

Handtransplantation och implantation av nervchips

Flera nyheter på väg inom handkirurgin

På tröskeln till 2000-talet står handkirurgin inför många utmaningar. Avancerad mikrokirurgisk teknik tillsammans med kliniskt tillämpad molekylärbiologi är på väg att skapa nya möjligheter till reparation och rekonstruktion vid nervskador, böjskador och andra tillstånd med nedsatt eller bortfallen handfunktion. Handtransplantation och nya typer av viljestyrda handproteser ger nya förutsättningar för rehabilitering av traumatiskt handamputerade patienter.

Den mänskliga handen utgör ett unikt organ med förmåga till såväl väl koordinerade finmotoriska rörelser som anpassade greppfunktioner, utövade med stor muskelkraft. Handens motoriska funktion är integrerad med dess sensoriska funktioner, och såväl precision som gripkraft förutsätter en fullgod känsel i handen.

Hjärnan handens förlängning

I hjärnan är handen synnerligen väl representerad med mycket stora projektiomsområden inom såväl den sensoriska som motoriska hjärnbarken. Utbredningen kan emellertid förändras som re-

sultat av förändrade krav på handens funktion. Vänsterhanden hos en professionell violinist kan ha en ökad representation inom hjärnbarken liksom pek-fingret hos en blind person som läser blindskrift. Förmågan till snabb funktionell omorganisation spelar troligen en stor roll vid handkirurgiska ingrepp, till exempel vid sentransfereringar, och en fördjupad analys av dessa förhållanden med modern bildanalysteknik kommer i framtiden att öka vår förståelse för dessa fenomen.

Handens stora projektiomsområde i hjärnan är intressant ur ett evolutionsbiologiskt perspektiv: redan våra förfäder för 3,5 miljoner år sedan (*Australopithecus aferensis*) hade en fullt utvecklad hand med bland annat oppositionsförmåga i en färdigutvecklad tumme, medan hjärnvolymen på dessa homonider motsvarade endast en grapefrukts storlek. Handens omfattande frihetsgrader stimulerade under följande årmiljoner hjärnan till tillväxt mot ökad volym och komplexitet. På så sätt föregick handen hjärnans utveckling (Figur 1) – ett koncept som kanske kan sägas göra hjärnan till »handens förlängning» snarare än det omvända – handen som »hjärnans förlängning mot yttervärlden» är ett begrepp som ofta använts för att illustrera handens koppling till själ, psyke och identitet.

Känselsinnet är särskilt väl utvecklat i handen. Handen är ett sinnesorgan med möjlighet till identifiering av former, ytor och strukturer utan ögats hjälp (stereognosi), men handen är också ett kommunikationsorgan av största betydelse för individens förmåga till interaktion med omgivningen och social anpassning.

Skade- och sjukdomspanorama

Det handkirurgiska skade- och sjukdomspanoramat är komplext (Figur 2). Handskador utgör 20–25 procent av samtliga skador på en akutmottagning, och drabbar vanligen unga personer (medelålder 28 år) [1]. En tredjedel av alla arbetsolycksfall utgörs av handskador. De ekonomiska konsekvenserna av handskador och sjukdomar i handen är mycket betydande, för såväl individ



FOTO: SCHLUSIERGREATSHOTS

SERIE Vision 2000

Tidigare artiklar i serien är publicerade i nummer 36, 38 och 39/99.

som samhälle, och handskador leder till en betydande medicinsk och social invaliditet för den enskilde individen. Handmissbildningar och ledsjukdomar, som reumatoid artrit och osteoartror, kan avsevärt påverka den drabbades livskvalitet.

Handkirurgin som specialitet

Handkirurgin är inte en »anatomiskt» avgränsad specialitet utan omfattar ingrepp och åtgärder vid sådana skador och sjukdomstillstånd som stör handens funktion, till exempel svåra skador inom hela armen, plexus brachialis-skador och tetraplegier, samt cerebral pares med nedsatt hand-armfunktion.

Handen är anatomiskt sett en mycket komplicerad struktur där funktionen bygger på interaktion och samverkan mellan nerv-, muskel- och senstrukturer i rörelse. Handkirurgin kan därför sägas vara glidytorernas kirurgi.

Handkirurgi är sedan 1969 en egen specialitet i Sverige, ett förhållande som ännu så länge delas med endast ett fåtal länder i världen. Detta ger handkirurgin en speciell status i Sverige, med goda möjligheter till ökat inflytande, såväl akademiskt som inom sjukvårdens organisation och innehåll. Den svenska modellen står som förebild för flera europeiska länder där utvecklingen går i samma riktning. Handkirurgins status skapar också goda

Författare

LARS DAHLIN

docent, specialistläkare, handkirurgiska kliniken, Universitetssjukhuset MAS, Malmö

JAN FRIDÉN

professor, överläkare, handkirurgiska kliniken, Sahlgrenska Universitetssjukhuset, Göteborg

LARS HAGBERG

med doktor, överläkare

GÖRAN LUNDBORG

professor, överläkare; båda handkirurgiska kliniken, Universitetssjukhuset MAS, Malmö.

förutsättningar för fortbildning och sidoutbildning för till exempel ortopedkirurger.

Handkirurgiska specialiteter finns i dag vid landets alla universitetsorter, antingen som självständiga enheter eller integrerade med ortopedi eller plastikkirurgi. Professurer inom området finns i Malmö och Göteborg.

Nervskador

Känsl och rörlighet i handen är fundamentalt för handfunktionen. Känslerna kan försämrans vid till exempel kompressionsneuropatier och vibrations-skador, men allvarligast är kompletta skador på handens och armens nervstammar samt inom plexus brachialis, vilket kan ge känselbortfall och kompletta pareser i hand och arm, med mycket besvärande resttillstånd.

Reparation av nervskador hör till handkirurgins svåraste rekonstruktiva problem, där framväxande kunskap om molekylärbio-logiska regleringsmekanismer för axonal utväxt och orientering tyvärr ännu inte kunnat omsättas i praktiken. Sannolikt står vi emellertid på tröskeln till en ny era där en direkt klinisk tillämpning kan bli möjlig inom såväl perifera som centrala nervsystemet [2]. Forskningen inom detta område kräver ett nära samarbete mellan kliniker och prekliniker.

En nervavskärning liksom en proximal avulsions-skada resulterar i varierande grad av celledöd i dorsala rotganglier och i ryggmärgen, vilket i vissa experimentella situationer kan begränsas genom lokal tillförsel av »nerve growth factor», NGF [3]. I experimentella system kan också utväxthastigheten av axoner stimuleras genom tillförsel av Schwannceller och tillväxtfaktorer [4]. Det är känt att Schwanncellerna i nervstammar efter avskärning producerar ett stort antal tillväxtfaktorer, som NGF, »ciliary neurotrophic factor», CNTF, och »insulin-like growth factor», IGF-1, vars koncentration troligen kan optimeras genom att innesluta de skadade nervändarna i en tub eller annat slutet kamarsystem, vilket även utnyttjats kliniskt [5]. Under 2000-talet finns anledning att förmoda ett genombrott så att en väl anpassad tillförsel av neurotrofa faktorer samt en optimering av vävnadsvänlighet och biodegraderbarhet av de använda tubsystemen



Figur 1. Handens och hjärnans utveckling sett ur ett evolutionsperspektiv. Handen är ett sinnesorgan där känsel-funktionerna är essentiella för handfunktionen. Den färdigutvecklade hand som fanns redan hos våra förfäder, homoniderna, för 3,5 miljoner år sedan, och som möjliggjorde en rad avancerade greppfunktioner, stimulerade till hjärnans utveckling från en vikt på cirka 400 g (*Australopithecus aferensis*) till en vikt på cirka 1 400 g (*Homo sapiens*).

skall kunna förbättra axonutväxt och minska celledöd centralt.

Skador inom plexus brachialis, vilket dels förekommer i samband med förlossning (obstetriska plexus brachialis-skador), dels i samband med trauma, särskilt vid motocykelolyckor, utgör ett särskilt svårt område där möjligheterna att återställa funktionen i hand och arm är starkt begränsade. Särskilt svår är situationen vid avulsions-skador, där spinalrötterna ryckts ut ur ryggmärgen. Framgångsrika kliniska behandlingsförsök har de senaste åren gjorts där sådana avulserade ventralrötter implanteras i ryggmärgen igen, och där en funktionell utväxt av motoraxoner kommit till stånd [6]. En fortsatt utveckling i denna riktning kan komma att avsevärt förbättra resultaten efter svåra typer av plexus brachialis-skador.

Skador inom de stora nervstammarna och plexus brachialis-regionen resulterar ofta i kontinuitetsavbrott med segmentella defekter i nerverna. Dessa defekter överbryggas i dag med autologa nervtransplantat, vilket emellertid kräver att friska nerver offras. En viktig utveckling är därför att finna alternativ till autologa nervtransplantat [7]. Under 2000-talet kan förväntas en utveckling där annan autolog vävnad, till exempel basalmembraner i fryst/upptinad eller kemiskt extraherad muskulatur eller kollagenfibriller från sena utnyttjas som »bryggor» för regenererande axoner.

Sådana basalmembraner kan täckas med neurotrofa faktorer eller Schwannceller som reprogrammerats att tillverka en viss neurotrof faktor, alternativt vissa neurotrofa faktorer, [8] som stimulerar utväxt av nervstammens axoner och tillväxt/utväxt av dessas övriga cellkomponenter.

Förbättrade implantatmaterial kan även ha betydelse för utvecklingen av så kallade bioartificiella nervtransplantat, det vill säga syntetiska strukturer, vilka kan användas för att styra axonövertäckning över större defekter.

Inför 2000-talet kan förväntas en accelererad utveckling i dessa riktningar. Den nu pågående xenotransplantationsforskningen [9], kopplad till en intensiv kunskapsutveckling vad gäller immunsystemets roll, kan möjliggöra en utveckling mot »skräddarsydda» nervtransplantat.

Mikrochips i nervsystemet

En spännande forskningslinje är utveckling av system där regenererande axoner tillåts växa in i mikrochips, och där signaltrafiken i nerven därigenom kommer att kunna registreras [10]. Genom utnyttjande av artificiella neurala nätverk (ANNs) för mönsterigenkänning skapas möjligheter att tolka även komplicerade signalavledningar, till exempel för styrning av funktionella handproteser.

Nyligen har det visat sig möjligt att även vid ryggmärgsskador, efter interposition av ett perifert nervtransplantat, initiera inväxt av axoner från skadad ryggmärg i mikrochips [11]. Detta kan öppna helt nya perspektiv vad gäller framtida möjligheter till rehabilitering av ryggmärgsskadade patienter.

Artificiell känsl

I situationer av irreversibel nervskada med permanent känselbortfall i en hand eller handprotes kan det vara möjligt att genom »sinnessubstitution», det vill säga utnyttjande av ett annat sinne, substituera för den bortfallna känslerna. I »taktila handskar» eller handproteser kan sensorer, känsliga för vibration och statiskt tryck, byggas in på fingertoppsnivå, och signalerna kan omvandlas till stimuli för hörselsinnet, »friktionsljud» som utlöses vid beröring av vibration och omvandlas till akustiska stimuli och härmed ge en återkoppling med viss stereognosifunktion och en förbättrad kroppsbild [12]. En spännande utveck-

ling kan förväntas inom detta område, vilket kan få stor betydelse vid rehabilitering efter skador inom såväl perifer som centrala nervsystemet. Principen, som kan modifieras på en rad olika sätt, kan också bli av mycket stor betydelse i den pågående utvecklingen av förfinade tankestyrda handproteser (se nedan).

Nervkompressioner

Nervstammar kan utsättas för kompression på olika nivåer längs den övre extremiteten, och den kliniska bilden kan i vissa fall vara svårtolkad. Patofysiologin vid nervkompression är fortfarande ofullständigt utredd. En ökad kunskap om neuronet och dess funktion kan förväntas bidra till förståelsen av tillstånd där nervstammen till exempel förefaller vara påverkad på flera nivåer samtidigt samt då individen har en grundsjukdom, till exempel diabetes mellitus, som kan öka känsligheten för nervkompression. Det är väl känt att även en perifer nervkompression kan ge en påverkan på hela neuronet, med till exempel ökad syntes av neuropeptid Y i dorsala rotganglierna [13]. Ökad förståelse för nervkompressionens patofysiologi är viktig, då man i takt med en ökad datorisering kan förvänta en intensifierad debatt om övre extremitetsproblemer relaterade till arbete med datorer. En teknisk utveckling mot till exempel mer högupplösande MR-teknik, i kombination med nya kontrastmedel, under 2000-talet kan bli betydelsefull för att diagnostisera perifer nervpåverkan.

Användning av titthåls-teknik för dekompression av nerver, till exempel vid karpaltunnelsyndrom (ECTR-teknik), är en smidig teknik, som dock kan vara förenad med viss ökad risk vid okritisk tillämpning [14]. Den har därför inte fått förväntat genomslag. En förfinad teknik, till exempel med utnyttjande av tredimensionella optiska system, kan bidra till att vända trenden.

Mikrovaskulär rekonstruktion

Den mikrovaskulära tekniken har i mycket hög grad bidragit till att förändra handläggningen av svåra skador på övre extremiteten. Alla vävnaderna rekonstrueras vid den primära operationen och försiktig mobilisering inleds omgående för att stimulera differentierad läkning av glidytor. Omfat-

tande huddefekter kan täckas primärt med fria lambåer. Detta är en stor fördel framför tidigare teknik; att i utdragna rekonstruktionsförlopp, i upprepade seanser, operera i ärrigt förändrad vävnad. Mikrovaskulär teknik vid trauma innebär också minskad risk för infektionskomplikationer genom att vävnad med god blodcirkulation, och därmed gott infektionsförsvar, tillförs skadeområdet.

Inför framtiden kommer allt större ansträngningar att göras för att minska de negativa effekterna vid tagstället efter fri vävnadsförflyttning. Lambåkonstruktionerna kommer att förfinas alltmer, till exempel mot komposita vävnadstransplantat med möjlighet också till sensibiliseringsrestitutions. Tekniken är högt specialiserad och kräver väl tränade operationslag, vilket talar för en ökad centralisering till få sjukvårdsenheter. Mikrokirurgins vardag, med kärlspasmproblem och trombosbenägenhet, måste förändras. Medicinsk grundforskning bör här kunna lämna väsentliga bidrag till en bättre förmåga att kontrollera blodkoagulationen och patofysiologiska skeenden i kärlväggen.

Amputationsskador

Tekniken att replanter ett eller flera amputerade fingrar eller en amputerad

hand har använts i Skandinavien under 20 år, och idag kan med upp till 90 percents säkerhet till och med fingertoppar replanteras. Begränsningen ligger i huruvida vävnaden är förstörd i amputatet, genom till exempel krosskada. En annan begränsning är vävnadsskada genom ischemi med åtföljande »no reflow»-fenomen. Muskeln är den känsligaste vävnaden och kan gå i nekros redan efter fyra timmars varm ischemi. Detta är mer betydelsefullt ju mer proximalt skadan är belägen på extremiteten. För närvarande tillämpas nedkylning mot noll grader av amputatet under transport, för att reducera metabolismen och minska vävnadsskadorna.

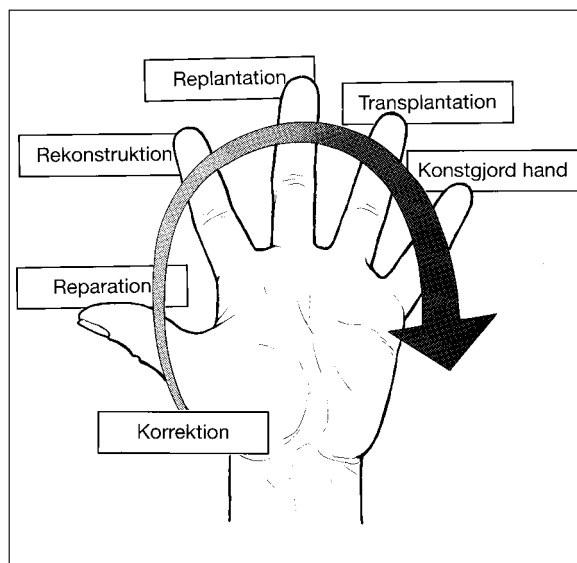
I framtiden finns möjligheten att genom perfusion av amputatet redan på primär omhändertagandenivå förlänga överlevnadstiden inför replantation. Nya farmakologiska metoder att minimera celldöd kan komma att få stor betydelse. Detta är en resurs- och kostnadsfråga. Inför framtiden återkommer sannolikt ifrågasättande av viss replantationsverksamhet, som ibland kan te sig mera kosmetiskt indicerad än funktionellt, till exempel replantation av enstaka fingrar. En ideologisk fråga uppstår då huruvida samhällsekonomiska hänsyn eller patientens önskan och gränsen för den kirurgiska tekniken skall få avgöra.

Handtransplantation

I september 1998 och i januari 1999 utfördes världens två första handtransplantationer på människa. Från teknisk synpunkt har detta varit möjligt sedan lång tid, men de immunologiska konsekvenserna, i form av livslång immunsuppressionsbehandling, har hittills verkat avhållande – det handlar om en potentiellt livshotande behandling av ett icke livshotande tillstånd.

Transplantation av en mänsklig hand utgör egentligen ett komplex av immunologiska, fysiologiska, psykologiska och etiska problem. Ämnet behandlades tidigare i år vid en konsensuskonferens i Modena. En hand är en komplex struktur sammansatt av en rad olika vävnader, med varierande grader av antigenicitet. Hud och benmärg har här en särskilt framträdande roll. Efter den handtransplantation som utfördes i Lyon i september 1998 har använts en kombinationsbehandling med steroider, mycofenolatmofetil ▶

Figur 2. Handkirurgins innehåll och komplexitetsnivåer, sett i skenet av en accelererande visionär pil mot framtiden. Korrektion kan bland annat innebära dekompression vid nervertrapmentsyndrom, senskideklyvning, exstirpation av ganglion- och andra tumörer och fasciektomi vid Dupuytrens kontraktur; reparation innefattar bland annat sutur av hud, nerv, sen- och ligamentvävnad och osteosyntes vid frakturer; rekonstruktion innefattar bland annat nervtransplantation, sentransplantation, grepprekonstruktion, sentransferering, hudtransplantation, revaskularisering, fri lambåförflyttning, tå till hand-förflyttning och arthroplastik; replantation kan omfatta ett eller flera fingrar, hand, del av hand, underarm eller hel extremitet; transplantation omfattar human hand eller underarm; konstgjord hand avser framtidens viljestyrda konstgjorda hand med ett stort antal frihetsgrader och väl utvecklad sensibilitet.



ANNONS

samt tacrolimus. Denna hand är efter sex månader fortfarande viabel, och uppvisar en viss känselrestituktion.

Substansen tacrolimus kan vara neurotoxisk, men är också känd för att i experimentella system stimulera nervutväxt [15], något som kan ge en öppning inför framtiden: återkomst av känsel i en transplanterad hand är fundamental för handens funktion, och dessutom ytterligt viktigt för kroppsbilden hos recipienten. Psykologiskt är detta av stor betydelse – en transplanterad hand utan känsel kan verkligen upplevas som en »död mans hand» som dessutom är ständigt exponerad och ej förborgad i kroppens inre, som en transplanterad njure eller lever.

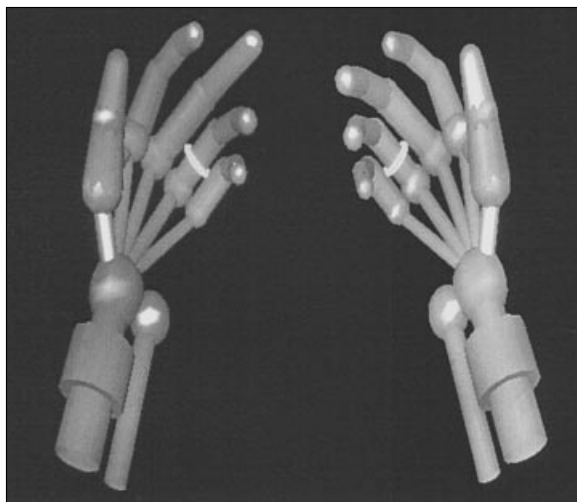
Bland de amputationspatienter som kan tänka sig att genomgå en handtransplantation återfinns särskilt

sådana som lider av speciellt besvärliga fantomfenomen [Eileen Bradbury, London, pers medd, 1999]. Här kan finnas en stark önskan att fylla ut ett »virtuellt» tomrum i kroppen. Vinsten av en handtransplantation kan vara stor, men samtidigt kan besvikelsen vid ej uppfyllda förväntningar bli mycket betydande.

Inför 2000-talet kan vi se fram emot ytterligare förfining av den immun-suppressiva behandlingen, bland annat med utnyttjande av monoklonala antikroppar för att dämpa antigeniciteten hos de transplanterade vävnaderna. I takt med en sådan utveckling kan handtransplantation komma att framstå som ett alltmer tilltalande alternativ för den handamputerade under förutsättning att psykologiska, etiska och medikolegala frågor kan lösas på ett tillfredsställande sätt. Den handkirurgiska specialiteten med transplantation har därmed klivit in i en ny värld inför millenieskiftet. Handtransplantationsverksamheten förutsätter ett fördjupat teamarbete med deltagande av handkirurger, immunologer, transplantationskirurger och psykologer.

Framtidens artificiella hand

De handproteser som i dag finns tillgängliga för användning av traumatiskt eller kongenitalt amputerade patienter kan vara av enbart kosmetisk eller funktionell/myoelektrisk art. Dagens viljestyrda myoelektriska proteser är av mycket enkel konstruktion med möjlighet enbart till öppning och slutning av en motoriserad hand. Detta på basis av



Figur 3. Exempel på virtuella händer med ett stort antal frihetsgrader projicerade på dataskärm. Med hjälp av avancerade styrsystem, med utnyttjande av artificiella neurala nätverk, kan »imaginära» viljemässigt initierade handrörelser i amputerad extremitet ge motsvarande rörelser i den virtuella handen. Detta är möjligt även hos en kongenitalt amputerad patient. Principen är ett steg på vägen mot framtidens viljestyrda handprotes. De virtuella händerna är framtagna av Lars Eriksson och Fredrik Sebelius.

muskelsignaler som registreras via två ytelektroder, placerade i amputationshylsan i anslutning till sträck- respektive böjmuskulatur.

Framtidens »artificiella hand» kan emellertid komma att ligga mycket långt från vad som kan erbjudas i dag. Pågående utveckling visar att multipla avledning från inopererade mikrochips i nerver, eller muskulatur, i amputationsstumpen, i kombination med utnyttjandet av artificiella neurala nätverk för mönsterigenkänning, kan erbjuda helt nya styrsystem som möjliggör viljestyrda komplicerade rörelser i en artificiell hand.

Ännu så länge utnyttjas i dessa försök virtuella händer på dataskärmar (Figur 3), vilka med hjälp av datahandskar kan läras att utföra ett stort antal rörelser som liknar handens normala rörelser. I hittills genomförda försök kan härigenom »tankemässigt» initierade rörelser i den amputerade handen ge motsvarande rörelser i den virtuella handen på dataskärmen. Intressant nog är detta fullt möjligt – efter en kort träningsperiod – även på kongenitalt amputerade patienter. En utveckling mot mycket avancerade viljestyrda kontrollsystem för handproteser kan emotes under 2000-talet. Inbyggda system för artificiell känsel (se ovan) kan härvidlag få en mycket stor betydelse.

Osseointegrering

Dagens handproteser fästs mot amputationsstumpen via en hylsa utanpå huden, men i framtiden kommer sanno-

ligt transkutana skelett-förankrade fästelement av titan, ad modum Bråne-mark, att spela stor roll för infästning av proteser direkt i skelettet. Denna metod har redan i dag visat sig mycket användbar [16], och den rigida förankringen tycks kunna ge en viss taktillförmåga i protesen (osseoperception) (Figur 4).

Böjenskador

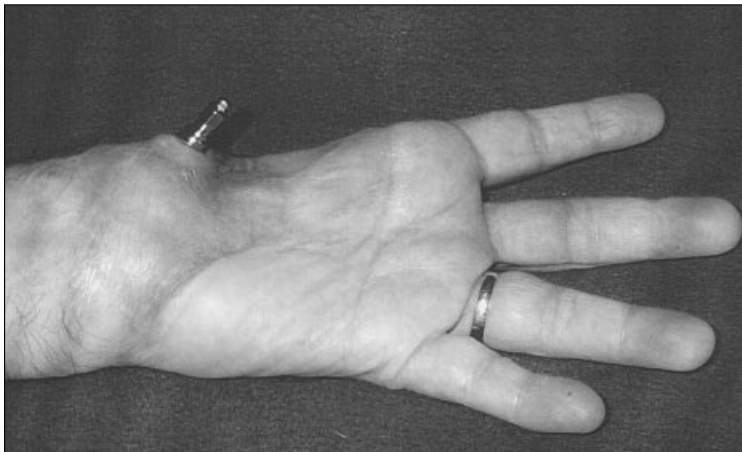
Reparation av skadade böjsenor inom fingrarnas senskideregioner utgör ett biologiskt dilemma: å ena sidan en strävan mot läkning av senan med god hållfasthet, å andra sidan restitution av glidyorna kring senan. Den hittills enda kliniskt fungerande adherensförebyggande metoden vid senkirurgi är tidigt kontrollerad mobilisering.

Läkningsförloppet inleds av en inflammatorisk fas som genom kollagenolys väsent-

ligt försvagar senans suturbärande förmåga under första veckan. Om patienten då aktivt försöker knyta in ett nyopererat finger medför detta en risk för ruptur av sensuturen. Böjrörelsen som inleds ett par dagar efter operation måste initialt begränsas om rörelsen är aktiv. Detta träningsmoment kombineras med passiv rörelseträning i en begränsande skena för att upprätthålla fingerledernas rörelseomfång och minska svullnaden. Behandlingen, som följs av sjukgymnast, ställer stora krav på patientens medverkan och engagemang. Rehabiliteringen av patienter med böjenskador ställer mycket stora kompetenskrav på gymnaster och arbetsterapeuter, och dessa skador bör regelmässigt koncentreras till landets handkirurgiska specialisterheter.

Den kirurgiska utvecklingen har hittills koncentrerats på förbättring av suturteknik och material, för att matcha sjukgymnastens krav på ökad hållfasthet. För att minska beroendet av patientens medverkan och öka reproducerbarheten i behandlingen går utvecklingen nu mot nya och alternativa adherensförebyggande metoder.

En enkel princip är att placera ett membran mellan sena och senskida för att på mekanisk väg skilja dessa åt. Membranet bör vara nedbrytbart och måste vara permeabelt, då senan nutrieras genom diffusion inom senskidorna. En begränsning är att ett membran måste ha ett slut någonstans, och där kan adherenser formars. Detta kan överkommas genom att membranet görs flytan-



Figur 4. Exempel på svårbehandlad amputationsskada som försörjts med delhandsprotes, fixerad mot en benförankrad titanskruv (överst) via en hudpenetrerande koppling (mitten). Resultatet är en kosmetiskt acceptabel hand med hygglig funktion och med viss känsel förmåga (osseoperception) i tummen (nederst).

de, men det har då tendens att resorberas alltför snabbt. Hyaluronsyra och derivat därav har prövats för detta ändamål.

En annan utvecklingslinje är att försöka styra koagulationen, och speciellt

fibrinolysen, i sårområdet, för att därigenom minska ärrbildningen. Detta får dock inte tillåtas hämma själva senläkningen. Fibrinklistor kan anbringas över en senskada som ett membran. Senan måste dock hållas i rörelse efteråt

för att undvika inväxt av fibroblaster i fibrinet. En annan princip för adherensförebyggande åtgärder är att försöka minska traumat i vävnaden ända ner på molekylnivå, genom substitution med fosfolipider för skador i cellväggarna. Stora vinster står att göra i framtiden när den kirurgiska behandlingen genom effektiv adherensprevention kan göras mindre vårdkrävande och mer reproducerbar.

Muskel-sentransfereringar

Kirurgisk muskel-sentransferering är en viktig metod för att återskapa vissa motoriska nyckelfunktioner hos den partiellt paralyserade armen, till exempel vid inoperabla eller ej optimalt restituerade perifera nervskador, cerebral pares och tetraplegi efter traumatisk ryggmärgsskada. Begreppet muskel-sentransferering innebär att armens kvarvarande muskelstyrka, via förflyttning av musklers fäste, omfördelas så att viktiga hand- och armfunktioner kan återfås, vilket kan inkludera också en förbättrad taktil gnosis, så kallad stereognosi, till exempel hos patienter med cerebral pares [17]. För att uppnå önskat resultat måste ingreppen vara noggrant planerade, och i regel är harmoniska rörelser, balans och synergism av större betydelse än åstadkommen muskelstyrka i sig. Under senare år har en ökad medvetenhet om basala muskelfysiologiska funktioner i kombination med ny biomekanisk kunskap medfört intressanta utvecklingsperspektiv för transfereringskirurgi [18, 19]. Kirurgen har hittills varit hänvisad till att, utifrån erfarenhet, bedöma relationen mellan donatormuskelnens längd och amplitud, dess passiva tension och det postoperativa resultatet. Senare års studier har dock visat att detta samband är mycket variabelt mellan olika muskler, särskilt patologisk förändrade muskler, och därför finns det anledning att tro att ett förbättrat funktionellt resultat skulle kunna uppnås om musklerna rensades till optimalt längd-kraftsamband [20].

Inom de närmaste åren kommer vi sannolikt att få se utveckling av användarvänliga instrument för peroperativ mätning och optimering av fysiologiska egenskaper hos nya motorer vid rekonstruktiv muskel-senkirurgi. Dessa metoder kommer att få en ökad betydelse i takt med att implanterade så kallade neurala proteser (funktionell elektrisk stimulering) alltmer tillämpas över världen vid kirurgisk rekonstruktion av decentraliserade, men i övrigt intakta, muskler, speciellt efter cervikala spinala skador. Det är samtidigt nödvändigt att fortsätta den grundvetenskapliga kartläggningen av de faktorer som reglerar muskulaturens kontraktila

FOTO: BRIGITTA ROSEN

egenskaper. Av särskilt stort intresse är kombinerade molekylärbio-logiska och mekaniska studier av cytoskelettproteinerens betydelse för transmission av passiv och aktiv kraft i frisk och sjuk muskulatur. Vi kommer sannolikt även att kunna se fram emot avancerade biomekaniska studier som syftar till att utvärdera hur den optimala interaktionen mellan led, muskel och sena ska uppnås vid muskeltransferering. Mekaniska modeller och datorsimuleringar är redan viktiga komponenter i denna utveckling.

Referenser

- Lundborg G. Handkirurgi – skador, sjukdomar, diagnostik och behandling. 2nd ed. Lund: Studentlitteratur, 1999.
- Olson L. Regeneration in the adult central nervous system: Experimental repair strategies. *Nature Medicine* 1997; 3: 1329-35.
- Wiberg M, Ljungberg C, O'Byrne A, Brown R, Whitworth I, Liss A et al. Primary sensory neuron survival following target administration of NGF to an injured nerve. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg* 1998. Under publ.
- Ansselin AD, Fink T, Davey DF. Peripheral nerve regeneration through nerve guides seeded with adult Schwann cells. *Neuropathol Appl Neurobiol* 1997; 23: 387-98.
- Lundborg G, Rosén B, Dahlin L, Danielsen N, Holmberg J. Tubular versus conventional repair of median and ulnar nerves in the human forearm: early results from a prospective, randomized, clinical study. *J Hand Surg* 1997; 22A: 1-8.
- Carlstedt T, Grane P, Hallin RG, Norén G. Return of function after spinal cord implantation of avulsed spinal nerve roots. *Lancet* 1995; 346: 1323-5.
- Dahlin LB, Lundborg G. Experimental nerve grafting – towards future solutions of a clinical problem. *Hand Surg* 1998; 3: 165-73.
- Menei P, Montero-Menei C, Whittemore SR, Bunge RP, Bunge MB. Schwann cells genetically modified to secrete human BDNF promote enhanced axonal regrowth across transected adult rat spinal cord. *Eur J Neurosci* 1998; 10: 607-21.
- Tibell A. Xenotransplantation snart en klinisk realitet? *Läkartidningen* 1998; 95: 5262-6.
- Zhao Q, Drott J, Laurell T, Wallman L, Lindström K, Bjursten LM et al. Rat sciatic nerve regeneration through a micro-machined silicon chip. *Biomaterials* 1997; 18: 75-80.
- Lundborg G, Drott J, Wallman L, Reimer M, Kanje M. Regeneration of axons from central neurons into microchips at the level of the spinal cord. *Neuroreport* 1998; 9: 861-4.
- Lundborg G, Rosén B, Lindberg S. Hearing as substitution for sensation – a new principle for artificial sensibility. *J Hand Surg* 1999; 24A: 219-24.
- Widerberg A, Bergman S, Kanje M, Lundborg G, Dahlin L. Tourniquetkompression kan öka regenerationskapaciteten hos sensoriska axoner. Svenska Läkaresällskapets riksstämman, 1998. Göteborg: Hygiea, 1998: 197.
- Boeckstyns MEH, Sörensen AI. Does endoscopic carpal tunnel release have a higher rate of complications than open carpal tunnel release? An analysis of published series. *J Hand Surg* 1999; 24B: 9-15.

- Fansa H, Keilhoff G, Altmann S, Plogmeier K, Wolf G, Schneider W. The effect of the immunosuppressant FK 506 on peripheral nerve regeneration following nerve grafting. *J Hand Surg* 1999; 24B: 38-42.
- Lundborg G, Brånemark PI, Rosén B. Osseointegrated thumb prostheses: A concept for fixation of digit prosthetic devices. *J Hand Surg* 1996; 21A: 216-21.
- Dahlin LB, Komoto-Tufvesson Y, Sälgeback S, Lundborg G. Waking up a sleeping sensibility. *Lancet* 1998; 352: 328.
- Lieber RL, Loren GJ, Fridén J. In vivo measurement of wrist extensor muscle sarcomere length changes. *J Neurophysiol* 1994; 71: 874-81.
- Loren GJ, Shoemaker SD, Burkholder TJ, Jacobson MD, Fridén J, Lieber RL. Human wrist motors: biomechanical design and application to tendon transfers. *J Biomech* 1996; 29: 331-42.
- Fridén J, Lieber RL. Evidence for muscle attachment at relatively long lengths in tendon transfer surgery. *J Hand Surg* 1998; 23A: 105-10.

Summary

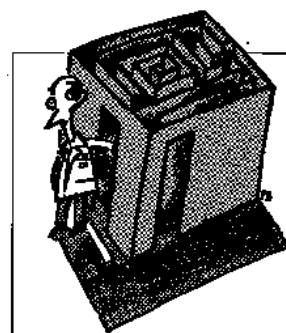
Hand transplantation and implantation of nerve chips; examples of new developments in hand surgery

Lars Dahlin, Jan Fridén, Lars Hagberg, Göran Lundborg

Läkartidningen 1999; 96: 4320-6.

Injuries and diseases of the hand naturally have an enormous impact on hand function and on quality of life, both occupational and social. The majority of hand-injury patients are under 30 years of age. Hand surgery, an established specialty in Sweden since 1969, is of great importance in terms of clinical developments, education and research. In the coming decade, scientific and clinical advances are to be expected in several fields such as nerve injuries including brachial plexus lesion, microsurgery, flexor tendon injuries and tendon transfer. Bio-implant research and new advances at the biotechnological interface will yield new options in nerve reconstruction, microchip implants in the nervous system, and the restoration of muscle-tendon function following injury. Artificial limbs with advanced motor and sensory functions will be important future aids in the rehabilitation of amputees. Transplantation of human hands is another promising reconstructive procedure which may open up new perspectives in the coming millennium.

Correspondence: Professor Göran Lundborg, Dept of Hand Surgery, University of Lund, Universitetssjukhuset, Malmö, SE-205 50 Malmö, Sweden.
E-mail: goran.lundborg@hand.mas.lu.se



**enligt
min
erfarenhet**

Läkartidningens serie 1990-1992 i särtryck

När konsensus saknas om hur läkaren bör behandla, spelar den beprövade erfarenheten stor roll. Det 48-sidiga häftet innehåller 32 korta, praktiskt inriktade artiklar med anknytning till vårdens vardag och vänder sig till alla kliniskt verksamma läkare. Förutom diagnostik med terapi speglas goda exempel på prevention, ledningsfrågor och administration.

Pris 55 kr. Vid 11-50 ex 50 kr, vid högre upplagor 47 kr/ex.

Beställ här:

..... exemplar av

Enligt min erfarenhet

Namn

Adress.....

Sändes till Läkartidningen,
Box 5603, 114 86 Stockholm

Märk gärna kuvertet med
»Enligt min erfarenhet»

Beställning per fax:
08-20 76 19