



# Medinfo/Infoméd

Nº 2019/1

---

# Aktuelle Therapiekonzepte zur Rekonstruktion der Arm- und Handfunktion bei Tetraplegikern

---

Silvia Schibli, Sabrina Koch-Borner, Jan Fridén  
Schweizer Paraplegiker-Zentrum Nottwil

## Zusammenfassung

Eine hohe Rückenmarksverletzung verändert das Leben der Betroffenen grundlegend. Die meisten Tetraplegiker wünschen sich vor allem anderen eine Wiedererlangung der Handfunktion, um mehr Unabhängigkeit im Alltag zu gewinnen. Durch rekonstruktive Eingriffe an den oberen Extremitäten kann dieses Ziel zumindest teilweise bei den meisten Betroffenen erreicht werden. Zur Rekonstruktion der Handfunktion stehen Sehnentransfer-Operationen, gelegentlich in Kombination mit einem Nerventransfer zur Verfügung. Dabei handelt es sich um komplexe Eingriffe, die eine exakte Planung und korrekte Durchführung erfordern. Zentrale Bedeutung in der Betreuung der Betroffenen hat die Zusammenarbeit in einem Team aus Handchirurgen, Rehabilitationsmedizinern und Handtherapeuten. Die Ergebnisse nach rekonstruktiven Eingriffen sind zuverlässig gut und führen zu einer deutlichen Steigerung der Lebensqualität.

## Résumé

Un niveau élevé de lésions de la moelle épinière change fondamentalement la vie des personnes touchées. La plupart des tétraplégiques souhaitent avant tout retrouver la fonction de la main afin d'acquies plus d'autonomie dans la vie quotidienne. La chirurgie reconstructive des membres supérieurs peut atteindre cet objectif, du moins en partie, chez la plupart des patients. Les opérations de transfert tendineux sont disponibles pour la reconstruction de la fonction de la main, parfois en combinaison avec le transfert des nerfs. Il s'agit d'interventions complexes qui nécessitent une planification exacte et une exécution correcte. La coopération au sein d'une équipe de chirurgiens de la main, de médecins de rééducation et de thérapeutes de la main est d'une importance capitale pour les soins des personnes concernées. Les résultats obtenus après les interventions reconstructives sont fiables et conduisent à une amélioration significative de la qualité de vie.

# 1. Einleitung

Jedes Jahr erleiden in den industrialisierten Ländern 30–40 Personen/1 Million Einwohner eine Querschnittslähmung, wobei in fast 50 % das Halsrückenmark betroffen ist. In einem kurzen Augenblick verändert sich das Leben der Betroffenen einschneidend. Die oft jungen und aktiven Patienten verlieren plötzlich teilweise oder vollständig ihre Mobilität, Eigenständigkeit und Erwerbsfähigkeit. Bei Patienten mit einem Läsionsniveau unterhalb C5 ist oft noch eine minimale Restfunktion der oberen Extremitäten vorhanden. Diese Restfunktion bestimmt das Leben der Betroffenen entscheidend und kann eine gewisse Unabhängigkeit im Alltag gewährleisten.

Die Wiedererlangung der Arm- und Handfunktion wird von den meisten Tetraplegikern als weit wichtiger eingestuft als die Kontrolle über Blase und Darm, Gehfähigkeit und Sexualfunktion [1]. Über 77 % von 565 befragten Tetraplegikern in Holland und England geben an, von einer Verbesserung der Handfunktion eine wesentliche Steigerung der Lebensqualität zu erwarten [2].

---

**«Their hands are  
their life!»** Erik Moberg

---

Durch die chirurgischen Pionierleistungen des Handchirurgen Erik Moberg aus Schweden in den 70er Jahren entwickelte sich die rekonstruktive Handchirurgie zu einer anerkannten Behandlungsform in der Wiederherstellung der Handfunktion bei Tetraplegikern. Über 60 % aller Tetraplegiker können gemäss Moberg von einem rekonstruktiven Eingriff profitieren [3].

Die klinischen Resultate nach rekonstruktiven Eingriffen sind sehr ermutigend. In mehreren kürzlich publizierten Studien konnte eine wesentliche Verbesserung von vielen täglichen Aktivitäten wie zum Beispiel Rollstuhlfahren [4], selbständig Essen [5], Selbstkatheterisieren, Schreiben usw. und damit eine gewisse Unabhängigkeit im Alltag [6] nachgewiesen werden.

Die sicheren und funktionell zuverlässig guten Ergebnisse nach rekonstruktiven Eingriffen, welche wir heute erreichen können, beruhen auf Grundlagenstudien zur Muskelphysiologie sowie auf klinischen Studien zur Verbesserung der Operationstechniken und der postoperativen Rehabilitation [7]. Leider haben trotz der guten operativen Möglichkeiten nicht alle Betroffenen Zugang zur Tetrahandchirurgie. Mit ein Grund dafür könnte mangelnde Information [8] oder aber auch ein fehlendes Netzwerk zwischen Rehabilitationsärzten und Handchirurgen sein [9].

## 2. Grundlagen

Grundsätzlich stehen uns mehrere chirurgische Techniken zur Rekonstruktion der Handfunktion zur Verfügung (Tabelle 1). Die wichtigste und am häufigsten angewandte Technik ist der Sehnentransfer. Zusätzlich kommen Nerventransfers, Tenodesen und Kapsulodesen und am Daumensattelgelenk die Arthrodesen zur Anwendung.

### Operationstechniken in der Tetrahandchirurgie

- Sehnentransfer
- Nerventransfer
- Kapsulodesen
- Arthrodesen (nur Daumensattelgelenk)

Tabelle 1

### 2.1. Sehnentransfer

Bei der motorischen Ersatzoperation (Sehnentransfer) wird die Sehne eines funktionierenden Muskels auf die Sehne eines gelähmten Muskels transferiert. Ein guter Spendermuskul sollte unverletzt sein und optimal einen Kraftgrad grösser M4 (Skala des British Medical Research Council, Tabelle 2) aufweisen. Ideal ist der Ersatz eines gelähmten Muskels durch Transfer eines Muskels mit ähnlichen mechanischen Eigenschaften in Bezug auf Volumen, Fasernlänge und Kraft. Synergistische Muskeln eignen sich besonders zum Transfer, da das postoperative Erlernen der neuen Funktion erleichtert ist.

### Einteilung der Muskelkraft (British Medical Research Council)

Kraftgrad	Muskelfunktion
0	Vollständige Lähmung
1	Muskelkontraktionen palpabel oder sichtbar
2	Aktive Bewegung bei Ausschaltung der Schwerkraft möglich
3	Aktive Bewegung gegen die Schwerkraft möglich
4	Aktive Bewegung gegen Schwerkraft und Widerstand möglich
5	Normale Muskelkraft

Tabelle 2

Entscheidend zur Planung einer motorischen Ersatzoperation sind das Niveau und das Ausmass der Querschnittläsion und die damit noch vorhandenen und für einen Transfer zur Verfügung stehenden funktionierenden Muskel-Sehneneinheiten. Oberhalb eines Läsionsniveau C4 sind in der Regel keine chirurgischen Verbesserungen möglich. Bei einer Schädigung auf Höhe C6-C8 sind jedoch ein bis mehrere Spendermuskeln vorhanden und damit gute funktionelle Ergebnisse zu erreichen.

Sehnentransfers sind anspruchsvolle Eingriffe, die eine genaue klinische Evaluation und eine technisch korrekte Realisation fordern. Die Wahl eines falschen Spenders führt nicht nur zu einem fehlenden Erfolg des Eingriffs sondern kann eine fatale Verschlechterung der Gesamtfunktion der Hand zur Folge haben.

Hauptziele der motorischen Ersatzoperationen sind die Wiederherstellung der Ellbogenstreckung sowie der Greiffunktion. Die aktive Ellbogenstreckung erlaubt dem Patienten, die Hand gezielt im Raum und auch über Kopf zu positionieren und unterstützt den Transfer und das manuelle Rollstuhlfahren. Erst mit einer aktiven Ellbogenextension kann die Hand optimal genutzt werden. Deshalb wird meist empfohlen, die Ellbogenextension vor der Greiffunktion zu rekonstruieren [10].

Die Greiffunktion kann je nach Situation als aktiver oder passiver Schlüsselgriff wiederhergestellt werden, bei genügend Spendermuskeln ergänzt durch eine aktive Fingerbeugung, Daumenbeugung oder intrinsischen Funktion. Die passive Funktion wird durch den Tenodeseeffekt erreicht. Zentrale Bedeutung bei der Wiederherstellung der Greiffunktion hat deshalb die Handgelenkextension.

## 2.2 Nerventransfer

Nerventransfers sind eine etablierte Therapieform bei peripheren Nervenverletzungen und werden erst in den letzten Jahren auch bei Rückenmarksverletzten vermehrt angewandt. Dabei werden motorische Faszikel von funktionierenden Nerven oberhalb des Läsionsniveaus im Rückenmark als Spendernerven auf Nerven unterhalb der Läsion transferiert, wodurch der Empfängernerv wieder Signale vom Hirn empfangen kann. Der Spendernerv wird durchtrennt und auf den Empfängernerven genäht. Anders als beim Sehnentransfer, wo die neue Funktion praktisch sofort sichtbar ist, nimmt die Reinnervation des Zielmuskels nach Nerventransfer mehrere Monate bis 1 Jahr in Anspruch und die Resultate sind sehr variabel [11]. Trotzdem stellen Nerventransfers in gewissen Situationen eine gute Ergänzung zu den Sehnentransfers dar.

## 3. Patientenevaluation und Teamkonzept

Eine sorgfältige Untersuchung und Beratung der Patienten ist unabdingbar, um einen erfolgreichen Behandlungsplan aufzustellen. Von grosser Bedeutung sind dabei die Zusammenarbeit in einem Team aus Handchirurgen, Fachärzten für Rehabilitation, Ergo- und Physiotherapeuten sowie der Einbezug des sozialen Umfelds des Patienten.

Zur Wahl des operativen Verfahrens sind eine exakte und wiederholte klinische Untersuchung und eine umsichtige Planung ausschlaggebend. Wird ein falsches Verfahren gewählt, kann dies die Funktionsfähigkeit der Extremität unwiederbringlich verschlechtern und damit dem Patienten vormals vorhandene Restfunktionen nehmen. Die Spendermuskeln können durch präoperative Handtherapie gestärkt und der Patient so optimal auf den Eingriff vorbereitet werden.

Voraussetzungen für einen rekonstruktiven Eingriff sind eine stabile neurologische Situation ohne weitere zu erwartende Funktionswiederkehr, passiv gute bewegliche Gelenke ohne Kontrakturen und intakte Hautverhältnisse. Ebenso wichtig sind eine stabile psychische Situation, eine gute Motivation des Patienten sowie eine realistische Zielsetzung.

### 3.1. Präoperative Assessments

Zur Planung des rekonstruktiven Eingriffs werden alle Muskelfunktionen ausgetestet und nach Kraftgrad M0–M5 nach der Skala des British Medical Research Council eingeteilt (Tabelle 2). Danach erfolgt die Einteilung gemäss der speziell für rekonstruktive Eingriffe bei Tetraplegikern entwickelten Klassifikation ICSHT (International Classification for Surgery of the Hand in Tetraplegia) [12] (Tabelle 3).

Diese Einteilung definiert, wie viele Muskeln mit einem Kraftgrad M4 oder M5 unterhalb des Ellbogens funktionsfähig sind. Daraus lassen sich die Optionen für chirurgische Eingriffe ableiten. So stehen zum Beispiel bei einem Patienten mit Rückenmarksverletzung auf Höhe C6 und Funktionsklasse 4 insgesamt 4 Spendermuskeln für einen Transfer zur Verfügung.



## Internationale Klassifikation für chirurgische Handeingriffe bei Tetraplegie

Gruppe	Rückenmarksegment	Muskeln mit Kraftgrad >4 (MRC), welche für einen Transfer zur Verfügung stehen
0	>C5	keine aktive Muskelfunktion unterhalb des Ellbogens
1	C5	Brachioradialis
2	C6	+ Extensor carpi radialis brevis
3	C6	+ Extensor carpi radialis longus
4	C6	+ Pronator teres
5	C7	+ Flexor carpi radialis
6	C7	+ Fingerextensoren
7	C7	+ Daumenextensoren
8	C8	+ partielle Fingerflexoren
9	C8	nur fehlende intrinsische Muskulatur
10		Ausnahmen

**O = ocular:** keine Sensibilität vorhanden, nur Augenkontrolle

**Cu = cutaneous:** Sensibilität vorhanden

Tabelle 3

Das Canadian Occupational Performance Measurement (COPM) ist ein bewährtes Instrument, um das postoperative Outcome zu überprüfen [13]. Dabei werden durch den Patienten selbst präoperativ verschiedene Ziele definiert und in Bezug auf Durchführbarkeit und Zufriedenheit bewertet. Postoperativ werden die ausgewählten Aktivitäten erneut dokumentiert und vom Patienten bewertet. Die von den Patienten häufig genannten Ziele sind sehr alltagsrelevant, wie z. B. das Halten einer Kreditkarte, das Abreißen von Toilettenpapier, das Führen eines Trinkbechers zum Mund oder das Halten eines Schreibstifts.

### 3.2. Operationszeitpunkt

Die oben erwähnten Voraussetzungen für einen rekonstruktiven Eingriff sind in der Regel nach Abschluss der Erstrehabilitation 6–8 Monate post trauma erreicht. Strikte Regeln wie z. B. keine Operation früher als 1 Jahr nach Trauma sind nicht sinnvoll, da bei einer kompletten Querschnittslähmung das neurologische Plateau oft nach 6 Monaten

bereits erreicht ist und bei psychisch stabilem Patienten zu diesem Zeitpunkt eine Operation in Erwägung gezogen werden kann. Bei inkompletten Lähmungen nimmt die neurologische Rehabilitation längere Zeit in Anspruch, so dass die Rekonstruktion der Armfunktion erst nach sicher abgeschlossener Nervenregeneration und Kontrolle der häufig problematischen Spastizität geplant werden sollte [14].

Grundsätzlich können Sehnentransfers auch viele Jahre nach einer Rückenmarksverletzung noch durchgeführt werden. Anders ist die Situation bei Nerventransfers, denn der denervierte Muskel erfährt innerhalb 1–2 Jahren nach dem Trauma eine Degeneration der motorischen Endplatte, wodurch er die Fähigkeit zur Reinnervation verliert. Ein Nerventransfer sollte deshalb optimalerweise innerhalb eines Jahres nach dem Trauma erfolgen [15].

## 4. Operative Verfahren

### 4.1. Wiederherstellung der Ellbogenstreckung

Der M. triceps brachii wird aus dem Segment C7 versorgt und ist deshalb bei einer Halsrückenmarksverletzung meist gelähmt. Bei fehlender Tricepsfunktion ist der Aktionsradius der Hand massiv eingeschränkt. Die Rekonstruktion der Ellbogenextension kann durch folgende Techniken wiederhergestellt werden:

#### Sehnentransfer

- Transposition des hinteren Deltoideusanteils auf die Tricepssehne
- Transposition der Biceps-Sehne auf die Tricepssehne

Beide Sehnentransfers führen zuverlässig zu einer guten Ellbogenextension mit hoher Patientenzufriedenheit [16, 17] (Bild 1).



Bild 1: Wiederherstellung der Ellbogenstreckung durch Transfer des hinteren Deltoideusanteils auf den Triceps.

#### Nerventransfer

- Transposition von motorischen Faszikeln des N. axillaris auf den Ast des N. radialis zum Triceps

Als Alternative steht ein Transfer der motorischen Nervenäste des N. axillaris zum hinteren Deltoideus oder Teres minor auf den Ast des N. radialis zum Triceps zur Verfügung [15].

### 4.2. Wiederherstellung der Greiffunktion

Eine gute Handfunktion setzt sich aus multiplen Einzelfunktionen zusammen: Faustschluss, Schlüsselgriff und Handöffnung. Je nach Anzahl der transferierbaren Spendermuskeln können diese einzelnen Funktionen differenziert wiederhergestellt werden. Aus der Vielzahl der verschiedenen Sehnen-transfers stellen wir beispielhaft die am häufigsten angewandten vor.

#### Passiver Schlüsselgriff

Bei Patienten der Funktionsgruppe 1 mit nur einem zum Transfer zur Verfügung stehenden Muskel erfolgt die Rekonstruktion der Greiffunktion durch einen passiven Kneifgriff zwischen Daumen und Zeigefinger, welcher auf dem Tenodeseffekt bei der Handgelenksexension basiert. Unter Tenodeseffekt wird die passive Beugung der Finger sowie des Daumens verstanden, welche bei der Handgelenksexension entsteht.

Die aktive Handgelenksexension wird mittels Transfer der Brachioradialis-Sehne auf die Extensor carpi radialis brevis-Sehne ermöglicht. Durch eine gleichzeitige Befestigung (Tenodese) der Flexor pollicis longus-Sehne an den distalen Radius sowie Stabilisierung des Daumens mittels Arthrodesse des Daumensattelgelenkes wird der passive Schlüsselgriff über den Tenodeseffekt bei der aktiven Handgelenksexension möglich.

Steht gar kein Spendermuskel unterhalb des Ellbogens zur Verfügung (Funktionsgruppe 0), kann der passive Tenodesegriff mittels Nerventransfer ermöglicht werden: durch Transposition des Astes des N. musculocutaneus zum M. brachialis auf den Nervenast des N. radialis zum M. extensor carpi radialis longus kann die Handgelenksexension wiederhergestellt werden [18].

#### Aktiver Schlüsselgriff

Wird die Daumenbeugung (Flexor pollicis longus) durch einen Transfer des M. brachioradialis motorisiert, entsteht ein kräftiger, aktiver Schlüsselgriff. Dieser Griff ermöglicht das gezielte Greifen und Halten von Gegenständen und kann dadurch den Patienten befähigen, selbständig zu essen oder sich selbst zu katheterisieren.

### Aktiver Faustschluss

Bei Patienten ab Funktionsgruppe 3 funktionieren beide Handgelenksstreckmuskeln, womit einer der beiden für einen Transfer zur Verfügung steht. Neben einer aktiven Daumenbeugung kann deshalb zusätzlich der Faustschluss mittels Transfer der Extensor carpi radialis longus-Sehne auf die tiefen Fingerbeugesehnen (Flexor digitorum profundus) wiederhergestellt werden.



Bild 2: Patientin mit C6-Halsrückenmarksverletzung:  
A: beidhändiges Schreiben präoperativ  
B: 3 Monate nach Handrekonstruktion (Alphabet-Technik)

### Wiederherstellung der Handöffnung

Erst durch eine gute Öffnung der Hand wird es möglich, grössere Gegenstände zu umfassen. Die Handöffnung kann bei Tetraplegikern einerseits durch Reinnervation des Fingerstreckers (Extensor digitorum communis) mittels Nerventransfer wiederhergestellt werden. Dabei werden Nervenäste zum M. supinator auf den N. interosseus posterior, welcher den Extensor digitorum communis sowie die Daumenstrecker innerviert, transferiert [19]. Als Alternative steht der Transfer der Pronator-Sehne auf den Extensor digitorum communis zur Verfügung.

Eine Verbesserung der Handöffnung gelingt auch durch Rekonstruktion der intrinsischen Funktion, welche einerseits für eine bessere Extension der PIP-Gelenke verantwortlich ist, gleichzeitig aber auch ein harmonisches Einrollen der Finger beim Faustschluss ermöglicht. Die intrinsische Funktion kann durch Einziehen von Sehenschlaufen in die Lumbricaliskanäle rekonstruiert werden (House Procedure).

### 4.3 Innovative Konzepte

#### Kombinierte Rekonstruktion von Beuge- und Streckphase (Alphabet-Procedure)

Aufgrund von unterschiedlichen Nachbehandlungs-Schemata wurde früher die Handrekonstruktion in einem zweizeitigen Verfahren durchgeführt: in einem ersten Schritt wurde meist zunächst die Beugephase wiederhergestellt und daraufhin in einem zweiten Eingriff mehrere Monate später die Extensionsphase. Die pro Hand zweimalige lange Rehabilitationszeit, welche immer mit einem vorübergehenden Verlust der Autonomie verbunden ist, schreckte viele Tetraplegiker vor einem rekonstruktiven Eingriff ab. Durch verbesserte Sehnennahttechniken [20] (Bild 3), welche eine sofortige aktive Nachbehandlung ermöglichen, gelingt es, die Handrekonstruktion in einem einzigen Schritt durchzuführen. Dieser kombinierte Eingriff wurde durch Co-Autor Jan Fridén 2011 erstmals beschrieben und von ihm als sogenannte «Alphabet-Procedure» bezeichnet: advanced balanced combined digital extensor flexor grip reconstruction = ABCD-Reconstruction [21, 22]. Der Eingriff beinhaltet insgesamt 7 Teilschritte und ist chirurgisch äusserst anspruchsvoll.



Bild 3: Seit-zu-Seit-Sehnennaht mit sehr guter Reissfestigkeit

#### Kombination von Nerven- und Sehnentransfers

Die Kombination von Nerven- und Sehnentransfers kann neue Möglichkeiten zur Handrekonstruktion eröffnen. Wird zum Beispiel die Handöffnung durch Reinnervation der Finger- und Daumenstrecker mittels Nerventransfer verbessert, ist bei der Greifrekonstruktion kein zusätzlicher Sehnentransfer auf die Fingerstrecker notwendig.

Eine minutiöse Planung für den einzelnen Patienten in Kenntnis aller operativen Möglichkeiten erlaubt es, einen individuellen Behandlungsplan aufzustellen.



## 5. Nachbehandlung

Die Nachbehandlung beginnt bereits am ersten postoperativen Tag. Die frühen aktiven Bewegungsübungen verhindern die Ausbildung von Sehnenadhäsionen und sind damit essentiell für ein gutes Resultat. Die oft sofort aktivierbare und sichtbare neue Handfunktion nach Sehnentransfer ist für den Patienten ein eindrückliches Erlebnis und Motivation für die Rehabilitationsphase.

Die aktive Nachbehandlung erfordert ein profundes Wissen der Handtherapeuten sowie eine gute Compliance des Patienten.

## 6. Gefahren und Komplikationen

Die oben beschriebenen Eingriffe sind bewährt und Komplikationen relativ selten. Wird der Kraftgrad des Spendermuskels präoperativ überschätzt, wird sich nicht das erwünschte Resultat einstellen. Die intraoperative Einstellung der Spannung einer transferierten Sehne ist schwierig und basiert zu einem grossen Teil auf der Erfahrung des Handchirurgen.

Ein genaues Nachbehandlungsschema ist äusserst wichtig, um postoperativ eine Überdehnung oder gar ein Ausreissen der transferierten Sehne zu verhindern.

## 7. Outcome

Frühere Studien haben die Resultate nach rekonstruktiven Eingriffen durch Kraftmessung z. B. beim Schlüsselgriff erfasst. Eine Metaanalyse von über 500 Eingriffen in 14 Studien zeigte eine Verbesserung der Kraft bei der Ellbogenextension von einem Kraftgrad 0 (MRC) auf 3.3 nach Sehnentransfer sowie eine Kraft beim Schlüsselgriff von 2 kg postoperativ [23]. Die Zufriedenheit der Patienten nach einem rekonstruktiven Eingriff lässt sich jedoch nicht mit einfachen Kraftmessungen erfassen. Deshalb werden in neueren Outcome-Studien Parameter wie verbesserte Selbständigkeit, Erleichterung in den täglichen Aktivitäten und subjektive Zufriedenheit erfasst. In einem kürzlich durchgeführten Interview von Wangdell beschrieben die Patienten ihren Hauptgewinn nach der Operation als grössere Unabhängigkeit. Stark verbunden mit der erreichten Selbständigkeit und dem oft enormen Gewinn an Privatsphäre sind ein verbessertes Selbstwertgefühl, eine zurückgewonnene Identität und eine verbesserte soziale Integration [6]. Die psychologischen Aspekte des Funktionsgewinns sind oft von unschätzbarem Wert für die Betroffenen.

## 8. Schlussfolgerung

Die meisten Tetraplegiker erachten ein Wiedererlangen von mehr Eigenständigkeit als wichtigstes Ziel. Durch rekonstruktive chirurgische Eingriffe an der oberen Extremität kann dieses Ziel für die meisten Betroffenen erreicht werden. Jeder Tetraplegiker sollte daher die Möglichkeit haben, sich über chirurgische Eingriffe zu informieren und beraten zu lassen. Es stehen multiple chirurgische Techniken zur Verfügung, welche für jeden Patienten individuell evaluiert werden können. Die Rekonstruktion der Handfunktion mittels Sehnentransfer kann noch Jahre nach dem Unfall durchgeführt werden. Eine enge Zusammenarbeit zwischen Handchirurgen, Rehabilitationsärzten und Handtherapeuten ist Voraussetzung, um durch einen rekonstruktiven Eingriff ein optimales Resultat zu erreichen. Durch das Wiedererlangen zumindest eines kleinen Teils der Selbständigkeit kann die Lebensqualität der Betroffenen nachhaltig verbessert werden.

# Literatur

1. Anderson KD. Targeting recovery: priorities of the spinal cord-injured population. *J Neurotrauma*. 2004;21:1371–83.
2. Snoek GJ, IJzerman MJ, Hermens HJ, Maxwell D, Biering-Sorensen F. Survey of the needs of patients with spinal cord injury: impact and priority for improvement in hand function in tetraplegics. *Spinal Cord*. 2004;42:526–32.
3. Moberg E. Surgical treatment for absent singlehand grip and elbow extension in quadriplegia. Principles and preliminary experience. *J Bone Joint Surg Am*. 1975;57:196–206.
4. Lamberg A-S, Fridén J. Changes in skills required for using a manual wheelchair after reconstructive hand surgery in tetraplegia. *J Rehabil Med*. 2011;43:714–9.
5. Wangdell J, Fridén J. Satisfaction and performance in patient selected goals after grip reconstruction in tetraplegia. *J Hand Surg Eur Vol*. 2010;35:563–8.
6. Wangdell J, Carlsson G, Fridén J. Enhanced independence: experiences after regaining grip function in people with tetraplegia. *Disabil Rehabil*. 2013;35:1968–74.
7. Fridén J. New concepts in reconstruction of arm and hand function in tetraplegia-basic research and clinical application. *Handchir Mikrochir Plast Chir*. 2005;37:223–9.
8. Curtin CM, Gater DR, Chung KC. Upper extremity reconstruction in the tetraplegic population, a national epidemiologic study. *J Hand Surg Am*. 2005;30:94–9.
9. Curtin CM, Wagner JP, Gater DR, Chung KC. Opinions on the treatment of people with tetraplegia: contrasting perceptions of physiatrists and hand surgeons. *J Spinal Cord Med*. 2007;30:256–62.
10. Fridén J, Gohritz A. Tetraplegia Management Update. *J Hand Surg Am*. 2015;40:2489–500.
11. Fox IK, Miller AK, Curtin CM. Nerve and Tendon Transfer Surgery in Cervical Spinal Cord Injury: Individualized Choices to Optimize Function. *Top Spinal Cord Inj Rehabil*. 2018;24:275–87.
12. McDowell CL, Moberg EA, House JH. The second international conference on surgical rehabilitation of the upper limb in tetraplegia (quadriplegia). *J Hand Surg*. 1986;604–8.
13. Law MA. The canadian occupational performance measure. Ottawa: CAOT Publications. 1998.
14. Fridén J, Reinholdt C. Current concepts in reconstruction of hand function in tetraplegia. *Scand J Surg*. 2008;97:341–6.
15. Bertelli JA, Ghizoni MF. Nerve transfers for elbow and finger extension reconstruction in midcervical spinal cord injuries. *J Neurosurg*. 2015;122:121–7.
16. Wangdell J, Fridén J. Activity gains after reconstructions of elbow extension in patients with tetraplegia. *J Hand Surg Am*. 2012;37:1003–10.
17. Kozin SH, D'Addesi L, Chafetz RS, Ashworth S, Mulcahey MJ. Biceps-to-triceps transfer for elbow extension in persons with tetraplegia. *J Hand Surg Am*. 2010;35:968–75.
18. Fridén J, Gohritz A. Brachialis-to-extensor carpi radialis longus selective nerve transfer to restore wrist extension in tetraplegia: case report. *J Hand Surg Am*. 2012;37:1606–8.
19. Bertelli JA, Tacca CP, Ghizoni MF, Kechele PR, Santos MA. Transfer of supinator motor branches to the posterior interosseous nerve to reconstruct thumb and finger extension in tetraplegia: case report. *J Hand Surg Am*. 2010;35:1647–51.
20. Brown SHM, Hentzen ER, Kwan A, Ward SR, Fridén J, Lieber RL. Mechanical strength of the side-to-side versus Pulvertaft weave tendon repair. *J Hand Surg Am*. 2010;35:540–5.
21. Reinholdt C, Fridén J. Outcomes of single-stage grip-release reconstruction in tetraplegia. *J Hand Surg Am*. 2013;38:1137–44.
22. Fridén J, Reinholdt C, Turcsányi I, Gohritz A. A single-stage operation for reconstruction of hand flexion, extension, and intrinsic function in tetraplegia: the alphabet procedure. *Tech Hand Up Extrem Surg*. 2011;15:230–5.
23. Hamou C, Shah NR, DiPonio L, Curtin CM. Pinch and elbow extension restoration in people with tetraplegia: a systematic review of the literature. *J Hand Surg Am*. 2009;34:692–9.

## Korrespondenzadresse:

Dr. med. Silvia Schibli  
Leitende Ärztin Handchirurgie  
Schweizer Paraplegiker-Zentrum  
Guido A. Zäch Strasse 1  
6207 Nottwil  
silvia.schibli@paraplegie.ch

ISSN 2504-2203

ASA | SVV

**Schweizerischer Versicherungsverband**

Conrad-Ferdinand-Meyer-Strasse 14

Postfach

CH-8022 Zürich

Tel. +41 44 208 28 28

[info@svv.ch](mailto:info@svv.ch)

[svv.ch](http://svv.ch)