



Esser Masterclass Hand Therapy in samenwerking met  
Esser Masterclass handchirurgen en FESSH



## De perifere zenuwen

herstel, compressie, transfers ect

1

# Nerve Transfers



Ton Schreuders  
December 2023

2



## Nerve Transfers

“revolutie in de wetenschap”  
een ontwikkeling die leidt tot een **dramatisch ander beeld van de werkelijkheid.**



Nerve Transfers—A Paradigm Shift in the  
Reconstructive Ladder

Graduate E. Dainoff, MD  
Christine B. Swick, PT, PhD  
J. Megan M. Parsons, MD  
James M. Frank, MPT  
Loren C. Kahn, DO, PA-C, FRCPC

**Susan E. Mackinnon**

**Summary:** In this review, we present the current role of nerve transfers in the management of nerve injuries. The outcome of a literature review comparing the results of nerve graft versus nerve transfer and the experience of robotic surgical devices, authors regarding experience and adoption of nerve transfer are reviewed. Nerve transfer publications have increased over the years and our goal is to review nerve transfer as it relates to nerve transfer and the role of transfers have been adopted into practice compared to nerve graft. The reconstructive and functional results of nerve transfer transfers for and other function generated suitable outcomes related to nerve transfer selection. Comprehensive patient assessment is essential to evaluate the immediate functional needs and consider future reconstructions that may be necessary. Optimal outcome following nerve repair may involve a combination of different surgical options and nerve donor site type of reconstruction. Nerve transfer is a high-level extension of the paradigm shift from nerve repair and nerve graft and offers a new paradigm for reconstructive ladder. (J Hand Rehabil 2022; 49(5):322-331). doi: 10.1177/1558500222112291. Published online 21 June 2022

3

## Nerve transfers

het verplaatsen van een geïnnerveerde **donorzenuw** naar een gedenerveerde zenuw om **reïnnervatie** van de doelspier of het sensorische eindorgaan te bewerkstelligen.

Als de **donorzenuw dicht bij het doeleindorgaan** ligt, zal de zenuwoverdracht zorgen voor een snellere reïnnervatie – want: kortere afstand

4

## The keys to successful PNT

- **corticale gebieden** van donor- en ontvanger zenuwen moeten **zo dicht mogelijk bij elkaar liggen**
- **preoperatieve training** van de spierbewegingen die nodig zijn om de *nerve transfer* te activeren
- De plasticiteit moet worden benadrukt, vooral tijdens de eerste fasen van het **motor learning**
- revalidatieprogramma's met **spierkracht versterkende oefeningen** moeten worden gestart nadat de initiële motorische beweging is gezien.

Plasticity of the Central Nervous System Involving Peripheral Nerve Transfer.  
Jun Shen, Neural Plast. 2022

5


## Nerve Transfers

Toegepast bij

- Spinal Cord Injuries (SCI) dwarslaesies
- Plexus brachialis laesies
- Perifere zenuwletsels – motor herstel

Experimenten bij

- Sensibiliteit herstel
- Spasticiteit



6

## Post operative nerve transfer

Immobilisatie 7 tot 10 dagen

Dit komt overeen met de gepubliceerde immobilisatieperiodes voor perifere zenuwoperaties of zenuwtransplantaties waarbij de reparatie **zonder spanning** is voltooid.

Rehabilitation of supinator nerve to posterior interosseous nerve transfer in individuals with tetraplegia. Hahn J, Cooper C, Flood S, Weymouth M, van Zyl N. Arch Phys Med Rehab 2016

8

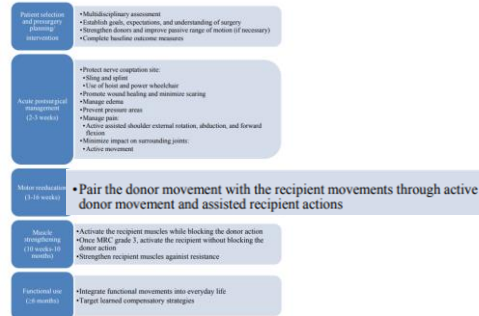


Fig 1 Stages of nerve transfer rehabilitation post-CSI.

Rehabilitation of supinator nerve to posterior interosseous nerve transfer in individuals with tetraplegia. Hahn J, Cooper C, Flood S, Weymouth M, van Zyl N. Arch Phys Med Rehab 2016

9

## paired donor-recipient exercises

Initially, activation of the nerves to the recipient muscles is through the activation of the donor nerve movement = **paired donor-recipient exercises**

**Repetitions**, to increase the amount of cortical representation

10 repetitions of the donor action, 3 to 5 times a day

Rehabilitation of supinator nerve to posterior interosseous nerve transfer in individuals with tetraplegia. Hahn J, Cooper C, Flood S, Weymouth M, van Zyl N. Arch Phys Med Rehab 2016

10

## flooding the donor

After postoperative rest period of 2 weeks, frequent contraction of the donor muscle is initiated to promote neural activation and growth.

Donor activation be performed **10-20 repetitions every hour** without resistance.

Concept of "**flooding the donor**" is introduced by high-repetition, low-resistance exercise, which limits fatigue

Therapists should instruct patients that "more is more" to amplify neural messages sent to the recipient muscle

Key Concepts for Nerve Transfer Rehabilitation After Surgical Reconstruction for Brachial Plexus and Peripheral Nerve Injuries. Kahn et al. J Hand Surg Am. 2023

11

## shifting the neural map

Aanvankelijk blijft de persoon de spieren activeren met geblokkeerde supinatie. Het herhaalde gebruik van supinatie helpt om de **neural map** van de beweging te consolideren en vervolgens te verschuiven van die van supinatie naar de oorspronkelijke neurale kaart van de ontvangende spier.

to date the underlying process has not been confirmed and is an area for further investigation

12

## S-PIN (nerve of supinator -> PIN)



Fig 5 Blocked supination with volitional finger extension.

Rehabilitation of supinator nerve to posterior interosseous nerve transfer in individuals with tetraplegia. Hahn J, Cooper C, Flood S, Weymouth M, van Zyl N. Arch Phys Med Rehab 2016

13

## S-PIN (supinator -> PIN)

Supinatie wordt geblokkeerd door de therapeut die de hand op het dorsum van de pols plaatst, met de duim langs het 4<sup>e</sup> MC.

Blokkeer supinatie met pols in neutraal en duim en vingers vrij.

Zodra aanspanning van extensie in de duim of vingers worden geïdentificeerd, wordt de volgende fase van de revalidatie gestart.

Rehabilitation of supinator nerve to posterior interosseous nerve transfer in individuals with tetraplegia. Hahn J, Cooper C, Flood S, Weymouth M, van Zyl N. Arch Phys Med Rehab 2016

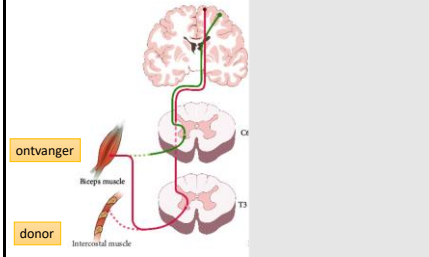


Fig 8. Blocked supination with restricted finger extension.

Re-innervate van EDC vaak eerst

14

## “bewijs” van neuroplasticiteit



Enkele jaren later (rechts) beginnen patiënten hun biceps onafhankelijk van de ademhaling samen te trekken. Het corticale gebied dat de musculocutane zenuw vertegenwoordigt, levert het motorische besturingscommando aan de biceps brachii

Plasticity of the Central Nervous System Involving Peripheral Nerve Transfer  
Jun Shen. Neural Plasticity 2022

15

TABLE 1. Sample Donor Articulation Exercises

Transfer	Spinal Accessory to Suprascapular	Triceps to Axillary	Flexor carpi ulnaris to Biceps	AN to Ulnar Nerve
Donor action	Scapular retraction	Elbow extension	Wrist flexion	Pronation

AN, anterior interosseous nerve.

TABLE 2. Sample (Active) Donor with (Afferent) Receptor Exercises

Transfer	Spinal Accessory to Suprascapular	Triceps to Axillary	Flexor carpi ulnaris to Biceps	AN to Ulnar Nerve
Donor action	Scapular retraction	Elbow extension	Wrist flexion	Pronation
Receptor action	Forearm rotation	Shoulder abduction	Elbow flexion	Page Abduction

AN, anterior interosseous nerve.  
\*Red arrow: digitus ulnaris flexor movement; yellow arrow: digitus ulnaris extensor movement. A: The contralateral hand uses a towel and the donor's shoulder into external rotation. B: The shoulder passively flexes into abduction on the ball with. C: The contralateral hand pulls the elbow into flexion using the towel while in a gravity-assisted plane. D: The contralateral hand assists the index finger into abduction. A strip of velcro is used as a guide to restrict flexion.

16

## Muscle strengthening

Het doel van de volgende revalidatiefase is om spierkracht om te zetten in **functionele en doelgerichte bewegingen**.

Deze fase duurt 10 weken

Rehabilitation of supinator nerve to posterior interosseous nerve transfer in individuals with tetraplegia. Hahn J, Cooper C, Flood S, Weymouth M, van Zyl N. Arch Phys Med Rehab 2016

17

## resistance exercises

Once individuals can achieve full EDC/EPL range without blocked supination, resistance exercises are added.

However, we have noted that **MRC grade 3** is sufficient for daily use (ie, opening hand to shake hands, extending around an object)

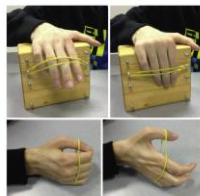


Fig 9. Blocked extension exercises.

18

## shifting the neural map...

“Na nerve transfer, is geen van de patiënten in staat om de extensie van de vingers volledig te scheiden van de extensie van de duim, die beide geïnnerveerde werden door de supinator.”

“Deze klinische bevinding suggereert dat donor- en ontvanger spieren met elkaar verbonden blijven.”

Rehabilitation of supinator nerve to posterior interosseous nerve transfer in individuals with tetraplegia. Hahn J, Cooper C, Flood S, Weymouth M, van Zyl N. Arch Phys Med Rehab 2016

19

## Functional use

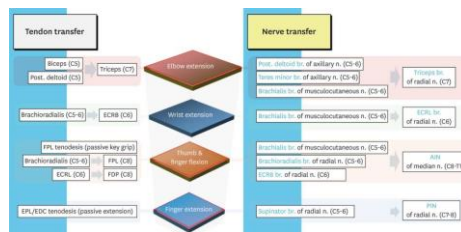
na 6 maanden is nieuwe functionele bewegingen geïntegreerd in het dagelijks leven.

Soms moet Pt aan herinnerd worden geen compensatiestrategieën te gebruiken (bijvoorbeeld de pols buigen om de vingers uit te strekken).

Verbetering functie ook na 12 maanden.

Rehabilitation of supinator nerve to posterior interosseous nerve transfer in individuals with tetraplegia. Hahn J, Cooper C, Flood S, Weymouth M, van Zyl N. Arch Phys Med Rehab 2016

20



Upper Limb Reconstruction in Tetraplegic Patients: A Primer for Spinal Cord Injury Specialists. Siew Khai Liew, Korean J Neurotrauma. 2020 Oct

22

### Comparison between tendon transfer and nerve transfer for upper limb reconstruction

	Tendon transfer	Nerve transfer
Principle	Re-route functioning expendable muscle-tendon unit	Re-innervate target muscle using expendable donor nerve out of injury area
Timing of surgery	No limitation of time window (time-independent)	Recur surgery within 13-18 months for lower motor neuron injury type (time-dependent)
Staged surgery	Separate stages for flexors and extensors reconstruction	Can be done as single-stage surgery
Targeted movement seen postoperative	After tendon healing and rehabilitation (average 3-6 months)	Time-consuming, up to 1 year or more
Postoperative immobilization	Required for tendon repair healing (4-6 weeks)	Minimal immobilization required
Postoperative rehabilitation	Re-learning to trigger transferred tendon for movement, training of new skills using the transferred tendon (3-6 months)	Co-contraction exercises (activating donor and recipient), motor re-education allowing brain cortical plasticity to take place, focused training
Surgical difficulties	Tendon excursion and tensioning	Meticulous nerve dissection, especially in fascicular transfer
Reliability and reproducibility	More predictable	Less predictable
Complications	Rare; tendon rupture, attenuation, and adhesion	Sacrifice of a non-injured muscle that can be a reliable donor for tendon transfer

23

## Tendon versus nerve transfer

Nerve transfer kan minder betrouwbaar zijn dan peestranspositie, maar de herstelde functie, als deze werkt, kan natuurlijker zijn.

Transplantaties die 12 of meer maanden na het letsel worden uitgevoerd, hebben een groter risico op slechte resultaten dan nerve transfers die in de eerste 6 maanden worden uitgevoerd.

Upper Limb Reconstruction in Tetraplegic Patients: A Primer for Spinal Cord Injury Specialists. Siew Khai Liew, Korean J Neurotrauma. 2020 Oct

24

## Revalidatie Sint Maartenskliniek

### 4 handcentra voor tetrahandchirurgie een protocol

Daarin vragen we van de patienten in het begin de **oude beweging**; maar we zien al heel snel dat patienten de nieuwe beweging zelf kunnen initiëren door ook echt aan te sturen in de herwonnen bewegingsrichting.

*Bv bij S-PIN (supinator -> PIN) vragen we eerst supinatie beweging. We helpen supinatie te ondersteunen zodat mensen alleen hun hand openen (vingerextensie, poldarsaalflexie).*

*Maar al snel (vaak na controle na een maand) zien we dat mensen niet meer bezig zijn met de supinatie-beweging; maar echt de hand openen.*

Helma Bongers Revalidatiearts Dwarslaesie & Medisch manager Revalidatie Sint Maartenskliniek



25

### Nabehandeling SPIN en AIN oefentherapie schema post operatief



Week 1 + 2	Onderhouden pass mobiliteit conform evt restricties post operatief (indien geen restricties; volledige ROM alle gewrichten BE)  SPIN: actief supinatie met manueel ondersteund extensie vingers/duim  AIN: actief flexie elleboog bij donor brachialis of brachioradialis AIN: actief pols extensie bij donor ECRB Met manueel ondersteund flexie vingers/duim.  FES ECRB/ECRB: indien actief extensie pols < MRC 3	Handtherapie revalidatiecentrum
------------	---	---------------------------------

26

### Nabehandeling SPIN en AIN oefentherapie schema post operatief

Sint Maartenskliniek

<p>Vanaf week 3 tot 1<sup>e</sup> signaal</p> <p>Onderhouden pass mobiliteit alle gewrichten pols/vingers</p> <p>Actief: onderhouden mobiliteit/kracht BE</p> <p>SPIN: actief supinatie met manueel ondersteund extensie vingers/duim</p> <p>AIN: afhankelijk van gebruikte donor:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*Flex/sup elleboog à brachialis</li> <li>*Flex elleboog middenstand pro/sup à brach.radialis</li> <li>*Ext pols à ECRB</li> </ul> <p>In combinatie met manueel sluiten vingers/duim</p> <p><b>FES:</b> pols extensie continueren tot &gt; MRC 3</p> <p>FES donor: optioneel</p> <p>FES ontvanger(s): optioneel</p> <p>Spiegeltherapie, indien patiënt 1 goede hand heeft</p>	<p>Handtherapie in revalidatiecentrum over overdracht 1<sup>e</sup> lijn</p>
--	--

27

### Nabehandeling SPIN en AIN oefentherapie schema post operatief


Sint Maartenskliniek

<p>Vanaf 1<sup>e</sup> signaal</p> <p>Zie bovenstaand + start geleid actief oefenen in patroon donor:</p> <p>SPIN: extensie vingers/duim</p> <p>AIN: flexie vingers/duim</p> <p>Vanaf MRC 2 functioneel trainen openen e/o sluiten hand</p> <p>Vanaf MRC 3 volledig actief patroon oefenen</p> <p>Open e/o sluiten hand <b>zonder actieve inzet van de beweging van de donor.</b> (selectief openen/sluiten)</p>	<p>Handtherapie in revalidatiecentrum over overdracht 1<sup>e</sup> lijn</p>
--	--

28

### Nerve transfers in spastic conditions

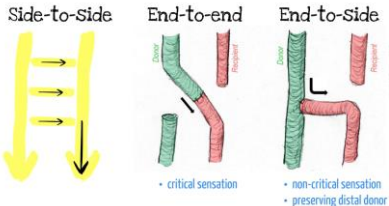
*combining selective neurectomy of the usual spastic and strong muscles together with transfer of their motor nerves to the usual weak muscles, to improve wrist and fingers motion while decreasing spasticity.*



Nerve transfers in the forearm: potential use in spastic conditions.  
Jaloux, Bini, Leclercq. Surg Radiol Anat. 2022 Aug

29

### Sensory Nerve Transfers



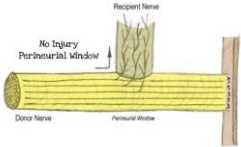
- critical sensation
- non-critical sensation
- preserving distal donor

Susan Mackinnon <https://www.youtube.com/watch?v=DqFGLGQGe3M>

30

### Sensory Nerve Transfers

Spontaneous Collateral Sprouting



End-to-Side Neuroorrhaphy

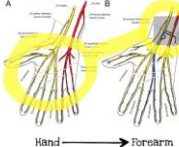
Cut / Repair	End-to-end	End-to-side (Epi-neurotomy)
3281 ± 803 (n=3)	2453 ± 737 (n=10)	593 ± 395 (n=12)

Total Number of Fibers

Dr. Mackinnon <https://www.youtube.com/watch?v=DqFGLGQGe3M>

31

### Early Sensory Nerve Transfers



- Restoration of 1st Webspace
  - 4th to 1st Webspace (ETE) Nerve Transfer
- Restoration of 2nd/3rd Webspace
  - Ulnar Sensory to 2nd / 3rd Webspace (ETE) Nerve Transfer
- Restoration of Ulnar Nerve Sensation
  - Median Sensory to Ulnar Sensory (ETS) Nerve Transfer
  - Median Sensory to Dorsal Cutaneous Ulnar (ETS) Nerve Transfer

Dr. Mackinnon <https://www.youtube.com/watch?v=DqFGLGQGe3M>

32



Esser Masterclass Hand Therapy in  
samenwerking met  
Esser Masterclass handchirurgen en FESSH



## ***De perifere zenuwen*** *herstel, compressie, transfers ect*