverlagerung eine deutliche Verbesserung des Bewegungsumfanges der betroffenen Extremität bewirken. Primäre und sekundäre Operationsverfahren können die Lebensqualität der kleinen Patienten, die bei schweren Verletzungen zeitlebens durch eine reduzierte Funktionalität der oberen Extremität eingeschränkt sind, erheblich verbessern.**

## Korrespondenzadresse

**PD Dr. R.E. Giunta**

Klinik und Poliklinik für Plastische Chirurgie und Handchirurgie, Klinikum rechts der Isar, Technische Universität München  
Ismaningerstraße 22, 81675 München  
[R.Giunta@lrz.tu-muenchen.de](mailto:R.Giunta@lrz.tu-muenchen.de)

**Interessenkonflikt.** Der korrespondierende Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

## Literatur

1. Alnot JY, Narakas A (1995) Les paralysies du plexus brachial, 2nd edn. Expansion Scientifique Française, Paris
2. Al-Qattan MM, Clarke HM, Curtis CG (1995) Klumpke's birth palsy. Does it really exist? J Hand Surg [Br] 20:19–23
3. Bauer H, Vojta V (1984) Behandlung der geburtstraumatischen Plexusparesese. Sozialpädiatrie 6:596–602

4. Birch R (2000) Obstetric brachial plexus palsy. In: Gupta A, Kay SPJ, Scheker LR (eds) *The growing hand*. Mosby, Philadelphia, pp 461–474
5. Birch R (2001) Late sequelae at the shoulder in obstetrical palsy in children. *Surg Techn Orthop Traumatol* 55:200-E–210-E
6. Birch R, Ahad N, Kono H, Smith S (2005) Repair of obstetric brachial plexus palsy: results in 100 children. *J Bone Joint Surg Br* 87:1089–1095
7. Brand PW (1988) Biomechanics of tendon transfers. *Hand Clin* 4:137–154
8. Bunnell S (1951) Restoring flexion to the paralytic elbow. *J Bone Joint Surg Am* 33-A:566–571
9. Chung DC, Carver N, Wei FC (1996) Results of functioning free muscle transplantation for elbow flexion. *J Hand Surg [Am]* 21:1071–1077
10. Clark J (1946) Reconstruction of biceps brachii by pectoral muscle transplantation. *Br J Surg* 34:180–181
11. Clarke HM, Curtis CG (1995) An approach to obstetrical brachial plexus injuries. *Hand Clin* 11:563–580
12. Clarke HM, Al-Qattan MM, Curtis CG, Zuker RM (1996) Obstetrical brachial plexus palsy: results following neurolysis of conducting neuromas-in-continuity. *Plast Reconstr Surg* 97:974–983
13. Colon AJ, Vredevelde JW, Blaauw G, Zandvoort JA (2003) Spontaneous muscle fiber activity appears early in cases of obstetric brachial plexopathy. *Muscle Nerve* 28:515–516
14. Curtis C, Stephens D, Clarke HM, Andrews D (2002) The active movement scale: an evaluative tool for infants with obstetrical brachial plexus palsy. *J Hand Surg [Am]* 27:470–478
15. Gilbert A (1995) Long-term evaluation of brachial plexus surgery in obstetrical palsy. *Hand Clin* 11:583–594
16. Gilbert A (2001) *Brachial plexus injuries*. Dunitz, London
17. Gilbert A, Tassin JL (1984) Réparation chirurgicale de plexus brachial dans la paralysie obstétricale. *Chirurgie* 110:70–75
18. Giunta R (2006) Geburtstraumatische Armplexusparesen: Chancen einer frühzeitigen Operation. *Padiatr Prax* 68:181–192
19. Giunta R (2008) Geburtstraumatische Armplexusparesen: Chancen einer frühzeitigen Operation. *Chir Prax* 68:645–656
20. Heise CO, Lorenzetti L, Marchese AJ, Gherpelli JL (2004) Motor conduction studies for prognostic assessment of obstetrical plexopathy. *Muscle Nerve* 30:451–455
21. Heise CO, Siqueira MG, Martins RS, Gherpelli JL (2007) Clinical-electromyography correlation in infants with obstetric brachial plexopathy. *J Hand Surg [Am]* 32:999–1004
22. Holmefur M, Krumlind-Sundholm L, Eliasson AC (2007) Interrater and intrarater reliability of the assisting hand assessment. *Am J Occup Ther* 61:79–84
23. Krumlind-Sundholm L, Holmefur M, Eliasson AC (2006) *Manual: assisting hand assessment, english research version 4.3*. Karolinska Institute, Stockholm
24. Krumlind-Sundholm L, Holmefur M, Kottorp A, Eliasson AC (2007) The assisting hand assessment: current evidence of validity, reliability, and responsiveness to change. *Dev Med Child Neurol* 49:259–264
25. L'Episcopo J (1934) Tendon transplantation in obstetrical paralysis. *Am J Surg* 25:122
26. Mallet J (1972) Paralysies obstétricales du plexus brachial. *Traitement des séquelles*. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 58:166–168
27. Mancias P, Slopis JM, Yeakley JW, Vriesendorp FJ (1994) Combined brachial plexus injury and root avulsion after complicated delivery. *Muscle Nerve* 17:1237–1238
28. Marcus JR, Clarke HM (2003) Management of obstetrical brachial plexus palsy evaluation, prognosis, and primary surgical treatment. *Clin Plast Surg* 30:289–306
29. Saha AK (1967) Surgery of the paralysed and flail shoulder. *Acta Orthop Scand Suppl* 97:95–90
30. Seddon H (1975) *Surgical disorders of the peripheral nerves*. Churchill Livingstone, Edinburgh
31. Steindler A (1918) Orthopaedic reconstruction work on hand and forearm. *NY Med J* 1275
32. Taub E, Uswatte G, Mark VW, Morris DM (2006) The learned nonuse phenomenon: implications for rehabilitation. *Eura Medicophys* 42:241–256
33. Vredevelde JW, Blaauw G, Slooff BA et al (2000) The findings in paediatric obstetric brachial palsy differ from those in older patients: a suggested explanation. *Dev Med Child Neurol* 42:158–161
34. Zancolli EA (1967) Paralytic supination contracture of the forearm. *J Bone Joint Surg Am* 49:1275–1284
35. Zancolli EA, Zancolli ER Jr (1988) Palliative surgical procedures in sequelae of obstetric palsy. *Hand Clin* 4:643–669

## Vollmilch trinkende Kinder sind dünner

Das regelmäßige Trinken von Vollmilch kann bei Kindern offenbar der Entstehung von Übergewicht vorbeugen. Kinder, die täglich Vollmilch trinken, haben einen niedrigeren Body-Mass-Index als Gleichaltrige, die nur selten zu Milch greifen. Achtjährige, die täglich Vollmilch trinken, sind durchschnittlich vier Kilogramm leichter als Altersgenossen, die das Milchprodukt nur selten zu sich nehmen. Dieser positive Effekt auf das Körpergewicht ist nicht zu beobachten, wenn die Heranwachsenden täglich Halbfettmilch oder die fettarme Variante des Getränks konsumieren.

Wie sich die Vollmilch regulierend auf das Körpergewicht auswirkt, ist indes noch nicht klar. Es wäre denkbar, dass die Kinder, die Vollmilch trinken, ebenfalls dazu neigen, andere Nahrungsmittel zu sich zu nehmen, die ihr Gewicht nicht in die Höhe schnellen lassen. Eine weitere mögliche Erklärung ist, dass Kinder, die keine Vollmilch trinken, stattdessen mehr Softdrinks zu sich nehmen. In der Studie wurde die Ernährung, die Körperzusammensetzung und die Mineralisierung der Knochen von 120 achtjährigen untersucht. Es zeigte sich auch, dass bei 62% der Kinder das Level an Vitamin D im Blut zu gering war.

Quelle: *Universität Göteborg, www.gu.se*