

Så kan funktion i hand och arm återfås efter halsryggmärgsskada

BÄTTRE FUNKTION OM NERV- OCH SENTRANSFERERINGAR KOMBINERAS

Varje år drabbas 250–300 personer av ryggmärgsskada i Sverige [1]. Traumatiska ryggmärgsskador utgör majoriteten av dessa skador (55 procent), medan icke-traumatiska ryggmärgsskador utgör en något lägre andel och kan innefatta exempelvis infektioner, vaskulära händelser eller medfödda orsaker [1]. Ungefär hälften av alla ryggmärgsskador sker på halsryggsnivå, vilket i de flesta fall innebär en tetraplegi med total eller partiell förlust av funktion i både övre och nedre extremiteter [2]. Bättre akut omhändertagande, säkrare bilar och striktare rutiner kring skyddsutrustning vid flertalet aktiviteter har inneburit en ökning av andelen patienter med inkompleta skador efter trauma och därmed nya problemställningar [3]. Förändringar har under de senaste åren också observerats i skadepanorama och ålder för ryggmärgsskador. Den tidigare överlägset dominerande gruppen som drabbades av ryggmärgsskada var personer under 30 år, där majoriteten var män som drabbades av traumatisk skada. På senare år har setts en trend mot ett ökat antal fallolyckor bland den äldre populationen som orsak till ryggmärgsskada [3], vilket har ökat mångfalden i patientgruppen som är kandidater för rekonstruktiv handkirurgi. Upprepade studier har påvisat att den högsta önskan hos dem som drabbas av en halsryggmärgsskada, där händernas funktion före skadan varit en självklarhet, är just att återfå funktion i händer och armar [4]. Att återfå funktion i övre extremitet kan innebära vinster för patienten både fysiskt, psykiskt och socialt [5, 6].

Rekonstruktion av arm- och handfunktion hos individer med halsryggmärgsskada är ett kompetensområde inom handkirurgin som enligt överenskommelse i Svensk handkirurgisk förening bedrivs vid Centrum för avancerad rekonstruktion av extremiteter (CARE), Sahlgrenska universitetssjukhuset. Verksamheten har bedrivits sedan slutet av 1970-talet, och varje år opereras cirka 50 patienter som följs i ett teamarbete som innefattar läkare, arbetsterapeut, fysioterapeut, operationssköterska, koordinator samt sjuksköterskor och undersköterskor.

Enligt en resolution, antagen vid International congress of tetraplegia hand surgery and rehabilitation i Philadelphia 2007, ska alla ryggmärgsskadade patienter få möjlighet till bedömning avseende rekonstruktiv handkirurgi. Studier från andra delar av världen har dock visat att endast en mindre andel av de som skulle kunna ha nytta av rekonstruktiv handkirurgi efter ryggmärgsskada får möjligheten att genomgå detta [7, 8]. I Sverige sker ett nära samarbete mellan spinalskadeenheter runt om i landet och CARE för att tillgodose att den drabbade får chansen att bedömas avseende möjligheter till rekonstruktion av grepp-

Eleonor Svantesson, ST-läkare, doktorand, avdelningen för ortopedi, institutionen för kliniska vetenskaper, Sahlgrenska akademien, Göteborgs universitet

Johan Berg, överläkare, doktorand

Lina Bunketorp Käll, docent, universitetssjukhusöverfysioterapeut, sektionen för hälsa och rehabilitering, institutionen för neurovetenskap och fysiologi, Sahlgrenska akademien, Göteborgs universitet

Johanna Wangdell, med dr, överarbets-terapeut

Therese Ramström, doktorand, arbetsterapeut

Carina Reinholdt, med dr, verksamhetschef, överläkare;

samtliga författare avdelningen för handkirurgi, institutionen för kliniska vetenskaper, Sahlgrenska akademien, Göteborgs universitet; Centrum för avancerad rekonstruktion av extremiteter, Handkirurgikliniken, Sahlgrenska universitetssjukhuset
 ● carina.reinholdt@vregion.se

funktioner. Att känna till de möjligheter som finns för rekonstruktiv handkirurgi efter ryggmärgsskada är viktigt även för vårdpersonal inom andra specialiteter samt för drabbade patienter, i synnerhet då tid från skada till rekonstruktion kan vara den avgörande faktorn för om en nervtransferering är möjlig [2, 9,

»... tid från skada till rekonstruktion kan vara den avgörande faktorn för om en nervtransferering är möjlig ...«

10], varför en remiss för bedömning inte bör fördröjas. Målsättningen är att alla individer med halsryggmärgsskada ska ges möjlighet till bedömning för förbättrad arm- och handfunktion och möjlighet att använda sina händer i sin vardag.

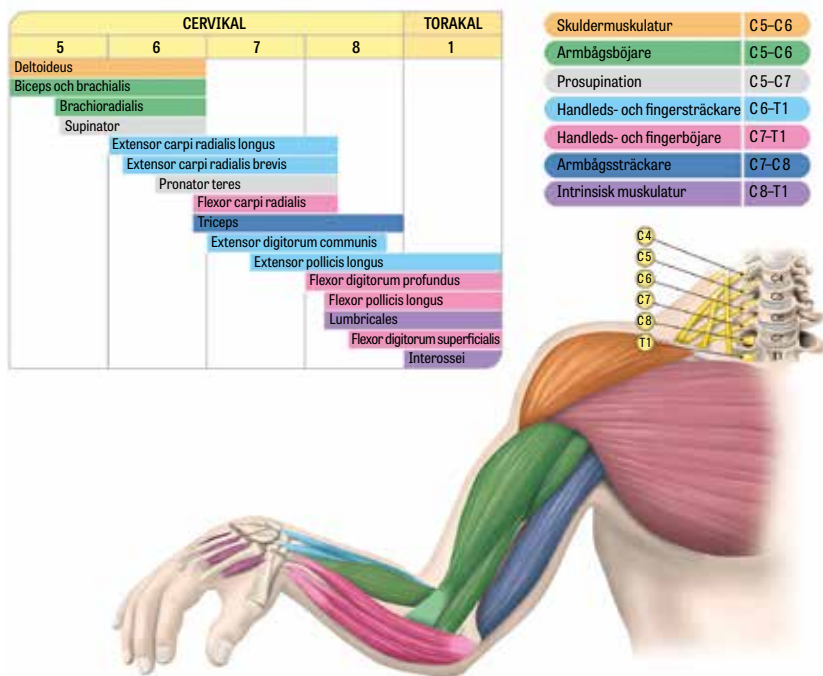
Syftet med denna artikel är att beskriva de möjligheter som i dag kan erbjudas patienter med halsryggmärgsskada för rekonstruktion av arm- och handfunktion och belysa den praktiska handläggningen av denna patientgrupp.

Grundläggande anatomi och klinisk handläggning

Innerveringen till individuella muskler i den övre extremiteten består av nervfibrer utgående från flera ryggmärgsnivåer, som en följd av plexus brachialis där nervrötter från flera ryggmärgsnivåer förenas. Detta är förklaringen till att en muskel kan vara totalt eller partiellt förlamad efter en halsryggmärgsskada (Figur 1).

HUVUDBUDSKAP

- Alla individer med påverkad arm- och handfunktion efter halsryggmärgsskada bör få en bedömning av ett specialiserat team inom rekonstruktiv handkirurgi avseende kirurgiska möjligheter till förbättrad funktion.
- Då det råder svårigheter att bedöma huruvida en övre eller nedre motorneuronskada föreligger, eller om det råder en kombination av de båda, bör en nervtransferering ske inom 12 månader. Det är därför av vikt att remiss för bedömning inte fördröjs.
- Nerv- och sentransfereringar i kombination ger en förutsägbar och pålitlig förbättring av hand- och armfunktion hos individer med halsryggmärgsskada.



Figur 1. Illustration av innerveringen i övre extremitet. Överlappande innervering från flera ryggmärgssegment kan orsaka partiell förlamning av muskeln. Illustration: Pontus Andersson

Vilken grad av handfunktion patienten kan återfå beror till största del på skadenivå, utbredning av skadan och antalet fungerande muskler eller nerver som kan nyttjas. Övergripande för sen- och nervtransfereringar är att man flyttar en funktionell motorisk enhets sena eller nerv till en icke-funktionell enhet för att återställa dennas funktion. För detta ändamål är det av vikt att preoperativt säkerställa att det finns synergister till den motoriska enhet som »doneras«, för att på så sätt upprätthålla tidigare funktion och förmågor hos patienten. Exempel på sen- och nervtransfereringar ses i Figur 2 och 3.

Patienten bör få en första bedömning för ställningstagande till rekonstruktiv kirurgi inom 4-6 månader efter skadan. Vid en nedre motorneuronskada förtvinar musklernas motorändplattor inom loppet av 1-2 år på grund av att nervförsörjningen upphört, och chanserna till gott utfall efter nervtransferering minskar [11, 12]. Vid en övre motorneuronskada bibehålls reflexkretsen till muskeln genom det intakta nedre motorneuronet, vilket därmed motverkar muskeldegeneration och kan möjliggöra en nervtransferering långt senare. Dock råder det svårigheter att bedöma huruvida en övre eller nedre motorneuronskada föreligger [2, 10, 13-15], varför rekommendationen är att en eventuell nervtransferering ska ske inom 1 år från skada. Figur 4 sammanfattar den rekommenderade kliniska handläggningen från skadetillfälle till operation.

Multidisciplinärt teamarbete

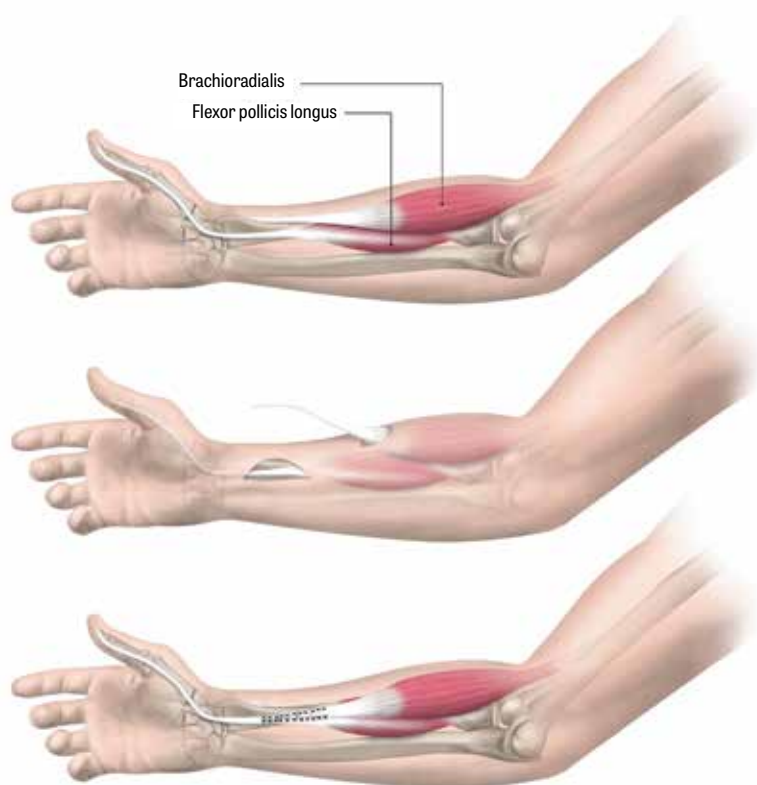
Uppagningsområdet för CARE inkluderar hela Sverige samt Island. Genom samverkan med övriga nordiska länder sker även rådgivande konsultationer och kunskapsutbyte. Remisser mottas således från hela Sverige, och regelbundna konsultationsmottagning-

ar sker på ett antal spinalenheter i landet. Utredning inför kirurgin innefattar, förutom klinisk undersökning, även diskussion med patienten för att säkerställa att denne samt remitterande läkare och terapeuter är samstämmiga avseende önskemål och förväntningar på kirurgin samt efterföljande rehabilitering.

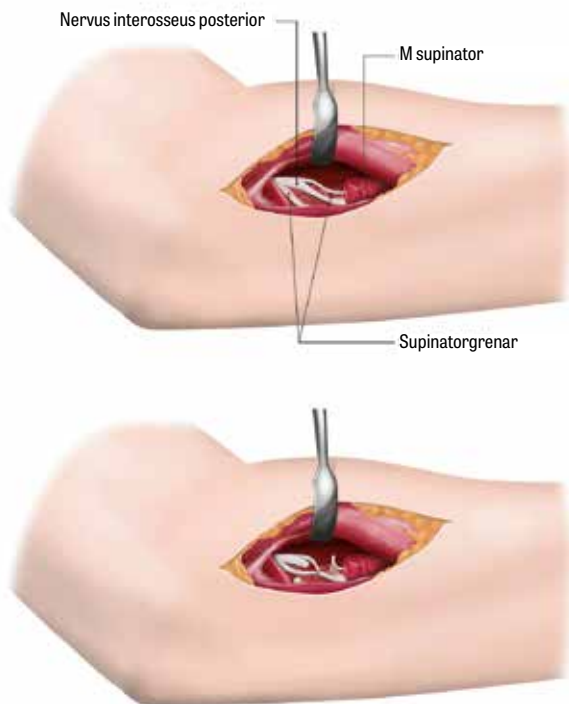
Det postoperativa vårdförloppet är standardiserat, och aktiv träning av återskapade funktioner initieras redan dagen efter operationen. Rehabilitering av specialutbildade terapeuter och tät kontakt mellan kirurg och terapeuter är viktigt för utfallet. Patienten kvarstannar som regel inlagd i en vecka efter kirurgin. Därefter fortsätter rehabiliteringen med fokus på muskelkontroll och integrering av rekonstruerade funktioner i vardagsaktiviteter. Träning sker både i hemmet och på kliniken, vilket anpassas efter typ av ingrepp.

Kombinerad sen- och nervtransferering

Nerv- och sentransfereringar i kombination innebär en bredare behandlingsarsenal jämfört med tidigare behandlingsregim, där fokus låg uteslutande på sentransfereringar [16]. Internationellt sett har nervtransfereringar kommit att inta en betydligt större plats inom rekonstruktiv kirurgi. Även om nervtransferering är en beprövad metod vid perifera nervskador och plexusskador [17], så finns det få kliniska studier på patienter med tetraplegi [9, 18, 19]. En nyligen publicerad översiktsartikel inom området fann att 16



Figur 2. Exempel på sentransferering av m brachioradialis till m flexor pollicis longus. Genom suturteknik där donatorsenan sys till mottagarsenan med sida-till-sida-suturer blir konstruktionen mycket stark, och träning av sentransfereringarna kan påbörjas redan dagen efter operationen. Illustration: Pontus Andersson

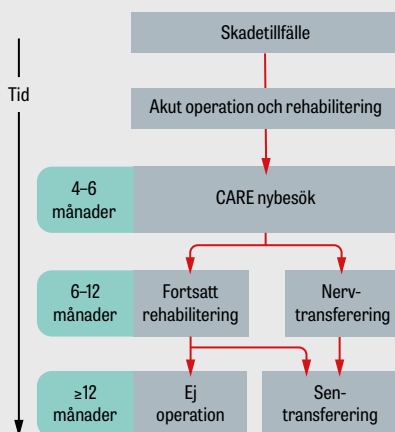


Figur 3. Motorgrenar till m supinator sys till n interosseus posterior för att reinnervera denna och därmed möjliggöra fingersträckning. Illustration: Pontus Andersson

av 22 studier om nervtransferering vid tetraplegi beskriver enstaka patientfall [20].

Fördelar med nervtransferering är att den inte förändrar biomekaniken och anses resultera i bättre finmotorisk kontroll jämfört med sentransferering. En annan aspekt är att en enda nerv vid lyckad transferering kan återskapa funktion i flera muskler. För att åstadkomma öppning av handen så kan man till exempel transferera m supinator's motoriska nerv till posterior interosseus-nerven (S-PIN) i syfte att återskapa tum- och fingersträckning samt ulnar handledsträckning.

FIGUR 4. Vårdförloppet från ryggmärgsskada till operation



Till nervtransfereringarnas nackdel, jämfört med sentransfereringar, hör att metoden är mindre förutsägbar gällande graden av reinnervering. I ett läge av misslyckad reinnervering kan alternativen för vidare kirurgi vara begränsade, eftersom donatornervens muskel nu denerverats och därmed inte kan användas för en sentransferering. Nervtransfereringar har även visat sig ge en svagare greppstyrka jämfört med sentransfereringar [9].

Med stöd av tidigare studier [21, 22] och den samlade erfarenheten av mångårigt arbete med rekonstruktiv handkirurgi hos patienter med tetraplegi förespråkar vi därför en kombination av nerv- och sentransferering [23]. Nervtransfereringsteknik används för att ge funktioner som en sentransferering inte kan möjliggöra, såsom handöppning genom S-PIN, eller hos patienter med höga ryggmärgsskador där det inte finns några innerverade muskler att använda till sentransferering.

För de patienter där förutsättningar finns för såväl nerv- som sentransferering sker kirurgin i ett tvåstegsförfarande. Den inledande operationen syftar till att återställa handöppning genom nervtransferering

»För de patienter där förutsättningar finns för såväl nerv- som sentransferering sker kirurgin i ett tvåstegsförfarande.«

(S-PIN), medan den andra operationen innebär en grepprekonstruktion genom sentransfereringar och tenodeser.

Fallbeskrivning

Nedanstående fiktiva fallbeskrivning exemplifierar det vanligaste skademönstret och dess funktionsbegränsningar samt presenterar behandlingsmöjligheter för rekonstruktiv kirurgi.

Remiss inkom avseende en 30-årig kvinna med neurologisk skadenivå C6 och ASIA A (American Spinal Injury Association classification system [24]) efter en cykelolycka 5 månader tidigare. Funktion saknades helt i armbågssträckare, vilket försvårade rullstolsmanövrering och hindrade förmågan att nå ut med armen i rummet. Likaså saknade patienten förmå-



Figur 5. Nyckelgreppet bildas genom tummens träffyta mot radiella delen av pekfingeret (A). Exempel på användningsområde för nyckelgreppet är att kunna nypa kring en penna för att skriva (B).

TABELL 1. Funktioner och möjlig rekonstruktiv kirurgi vid tetraplegi med skadenivå C5–C6.

Bevarade funktioner preoperativt	Funktioner som saknas preoperativt	Möjligheter till rekonstruktion	Postoperativt status	Nytta med ingreppet
Axelrörelse (m deltoideus)	Armbågssträckning för att nå ut och placera handen, kontroll på armbågsleden, kunna avlasta stussen, förflyttning	Bakre deltoideus till triceps (sentransferering)	Bevarad deltoideusfunktion samt fått armbågssträckning	Armbågssträckning
Supination (m supinator)	Aktiva finger-/tumsträckare för hand-/tumöppning	Motorgrenar till m supinator (n radialis) till PIN (nervtransferering)	Bevarad supination (har biceps samt del av supinator) samt fått finger- och tumextension	Hand- och tumöppning
Armbågsböjare (biceps, BR, brachialis)	Tumflekction för aktivt nyckelgrepp	Brachioradialis till tumböjare (sentransferering)	Armbågsflekction bevarad samt fått tumflekction	Aktivt nyckelgrepp (oberoende av handledsposition)
Handledsträckare (ECRL och ECRB)	Fingerflekction för aktivt handgrepp	Extensor carpi radialis longus till fingerböjare (sentransferering)	Bevarad handledsextension (ECRB) samt fått fingerflekction	Aktivt handgrepp (oberoende av handledsposition)

BR: brachioradialis, ECRB: extensor carpi radialis brevis, ECRL: extensor carpi radialis longus, PIN: nervus interosseus posterior

ga till handledsböjning samt all viljemässig motorik nedom handleden. Patienten beskrev oförmågan att greppa kring föremål som ett av de största besvären i vardagen, då hon inte hade någon kraft i vare sig helhandsgrepp eller nyckelgreppet (Figur 5). Patienten var beroende av tvåhandsgrepp för att till exempel skriva eller föra ett glas till munnen, vilket påverkade balansen i sittande. Elektrostimulering av fingersträckare vid undersökning gav starkt utslag, vilket tydde på att motorändplattor till denna muskulatur fortfarande hade en god funktion och därmed var en god kandidat för nervtransferering.

Tabell 1 sammanfattar möjligheterna för den kirurgi som vanligen övervägs utifrån det funktionsmönster som denna patient uppvisade. Vår föredragna metod är att rekonstruktionen sker i två seanser, där den första operationen innefattar tricepsrekonstruktion samt nervtransferering för reinnervation av fingersträckare (S-PIN). I seans två genomförs kirurgi för rekonstruktion av greppfunktioner.

Kirurgiska ingrepp

Tricepsrekonstruktion. Att återfå förmåga till aktiv armbågssträckning är grundläggande för att kunna utnyttja handfunktionen, varför konsensus är att rekonstruktion av armbågssträckare bör föregå grepprekonstruktion [2]. Den bakre portionen av deltoideus kopplas som ny motor för triceps via ett graft, som tas från underbenets framsida (tibialis anterior-senan) eller fascia lata på lårets utsida [25]. Med en stark bakre deltoideus som motor återfår majoriteten av patienterna en tillräcklig tricepsstyrka för att sträcka och arbeta med armen ovan huvudhöjd [26] och rapporterar också en förbättring efter operation av självskattad prestationsförmåga och nöjdhet [27].

Nervtransferering. Förstahandsvalet för att återskapa funktion i handens finger- och tumsträckare, och därmed skapa aktiv handöppning, är S-PIN-nervtransferering [28]. Supination av underarmen upprätthålls efter transfereringen av kvarvarande motoriska grenar till m supinator och av patientens ofta välfungerande m biceps brachii, som är en stark supinator. För att säkerhetsställa att nerverna har god funktion och att ingen betydande degeneration av motorändplattor har skett utförs preoperativt samt perioperativt elektrostimulering. När donatornerven och mottagarnerven

syfts ihop påbörjas en regeneration av axon som växer från donatornerven ner i mottagarnerven, mot musklerna för fingersträckare. Vid en lyckad nervtransferering ses vanligen förmåga till aktiv finger- och tumsträckning inom 3–9 månader efter operationen.

Grepprekonstruktion. Ambitionen med grepprekonstruktion är att uppnå förmåga till nyckelgrepp (Figur 5) samt helhandsgrepp med tillräcklig precision och kraft. Grepprekonstruktionen sker med sentransferingar i kombination med balanserande tenodeser och kapsulodeser [29, 30]. För rekonstruktion av tumböjning sys brachioradialis sena till senan för den långa tumböjaren (Figur 2). För rekonstruktion av fingerböjare används i första hand en av de radiala handledssträckarna, vars sena sys till de djupa fingerböjarnas senor. På detta vis kan patienten böja fingrarna synkront i ett helhandsgrepp, men har ej förmåga att böja ett enskilt finger. Ytterligare ingrepp för att ge balans i handen och åstadkomma harmonisk rörelse individualiseras, men kan innefatta andra former av tenodeser, artrodeser eller kapsulodeser. Exempelvis rekonstrueras ofta interosseernas funktion genom en tenodes där en sena från en ytlig fingerböjare används [31].

Efter sentransferering till tumböjare uppgår den genomsnittliga postoperativa styrkan i nyckelgreppet till 2 kg [26]. Denna styrka är god nog för att kunna hantera en fjärrkontroll, föra en nyckel in och ut ur ett lås, dra upp och ner en dragkedja eller föra ett kort i kortläsare [32].

Tidigare studier har visat en signifikant förbättring av styrka i såväl nyckelgrepp som helhandsgrepp samt en kliniskt relevant förbättring i patientrapporterat utfall avseende prestation och nöjdhet efter grepprekonstruktion [6, 30, 33].

I tidigare studier har dock patienter som genomgått S-PIN inte inkluderats, då användningen av denna metod är relativt nytillkommen. Just nu pågår studier för att utvärdera resultatet av grepprekonstruktion som föregås av S-PIN. Resultatet kommer att jämföras med den grupp patienter som genomgått grepprekonstruktion enbart.

Framtiden för handkirurgi vid halsryggmärgsskada

Trots att den kirurgiska metoden för nervtransfereringar är etablerad inom perifera nervskador och plexusskador så behövs större förståelse av tillämp-

ning av nervtransfereringar i övre extremitet vid tetraplegi. En viktig aspekt i detta är att utveckla säkrare metoder för att kunna särskilja mellan övre och nedre motorneuronskador. Genom ökad förståelse inom detta område är förhoppningen att kunna optimera tidpunkt och utfall efter nervtransferering samt vägleda i valet mellan sen- och nervtransferering.

Ytterligare ett område för utveckling är användning av elektroder för att åstadkomma volontär muskelaktivering. Implanterbara elektroder som kan generera de uteblivna nervsignaler som halsryggmärgsska-

dan orsakar är ett intressant framtidsalternativ, antingen ensamt eller i kombination med sen- och nervtransfereringar.

Ytterligare forskning genom multidisciplinärt samarbete är önskvärd för att utveckla de rekonstruktiva möjligheterna till handfunktion och ökad livskvalitet för patienter med halsryggmärgsskada. ○

● Potentiella bindningar eller jävsförhållanden: Inga uppgivna.

Citera som: *Läkartidningen*. 2022;119:21201

REFERENSER

- Svenskt register för rehabiliteringsmedicin. Årsrapport 2019. Ryggmärgsskadedel. 2019. p. 124-78.
- Fridén J, Gohritz A. Tetraplegia management update. *J Hand Surg Am*. 2015;40(12):2489-500.
- Devivo MJ. Epidemiology of traumatic spinal cord injury: trends and future implications. *Spinal Cord*. 2012;50(5):365-72.
- Simpson LA, Eng JJ, Hsieh JT, et al; Spinal Cord Injury Rehabilitation Evidence Scire Research Team. The health and life priorities of individuals with spinal cord injury: a systematic review. *J Neurotrauma*. 2012;29(8):1548-55.
- Wangdell J, Carlsson G, Fridén J. Enhanced independence: experiences after regaining grip function in people with tetraplegia. *Disabil Rehabil*. 2013;35(23):1968-74.
- Wangdell J, Fridén J. Satisfaction and performance in patient selected goals after grip reconstruction in tetraplegia. *J Hand Surg Eur Vol*. 2010;35(7):563-8.
- Curtin CM, Gater DR, Chung KC. Upper extremity reconstruction in the tetraplegic population, a national epidemiologic study. *J Hand Surg Am*. 2005;30(1):94-9.
- Liew SK, Shim BJ, Gong HS. Upper limb reconstruction in tetraplegic patients: a primer for spinal cord injury specialists. *Korean J Neurotrauma*. 2020;16(2):126-37.
- van Zyl N, Hill B, Cooper C, et al. Expanding traditional tendon-based techniques with nerve transfers for the restoration of upper limb function in tetraplegia: a prospective case series. *Lancet*. 2019;394(10198):565-75.
- Cain SA, Gohritz A, Fridén J, et al. Review of upper extremity nerve transfer in cervical spinal cord injury. *J Brachial Plex Peripher Nerve Inj*. 2015;10(1):e34-42.
- Fu SY, Gordon T. Contributing factors to poor functional recovery after delayed nerve repair: prolonged denervation. *J Neurosci*. 1995;15(5 Pt 2):3886-95.
- Fu SY, Gordon T. Contributing factors to poor functional recovery after delayed nerve repair: prolonged axotomy. *J Neurosci*. 1995;15(5 Pt 2):3876-85.
- Ledgard JP, Gschwind CR. Evidence for efficacy of new developments in reconstructive upper limb surgery for tetraplegia. *J Hand Surg Eur Vol*. 2020;45(1):43-50.
- Titolo P, Fusini F, Arrigoni C, et al. Combining nerve and tendon transfers in tetraplegia: a proposal of a new surgical strategy based on literature review. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2019;29(3):521-30.
- van Zyl N, Hahn JB, Cooper CA, et al. Upper limb reinnervation in C6 tetraplegia using a triple nerve transfer: case report. *J Hand Surg Am*. 2014;39(9):1779-83.
- Fridén J, House J, Keith M, et al. Improving hand function after spinal cord injury. *J Hand Surg Eur Vol*. 2021;17531934211027460.
- Yang LJ, Chang KW, Chung KC. A systematic review of nerve transfer and nerve repair for the treatment of adult upper brachial plexus injury. *Neurosurg*. 2012;71(2):417-29; discussion 29.
- Bertelli JA, Ghizoni MF. Nerve transfers for elbow and finger extension reconstruction in midcervical spinal cord injuries. *J Neurosurg*. 2015;122(1):121-7.
- Khalifeh JM, Dibble CF, Van Voorhis A, et al. Nerve transfers in the upper extremity following cervical spinal cord injury. Part 2: Preliminary results of a prospective clinical trial. *J Neurosurg Spine*. Epub 12 jul 2019. doi: 10.3171/2019.4.SPI-NE19399.
- Khalifeh JM, Dibble CF, Van Voorhis A, et al. Nerve transfers in the upper extremity following cervical spinal cord injury. Part 1: Systematic review of the literature. *J Neurosurg Spine*. Epub 12 jul 2019. doi: 10.3171/2019.4.SPI-NE19173.
- Brown JM. Nerve transfers in tetraplegia I: Background and technique. *Surg Neurol Int*. 2011;2:121.
- Cavallaro D, Mikalef P, Power D. A comparison of tendon and nerve transfer surgery for reconstruction of upper limb paralysis. *Journal of Musculoskeletal Surgery and Research*. 2019;3(1):69-74.
- Fridén J, Lieber RL. Reach out and grasp the opportunity: reconstructive hand surgery in tetraplegia. *J Hand Surg (Eur Vol)*. 2019;44(4):343-53.
- Maynard FM Jr, Bracken MB, Creasey G, et al. International standards for neurological and functional classification of spinal cord injury. *American Spinal Injury Association. Spinal Cord*. 1997;35(5):266-74.
- Moberg E. Surgical treatment for absent single-hand grip and elbow extension in quadriplegia. Principles and preliminary experience. *J Bone Joint Surg Am*. 1975;57(2):196-206.
- Hamou C, Shah NR, DiPonio L, et al. Pinch and elbow extension restoration in people with tetraplegia: a systematic review of the literature. *J Hand Surg Am*. 2009;34(4):692-9.
- Wangdell J, Fridén J. Activity gains after reconstructions of elbow extension in patients with tetraplegia. *J Hand Surg Am*. 2012;37(5):1003-10.
- Bertelli JA, Tacca CP, Ghizoni MF, et al. 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(10):1647-51.
- Fridén J, Reinholdt C, Turcsányi I, et al. 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(4):230-5.
- Reinholdt C, Fridén J. Outcomes of single-stage grip-release reconstruction in tetraplegia. *J Hand Surg Am*. 2013;38(6):1137-44.
- McCarthy CK, House JH, Van Heest A, et al. Intrinsic balancing in reconstruction of the tetraplegic hand. *J Hand Surg Am*. 1997;22(4):596-604.
- Smaby N, Johanson ME, Baker B, et al. Identification of key pinch forces required to complete functional tasks. *J Rehabil Res Dev*. 2004;41(2):215-24.
- Wangdell J, Bunke-torp-Käll L, Koch-Borner S, et al. Early active rehabilitation after grip reconstructive surgery in tetraplegia. *Arch Phys Med Rehabil*. 2016;97(6 Suppl):S117-25.

SUMMARY

The combination of nerve and tendon transfers offers good possibilities for hand function in patients with cervical spinal cord injury

Regaining upper extremity function is a prioritized matter for patients with tetraplegia after a cervical spinal cord injury (cSCI). The purpose of this article is to describe the current evidence and treatment strategies for upper extremity reconstruction after cSCI at the Centre for Advanced Reconstruction of Extremities, Sahlgrenska University Hospital, Sweden. The specialized unit works in a multidisciplinary setting to optimize the care of the patient population. Preoperative planning and an individualized treatment according to the needs and abilities of the patient are considered key points to achieve the best possible outcome. The addition of nerve transfers to the established method of tendon transfers for grip reconstruction has led to increased possibilities to achieve both functional hand opening and grip. Here we present our preferred method of upper extremity reconstruction, which involves a two-staged procedure where the tendon-based grip reconstruction is preceded by nerve transfer of the supinator to posterior intraosseous nerve whenever possible. Important clinical aspects as well as future perspectives are discussed.