

# Ny teknik öppnar nya vägar

Vid rehabiliteringsmedicinska universitetsskolen på Danderyds sjukhus pågår klinisk forskning och utveckling kring användning av ny teknik för funktionsdiagnostik, funktionsträning och funktionsstöd i vardagen. Det handlar om att återvinna handfunktionen efter stroke, träna gång med stöd av exoskelett och träning i hemmiljö med distansstöd från sjukgymnast. Här presenterar professor **Jörgen Borg** och hans medarbetare det pågående arbetet.

**Teknikutvecklingen** medför fortlöpande nya förutsättningar för funktionsdiagnostik, funktionsträning och funktionsstöd i vardagen inom neurorehabiliteringen. Rehabiliteringsmedicinska och neurologiska kliniker har en viktig roll i utvecklingen, utvärderingen och användningen av nya tekniker och på flera håll i landet pågår livlig aktivitet inom området. Vår multiprofessionella forskningsgrupp vid Rehabiliteringsmedicinska universitetsskolen på Danderyds sjukhus deltar i flera samarbetsprojekt inom området och redovisar här tre aktuella projekt. Dessa gäller patien-

ter med hemipares efter stroke, men samma tekniker kan vara relevanta vid andra tillstånd med central pares.

#### **HANDFUNKTIONEN EFTER STROKE**

Handfunktionen drabbas ofta vid stroke och förblir nedsatt hos cirka 40 procent av patienterna, vilket har betydelse för förmågan att klara aktiviteter i vardagen. Dagens tidiga rehabiliteringsinsatser efter stroke som medfört nedsatt handfunktion har lågt evidensstöd och

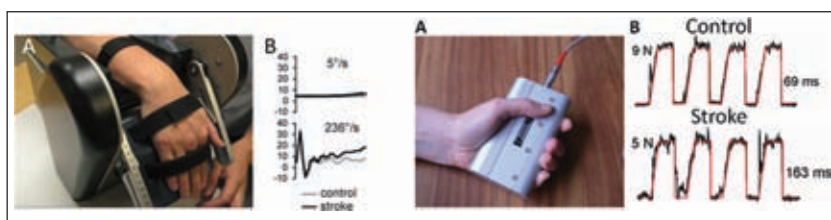
är ofta osystematiska. Det saknas också kunskap om vilka faktorer som är av störst betydelse för att återvinna god handfunktion och som därmed kan vägleda individanpassad tidig intervention och formulering av relevanta behandlingsmål.

En viktig förutsättning för den fortsatta behandlingsutvecklingen är tillgång till känsliga och valida metoder för kvantifiering av olika aspekter på handfunktionen.



# inom neurorehabiliteringen

## TEKNIKER FÖR STROKEPATIENTER



Figur 1. A. NeuroFlexor-utrustning ([www.aggeromedtech.com](http://www.aggeromedtech.com)). B. Kraftkurvor mäts och analyseras enligt en biomekanisk modell som tillåter separat kvantifiering av neuronal (sträckreflex) och muskulär stelhet (vävnadens passiva motstånd). C. Gripkraftsensor ([www.sensix.fr](http://www.sensix.fr)). D. Exempel på kraftkurvor hos patient med stroke och kontrollperson. Försökspersonen reglerar kraften (i svart) så att den följer det röda sträcket på datorskärmen så bra som möjligt.

I en pågående, prospektiv studie (ProHand) använder vi flera nya tekniker för att kvantifiera fundamentala aspekter på handmotoriken och för att identifiera faktorer som är avgörande för återhämtningen av handfunktionen under de första sex månaderna efter förstagsångsinsjuknande i stroke. Viktiga frågor i studien rör relationen mellan olika aspekter på viljemässig rörelsekontroll, spasticitet och kontrakturer respektive integriteten i neuronala nätverk under läkningsförloppet och vilka baslinjevariabler som har starkast oberoende effekt på den framtida aktivitetsförmågan.

Spastisk tonusökning är ett väl dokumenterat fenomen som enligt klinisk utvärdering förekommer hos 20–30 procent i efterförloppet till stroke. Hos en undergrupp är spasticitet i handen associerad med andra funktionsnedsättningar, aktivitetsbegränsningar och delaktighetsinskränkningar. Det är väl dokumenterat att den kliniska diagnostiken (vanligen med den modifierade Ashworthskalan) begränsas av svag reliabilitet och specificitet.

Biomekaniska förändringar i muskelvävnad med muskelstelhet förekommer ofta tillsammans med genuin spas-

ticitet (störda muskelsträckreflexer). Ett kliniskt problem i dag är att särskilja spasticitet och biomekaniskt betingade muskelförändringar. NeuroFlexor (figur 1a–b) är en nyutvecklad metod, som tillåter separat mätning av spasticitet och av muskelns elasticitet och viskositet i handen på ett enkelt och snabbt sätt. Metoden har validerats och mätningar visar god reliabilitet<sup>1</sup>.

### SVÅRT REGLERA GRIPKRAFTEN

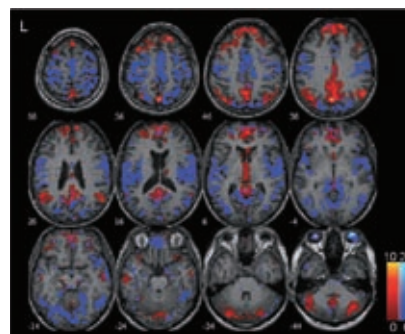
När man greppar ett föremål är det viktigt att dosera kraften rätt. Klämmer man för hårt kan objektet gå sönder (till exempel plastglas) och om man doserar för litet tappar man objektet. Personer med stroke kan ha svårt att reglera gripkraften och har ofta svårt att släppa ett grepp. Vi använder oss av en ny metod där en person greppar en specialtillverkad kraftsensor och får visuell feedback (via dator) på utvecklad gripkraft (figur 1c–d).

Denna visuomotoriska metod tillåter kvantifiering av förmågan att finjustera kraften, tajmingen och den tid det tar att snabbt släppa ett grepp. Dessa aspekter av handfunktion har inte tidigare studerats under återhämtningsförloppet efter stroke.

Relationen mellan strukturella och funktionella störningar i hjärnans nätverk och det kliniska läkningsförloppet och utfallet efter stroke är till stora delar oklar. Det finns växande stöd för att kombinationen av olika hjärnabbildningstekniker kan förbättra prediktionen av det motoriska läkningsförloppet efter stroke<sup>2,3</sup>.

Resting state fMRI (funktionell magnetresonanstomografi) är en relativt ny metod för avbildning av hjärnans funktionella nätverk (figur 2). Med denna teknik fångas spontana fluktuationer i hjärnans blodflöde, vilka med hög känslighet avspeglar förändringar i nervcellernas aktivitet. Patienten instrueras att under hela undersökningen vila blundande. Hjärnområden, som är funktio-

### VILOAKTIVITET I HJÄRNANS FUNKTIONELLA NÄTVERK



Figur 2. Exempel på data från en frisk kontrollperson undersökt med resting state fMRI, som visar default mode-nätverket (rött) och sensomotoriskt nätverk (blått). Default mode-nätverket omfattar mediala prefrontalkortex och posteriora cingulum och anses vara involverat vid introspektion (det vill säga självreflexion eller dagdrömmar). Det sensomotoriska nätverket omfattar supplementära motorarean och primära motorkortex.

Förklaring: L = vänster sida (opublicerad data Lindberg, & Laurencikas 2013).

nellt kopplade till varandra, har ett synkroniserat aktiveringsmönster, vilket gör det möjligt att kvantifiera integriteten i utvalda funktionella nätverk, utan att patienten behöver utföra en specifik uppgift under pågående undersökning.

I ProHand-studien kommer funktionen i motoriska nätverk att relateras till ovan beskrivna objektiva funktionsvariabler och kliniska funktionsmått under de första sex månaderna efter stroke.

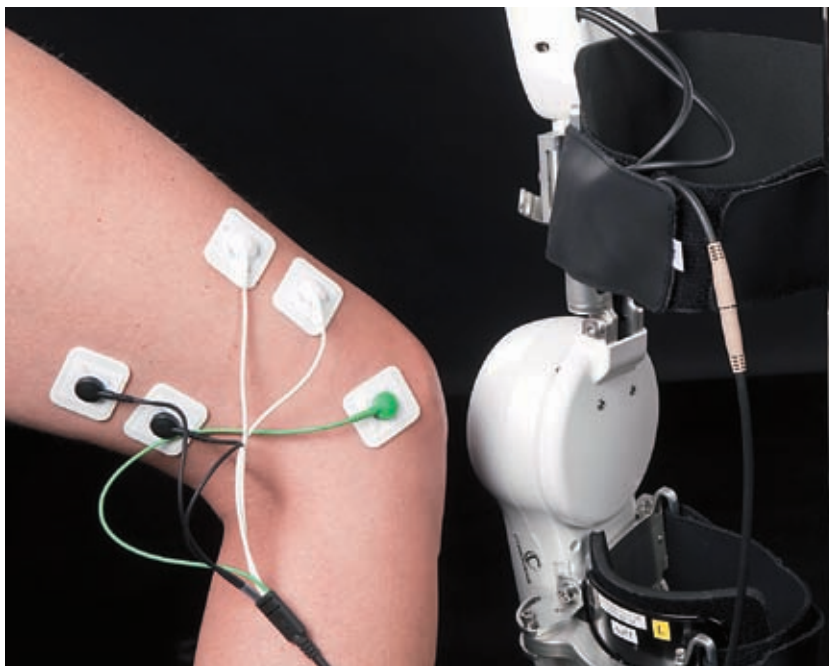
#### NY TEKNIK FÖR TRÄNING AV GÅNG

Även om majoriteten av patienterna återvinner gångfunktion efter stroke kan läkningstiden vara lång och hos mer än 20 procent kvarstår nedsatt gångfunktion. Det finns visst stöd för att tidigt påbörjad träning med viktavlastning (Body Weight Support) har gynnsam effekt, medan värdet av olika typer av ”gångträningsskåp” ännu är oklart<sup>4</sup> och behovet av nya metoder för tidigt påbörjad intensiv träning av gången är stort<sup>5</sup>.

I dag pågår prövningar av flera olika typer av så kallade exoskelett för gångträning efter stroke och andra skador i centrala nervsystemet. Exoskelettet Hybrid Assistive Limb (HAL) och HAL-metoden, som har utvecklats vid Tsukuba universitet i Japan i samarbete med företaget Cyberdyne Inc, erbjuder en ny princip för träning av gången vid nedsatt kraft i ett eller båda benen liksom för funktionsstöd vid långvarig funktionsnedsättning<sup>6</sup>.

HAL kan användas med automatisk, alternativt viljemässig aktivering. Automatisk aktivering av exoskelettets gångrörelse sker genom avläsning av tyngdpunktens förskjutning mellan höger och vänster sida via sensorer placerade i skorna. Viljemässig aktivering sker genom avläsning av patientens egen muskelaktivitet med hjälp av elektromyografi (EMG). EMG-aktiviteten avläses med hudelektroder fästa över gångmuskler kring knä- och höftled (figur 3) och översätts till aktivering av HAL.

Graden av assistans från HAL kan fortlöpande justeras av sjukgymnast utifrån den individuella patientens förutsättningar. Den automatiska styrningen medger träning också vid total paralyt medan den viljemässiga styrmodellen är attraktiv så snart det finns minimal aktiveringsförmåga eftersom den bättre



Figur 3. Exempel på elektrodplacering över lårbenets sträck- och böjmuskler för EMG-styrd aktivering av HAL.

imiterar den normala gångprocessen. På det icke-paretiska benet kan man ha en tredje inställning, som inte ger någon assistans.

Japanska grupper har visat att HAL-metoden är säker för träning av gång i kroniskt skede efter stroke och vid andra kroniska tillstånd. Rehabiliteringsmedicinska universitetskliniken, Danderyds sjukhus inledde 2009 ett samarbete med den japanska gruppen i syfte att pröva HAL för träning av gångfunktionen i tidigt skede efter stroke och medarbetare i den svenska studiegruppen har deltagit i teoretisk och praktisk utbildning för kliniska applikationer av HAL.

En studie av HAL-systemets säkerhet och användbarhet vid gångträning vid svår pares genomfördes under 2012–2013 inom ramarna för ordinarie rehabiliteringsprogram efter stroke. Studien inkluderade patienter, som var remitterade för rehabilitering i klinikens slutenvård och hade nedsatt eller saknade gångfunktion.

Vid träningen med HAL användes viktavlastningssystem och träningen gjordes på gåband (figur 4). Studien visar att HAL är säker och användbar för gångträning tidigt efter stroke<sup>7</sup>. Produkten är CE-godkänd.

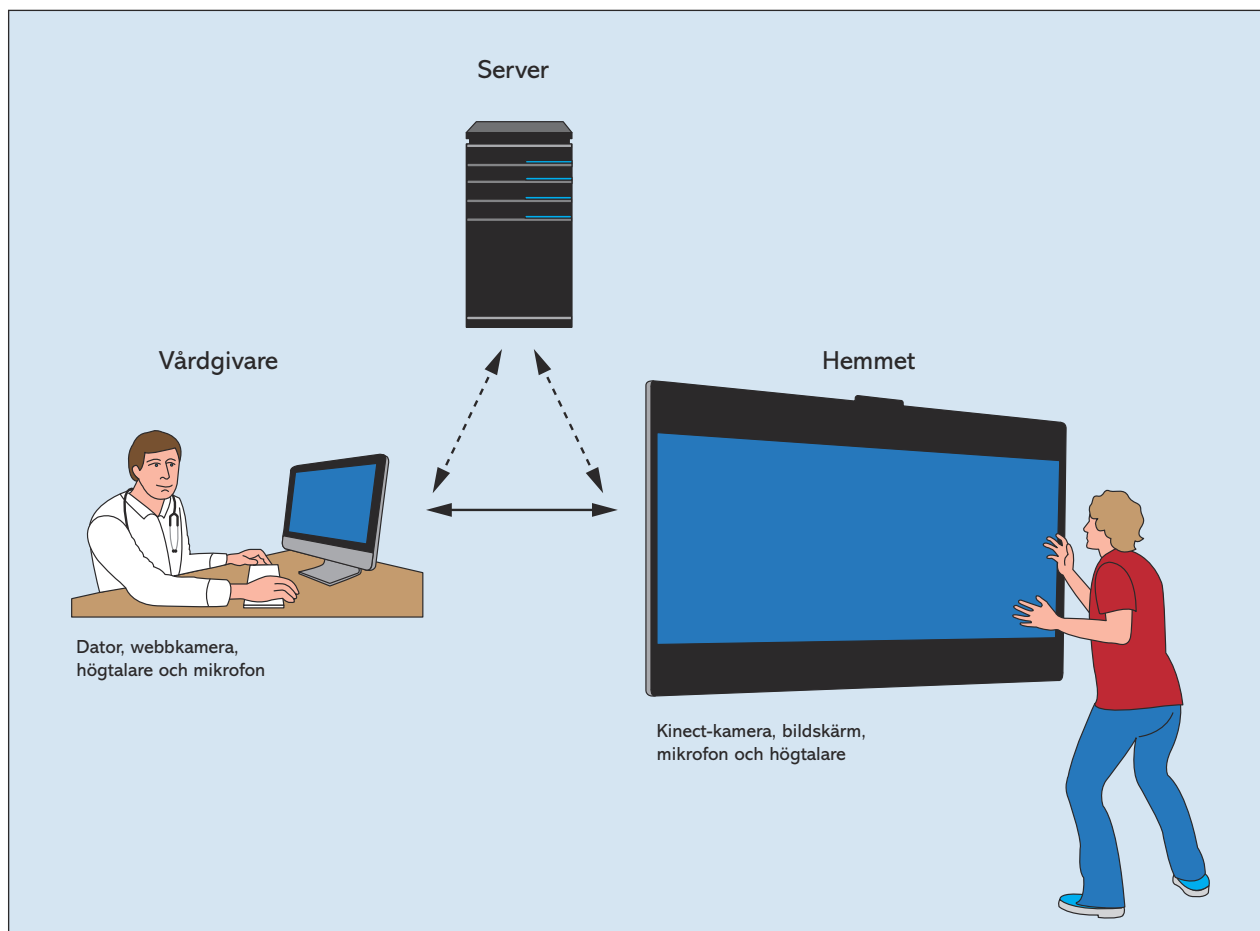
*”Relationen mellan strukturella och funktionella störningar i hjärnans nätverk och det kliniska läkningsförloppet och utfallet efter stroke är till stora delar oklar.”*

I en kontrollerad behandlingsstudie undersöker vi nu om gångträning med stöd av HAL leder till snabbare och bättre återhämtning av gångförmågan än konventionell gångträning i tidigt skede efter stroke. Primär hypotes är att träning med HAL medför kliniskt meningsfull skillnad av gångförmågan efter stroke jämfört med konventionell träning. En sekundär hypotes är att träning med HAL leder till snabbare återhämtning av gångfunktion och oberoende i förflyttningar och därmed kortare vårdtid i slutenvård.



Figur 4. Träning med HAL med viktavlastande sele på gåband. Viktavlastningen är vanligen kring 20 procent av kroppsvikten och anpassas fortlöpande med hänsyn till grad av HAL-assistans och gånghastighet.

## TRÄNING I HEMMILJÖ



Figur 5. Illustration av distanslösningen. Patienten tränar i hemmet framför skärm och kinect-kamera under kontakt med vårdgivare eller på egen hand. Vårdgivaren bedömer, ger råd och övervakar på distans. Systemet har en meny med olika spelmoment för träning av motoriken på olika svårighetsnivå och ger feed-back.

## TRÄNING I HEMMILJÖ

Både betydelsen av och svårigheten att erbjuda patienter med stroke adekvat uppföljning och träningsstöd efter den akuta rehabiliteringsperioden och i det kroniska skedet är väl omvittnat<sup>8</sup>. Ett aktuellt Vinnovaprojekt, "Interaktiva distanslösningar för genomförande och uppföljning av strokerehabilitering i hemmiljö", syftar till utveckling och prövning av ny kommunikationsteknik, som stöd för genomförande och uppföljning av sådan träning på distans.

I projektets inledningsfas undersöktes behov hos patienter och rehabiliteringspersonal gällande teknik som stöd för distansledd motorisk träning av strokepatienter i hemmiljö med metoden "deltagande design"<sup>9</sup>. I flera workshopar deltog följande grupper av slutanvändare: sjukgymnaster och arbetsterapeuter från landsting och kommun, patienter

*"Japanska grupper har visat att HAL-metoden är säker för träning av gång i kroniskt skede efter stroke och vid andra kroniska tillstånd."*

ter med motorisk funktionsnedsättning efter stroke och närstående till personer med stroke.

Krav på tekniken från användargruppernas olika perspektiv identifierades, vilket gav underlag för en systemöversikt och användarkravspecifikation

för den tekniska lösningen. I ytterligare workshopar har tidiga prototypversioner utvärderats av användargrupporna. Vidare har erfarna sjukgymnaster inom neurorehabilitering deltagit för att ge återkoppling på träningsövningar och instruktioner under hela utvecklingsprocessen, vilket resulterat i en mer utvecklad prototyp med komponenter från tillgänglig teknologi och ny mjukvara.

Prototypen kommer att testas av patienter med motorisk funktionsnedsättning efter stroke för träning i hemmiljö under vägledning av sjukgymnast på distans. Den tekniska hårdvara som installeras hos patienten består av kinect-kamera, dator, stor skärm, högtalare och mikrofon. Teknisk hårdvara på klinik omfattar dator med webbkamera, headset och programvara för övningarna. Användning kräver internetuppp-

koppling för videokommunikation, för att hämta övningsinformation och träningsresultat (figur 5).

Patienten kan utföra övningarna självständigt hemma eller med stöd av sjukgymnast via video. Övningarna är uppdelade i olika svårighetsgrader och där svårare nivåer innehåller spelmoment.

#### STUDIE FÖR ATT TESTA SÄKERHET

Nästa fas i projektet innebär en studie för att testa säkerhet och användbarhet av tekniken i olika faser av rehabiliteringsprocessen efter stroke. Den kliniska prövningen genomförs av en grupp vid Rehabiliteringsmedicinska universitetssjukhuset på Danderyds sjukhus och Danderydsgeriatriken och kommer att belysa:

- om tekniken medger adekvat typ och mängd funktionsträning under ledning av terapeut på distans;
- möjliga begränsningar med hänsyn till identifierade behov av motorisk funktionsträning;
- den upplevda subjektiva nyttan respektive olägenheten av tekniken sett ur patientens, terapeutens, närståendes och teknikerns perspektiv och om det finns några sidoeffekter/risker med tekniken.

Prövningen kommer att omfatta patienter i tre olika faser efter stroke:

1. Vid utskrivning från akut vårdtillfälle till primärvårdens neuroteam (patienter erbjuds träning på distans under dagar då neuroteamet inte kan).
2. Vid utfasning från neuroteamet (patienter erbjuds träning på distans under dagar då neuroteamet inte kan).
3. I kroniskt skede efter stroke för patienter som inte har regelbunden träning.

Resultaten förväntas ge underlag för en kommande kontrollerad behandlingsstudie, som jämför utfallet för patienter som genomgår rehabilitering inom ramen för ordinarie vårdkedja med respektive utan tillägg av intensifierad funktionsträning med stöd av den nya tekniken i efterförloppet till stroke.

#### FORSKNINGSGRUPP

I forskningsgruppen ingår leg sjukgymnasterna Jeanette Plantin och Anneli Nilsson, Rehabiliteringsmedicinska universitetssjukhuset, Danderyds sjukhus, leg sjukgymnasten, forskaren, PhD Pålvel Lindberg, Rehabiliteringsmedicinska universitetssjukhuset, Danderyds sjukhus, Karolinska institutet och INSERM, Psychiatry & Neurosciences Center, Paris, leg sjukgymnasten, PhD Katarina Skough-Vreede, leg arbetsterapeut, PhD Inga-Lill Boman och professor och överläkare Jörgen Borg, Rehabiliteringsmedicinska universitetssjukhuset, Danderyds sjukhus och Karolinska institutet, leg sjukgymnasten, adjunkten, PhD Disa Sommerfeld, Karolinska institutet och Danderydsgeriatriken. Teknologie doktor Maria Ehn, Robotdalen, Mälardalens Högskola, Västerås är projektledare för det redovisade Vinnovaprojektet.



**JÖRGEN BORG**  
professor, överläkare, Karolinska institutet, Rehabiliteringsmedicinska universitetssjukhuset, Danderyds sjukhus, Danderyd  
jorgen.borg@ki.se

#### REFERENSER

1. Gäverth Johan. Development and evaluation of a new method to objectively measure spasticity. Akademisk avhandling Karolinska Institutet 2013 (ISBN 978-91-7549-346-6).

2. Wang L, Yu C, Chen H, Qin W, He Y, Fan F, Zhang Y, Wang M, Li K, Zang Y, Woodward TS, Zhu C. Dynamic functional reorganization of the motor execution network after stroke. *Brain*. 2010 Apr;133(Pt 4):1224-38.

3. Golestani AM, Tymchuk S, Demchuk A, Goodyear BG; VISION-2 Study Group. Longitudinal evaluation of resting-state fMRI after acute stroke with hemiparesis. *Neurorehabil Neural Repair*. 2013 Feb;27(2):153-63. doi: 10.1177/1545968312457827. Epub 2012 Sep 20.

4. Mehrholz J, Pohl M. Electromechanical-assisted gait training after stroke: a systematic review comparing end-effector and exoskeleton devices. *J Rehabil Med*. 2012;44(3):193-9.

5. Pennycott A, Wyss D, Vallery H, Klamroth-Marganska V, Riener R. Towards more effective robotic gait training for stroke rehabilitation: a review. *J Neuroeng Rehabil*. 2012;9:65.

6. Kawamoto H, Taal S, Niniss H, Hayashi T, Kamibayashi K, Eguchi K, Sankai Y, "Voluntary Motion Support Control of Robot Suit HAL Triggered by Bioelectrical Signal for Hemiplegia", Proceedings of 32nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, pp. 462-466, 2010

7. Anneli Nilsson, Katarina Skough Vreede, Vera Häglund, Hiroaki Kawamoto, Yoshiyuki Sankai, Jörgen Borg. Gait training early after stroke with a new exoskeleton – the Hybrid Assistive Limb: A pilot study of safety and feasibility. Inskickad för publicering.

8. Walker MF, Sunnerhagen KS, Fisher RJ. Evidence-based community stroke rehabilitation. *Stroke*. 2013 Jan;44(1):293-7. Review.

9. Schuler D, Namioka A. (1993). Participatory design: principles and practices. Hillsdale, NJ: L Erlbaum Associates.

