

Funktionell elektrisk stimulering

Lars-Erik Larsson

Även ett skadat nervsystem bör kunna användas till en för patienten positiv funktion. Ett sätt att utnyttja denna potentiella möjlighet är genom funktionell elektrisk stimulering. Den har fått sin hittills främsta användning som gångunderstöd till patienter med spastiska pareser.

Nervus peroneus stimuleras elektriskt under det spastiska benets svängfas. Patienten får därigenom ett bättre fotlyft genom direktretning av nervens motoriska fibrer. Den samtidiga retningen av sensoriska nervfibrer har dessutom en positiv effekt, dels genom att bryta extensor-spasticiteten under svängfasen och sannolikt dels också genom att aktivera ryggmärgsceller, som genom skadan förlorat en del av sin ordinarie retrningsbakgrund.

Docent Lars-Erik Larsson är överläkare vid Kliniskt Neurofysiologiska laboratoriet, Region-sjukhuset, Linköping och har mångårig erfarenhet av utprovning och utvärdering av peroneusstimulatorer.

Med funktionell elektrisk stimulering menas att med hjälp av elektrisk retning utnyttja de potentiella möjligheterna hos oskadade delar av ett skadat nervsystem till en för patienten positiv funktion. Det gäller att funktionellt utnyttja oskadade delar av nervsystem och muskulatur, som p g a skada i annat område har förlorat eller t o m fått en skadlig funktion. Definitionen är ganska vid och inrymmer genom denna sin vidd t e x transkutan nervstimulering emot smärta (TNS-behandling), stimulering av muskulatur i urinvägarna vid inkontinens och olika former av elektrisk stimulering i centrala nervsystemet vid smärtbehandling. Den här framställningen skall emellertid koncentreras på den klassiska formen av funktionell elektrisk stimulering (FES). Den gäller

det gångunderstöd som kan fås med hjälp av en peroneusstimulator.

Gångunderstöd med peroneusstimulator

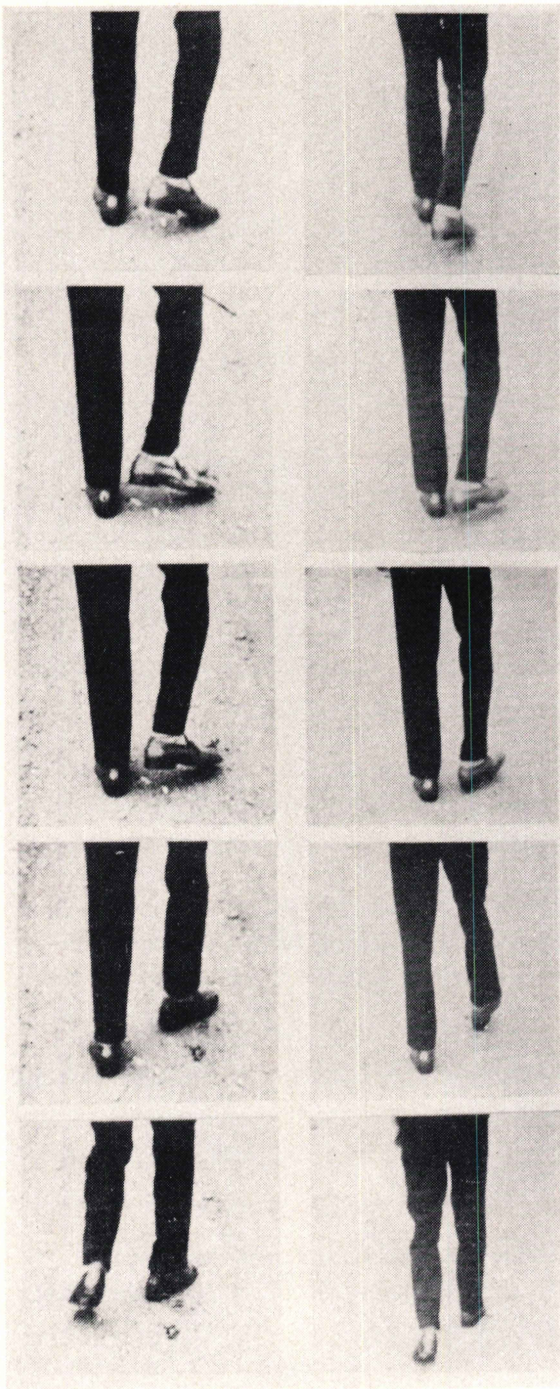
Vi vet alla, att patienter med centrala pareser, dvs hemipareser och spastiska parapareser, har svårt att föra benen framåt under svängfasen. Det beror inte bara på paresen i sig, utan också på en spastisk sträckreflex i höft, knä och fotled, en sträckreflex som visserligen har varit till nytta under den föregående ståfasen, men som tenderar att stå kvar när benet skall böjas under svängfasen. I det typiska fallet försöker patienten kompensera sin svårighet genom circumduction av det sjuka benet och för det fall, att han har en hemipares, genom att förlänga det friska benet med en tåhävning. Om spasticiteten är ringa, kan han ibland hjälpas med en fjäder som för foten uppåt, men vid mer uttalad spasticitet kan en fjäder göra ont värre genom att späda på den retning under foten, som primärt utlöst sträckreflexen.

Amerikanen Liberson och medarbetare publicerade 1961 en annan terapeutisk metod som innebär att man retar N peroneus transkutan med en serie elektriska impulser från en bärbar stimulator (13). Stimulatorn styrs av en fotkontakt som slutes och öppnas under gången. Den elektriska retningen åstadkommer en kontraktion av fotens dorsalflektorer och pronatorer så att foten böjs upp och proneras. Metoden togs snart upp i flera länder (4, 12, 16). I Sverige introducerades den i slutet av 1960-talet och början av 1970-talet (10, 11).

Figur 1 visar en serie bilder av gång med och utan stimulator. Den förbättrade dorsalflektionen i samband med stimulering ses tydligt och i detta hänseende är gången sålunda tydligt förbättrad.

Ett annat sätt att mäta om gången bättras är att mäta steglängden. Eftersom steglängden är beroen-

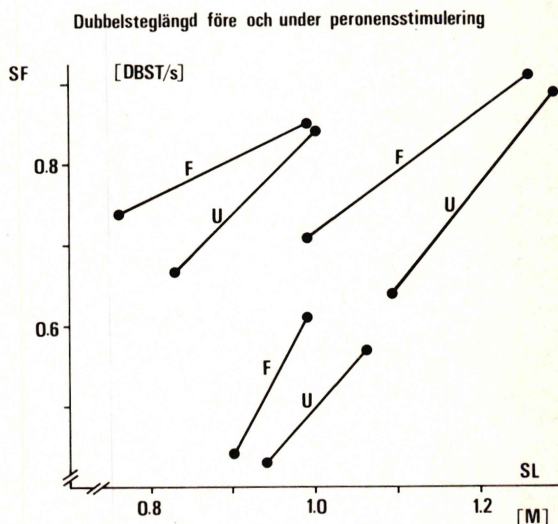
Figur 1. Filmsekvenser av gång utan (vänster) och med (höger) peroneusstimulator. (10)



de av hastigheten, måste den mätas vid olika hastigheter. Resultatet av sådana mätningar på tre patienter framgår av figur 2, där de tre diagrammen de-

monstrerar steglängd relativt stegfrekvens vid olika hastigheter. De tre patienterna i exemplet hade samtliga spastiska pareser, två på grundval av multipel skleros, den tredje led av en hemipares på cerebrovaskulär bas. Det är uppenbart, att i de tre exemplen steglängden har ökat för varje given stegfrekvens.

Figur 2. Regressionslinjer representerande relationen mellan stegfrekvens och steglängd mätt vid olika hastigheter hos tre patienter med spastiska pareser före (F) och under (U) pågående peroneusstimulering. SL = dubbelsteglängd. SF = dubbelstegfrekvens.



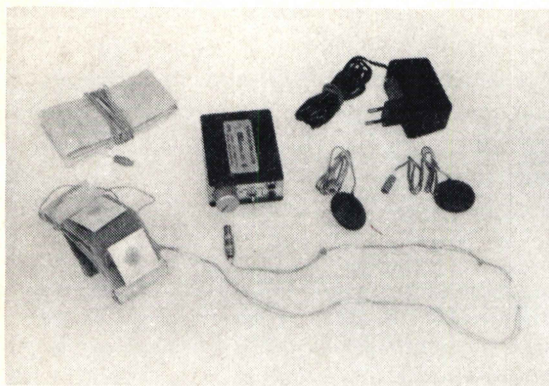
I figur 3 ses en modern version av apparaturen. Bilden visar bla de elektroder och den fotkontakt med tillhörande sladdar, som patienten skall applicera på sig själv, ofta med dåligt fungerande händer. När det dessutom inte så sällan inträffar att kontakter krånglar och sladdar bryts, är det anmärkningsvärt att metoden ändå har en uppenbar popularitet hos många patienter.

Hur använder patienterna apparaturen?

Då den första serien av stimulatorer tillverkats i landet, gjorde vi tillsammans med grupper från många andra sjukvårdsområden, en utvärdering av de omedelbara resultaten (11).

Sammanlagt undersöktes 41 patienter, 26 med

Figur 3. Peroneusstimulator modell LIC.



MS, 8 med cerebrovaskulär sjukdom och 7 övriga. Ett gott eller acceptabelt resultat uppnåddes hos 35 patienter, medan 6 betraktades som misslyckade. Naturligtvis berodde det goda resultatet på en noggrann selektion av lämpliga fall, men man kan ändå se att en sådan selektion är möjlig.

Viktiga selektionskriterier är att patienten bör vara normalbegåvad utan demens eller senilitet. Han bör vara välmotiverad och ha en hygglig handfunktion. Foten skall naturligtvis tendera att släpa i marken och det får inte finnas någon samtidig perifer pares.

Utöver den ovan beskrivna multicenterundersökningen, som hade en relativt kort uppföljningstid, har det i Sverige också gjorts undersökningar med längre uppföljning av Dillner och medarbetare vid EFTO och rehabiliteringskliniken i Jönköping (3). Den senaste undersökningen därifrån gjordes av Inger Eberfors och Patricia Lundmark (6). De sände frågeformulär till och gjorde telefonintervju med 125 patienter, som utrustats med stimulatorer mellan 1973 och 1983. Sexton av dessa patienter hade avlidit och 10 ställde inte upp på enkäten av andra skäl.

Kvar blev 99 patienter. Av dessa använde 26 fortfarande stimulatorn och var nöjda med den. Av de 73 som slutat, hade 16 blivit bättre och behövde inte längre någon stimulator. Tjugofem hade blivit sämre i sin grundsjukdom och använde inte stimulatorn av det skälet. De övriga 32 hade slutat av tekniska eller andra praktiska skäl. Även om vi av de här siffrorna kan förstå att bortfallet över en

längre tid sålunda är ganska stort tycks ändå c:a 1/4 av patienterna uppleva en positiv effekt på lång sikt. Det förhållandet, att en del patienter har avslutat stimulatorbehandlingen, betyder inte nödvändigt att de inte har haft glädje av den. Stimulatorn uppleves många gånger positivt vid det akuta eller relativt subakuta skedet medan spontanförbättringar pågår och gör då nytta som sjukgymnastiskt stöd. Det är viktigt att man systematiskt följer upp de patienter som fått stimulatorer för att hjälpa dem över tillfälliga bekymmer med tekniska besvärligheter och dessutom för att i några fall ta ställning till om inte elektroderna skall implanteras över nerven. En fungerande apparatur med implanterbara elektroder samluförs f.n i Sverige och i fall där de tekniska problemen är svåra, kan implantation mycket väl övervägas. Innan en implantation tillgripes, är dock en provperiod med transkutan stimulering lämplig.

Den hittills gjorda beskrivningen tar framför allt sikte på hur man använder muskeln som en motor aktiverad av den elektriska retningen. Denna mekaniska modell har man på sina håll försökt utveckla till att hos totalt paraplegiska patienter stimulera många olika muskler i en lämplig följd bestämd av ett datorprogram. Genom att stimulera extensor-muskler i benen kan man t.ex. få paraplegiska patienter att resa sig ur sin rullstol eller att gå i barr (15). Jag har inte följt dessa försök närmare och jag tror säkert att de fungerar i laboratoriemiljö, men det är klart att för varje nytt elektroddpar som appliceras ökar risken för tekniska förtretligheter. Det är troligt att det kommer att krävas helhjärtade insatser av tekniker och sjukgymnaster under lång tid ännu innan sådana här metoder är ute i verkligheten. Ett sätt att minska svårigheterna kommer säkert vara att implantera elektroder i närheten av de nerver som skall stimuleras.

Stimulationen ökar det sensoriska inflödet

Nu är det emellertid så, att trots att många patienter upplever tekniska svårigheter som är av sådan grad att de avstår från ett i övrigt motiverat användande av en stimulator, är det samtidigt tillräckligt många som upplever en så positiv effekt att de bortser från förtretligheterna. Anledningen är att FES ger patienten något utöver den rent mekaniska gångförbätt-

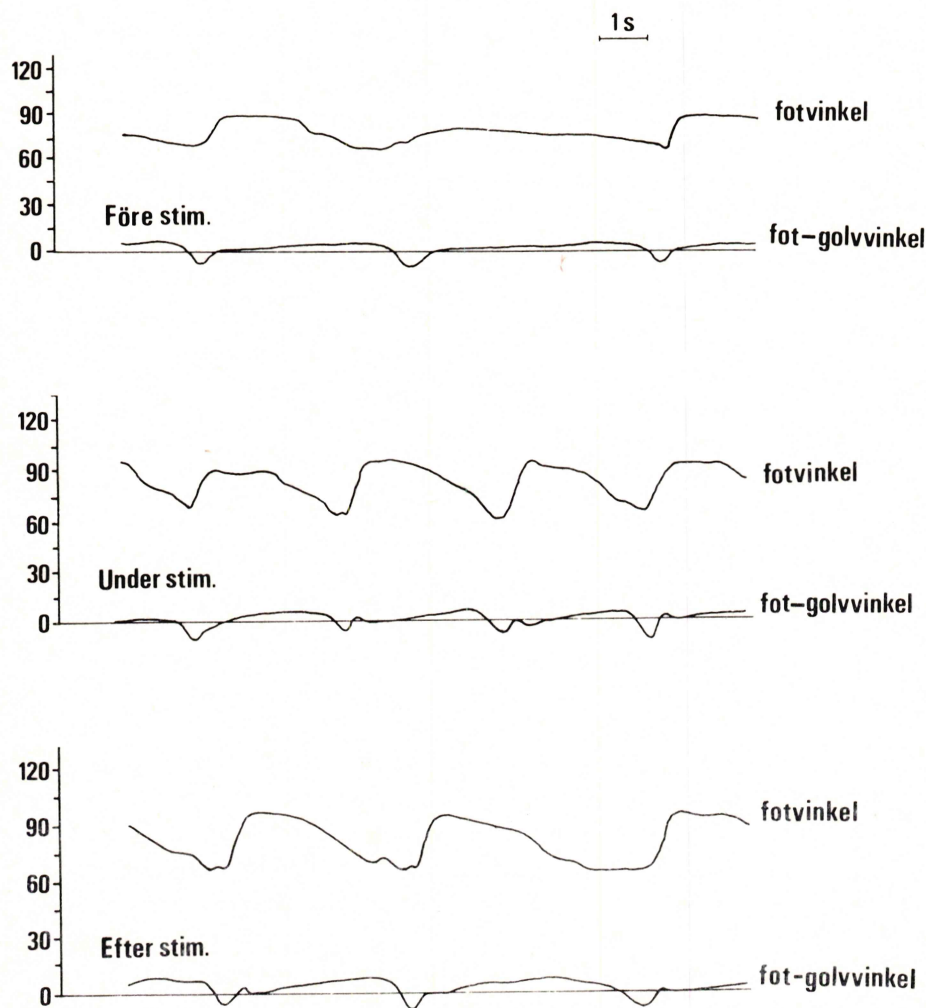
ringen. Det är inte bara så att paretiska muskler induceras att kontrahera sig i rätt ögonblick, patienterna upplever dessutom att stimuleringen ger dem en bättre kontroll av sina rörelsemönster. Det är visserligen sant, att de har ett skadat CNS, men de delar som är oskadade har fortfarande stora potentiella möjligheter under förutsättning att man ger dem möjligheter att verka. Den elektriska stimuleringen innebär därvidlag en stor hjälp. Varje skur av elektriska impulser ger inte bara en direkt motorisk effekt utan också ett kraftigt sensoriskt inflöde till

nervsystemet (1). Jag skall illustrera betydelsen av detta med ett par exempel.

Det första gäller rent kliniska observationer. Många patienter – grovt räknat kanske en fjärdedel beroende på diagnos – noterar att gången blir lättare inte bara när stimulatorn är påkopplad men också under någon tid efter det att den stängts av.

Låt mig illustrera detta med följande registrering från en patient med MS och parapares (*figur 4*). De båda översta kurvorna visar fotledens rörelser före stimulering. Man ser oregelmässiga steg med långa

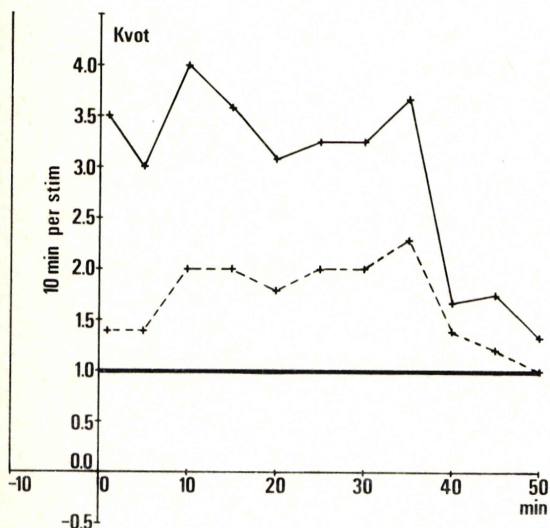
Figur 4. Gonimetrisk registrering av fotens rörelser under gång före, under och strax och efter peroneusstimulering.



intervall. Nästa kurvpar är gjort under pågående retning och visar en påtaglig bättring med regelbundna steg av ökad frekvens. Det intressanta är vad den understa kurvan visar, nämligen att förbättringen står kvar när stimulatorn har stängts av. I enstaka fall kan den här positiva eftereffekten stå kvar i timmar efter avstängningen.

I figur 5 demonstreras ett försök där vi mätt styrkan vid dorsalflektion av fotleden dels före och dels efter en 10-min period av peroneusstimulering hos en annan MS-patient. Styrkan anges som kvoten mellan den uppmätta kraften och den maximala kraft som patienten kunde presterar före stimuleringen. Det är uppenbart att kraftökningen är betydande, c:a 3–4 ggr, och dessutom att ökningen står kvar i upp till en halv timme efter avslutad stimulering. Det här resultatet har bekräftats upprepade gånger inte på alla men på många patienter och dessutom av andra författare. Styrkeökningen gäller inte bara fotens dorsalflektorer utan inkluderar också knäextensorer och fotens plantarflektorer.

Figur 5. Maximal isometrisk styrka hos patient med multipel scleros uppmätt efter 10 minuters peroneusstimulering. Kvoten 1 representerar maximala styrkan före stimuleringen. Heldragen linje = styrka. Streckad linje = integrerat EMG. (1)

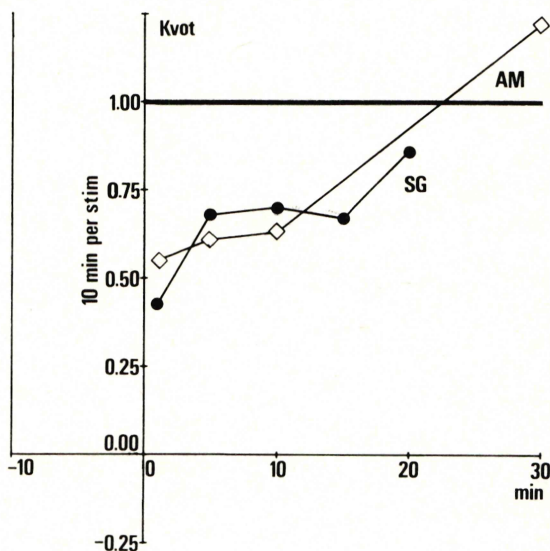


Styrkeökningen går dessutom parallellt med en minskad spasticitet. Detta upplevs dels subjektivt av patienterna som beskriver att benet känns mju-

kare dels kan spasticitetsminskningen objektivt registreras som en minskad reflexretbarhet.

Figur 6 är en registrering av detta. Figuren visar achillesreflexens amplitud före och efter peroneusstimulering. Amplituden anges i förhållande till det prestimulatoriska värdet hos två patienter med MS. Det framgår tydligt att reflexamplituden sjunker för att så småningom efter c:a 20 minuter ha återvänt till ursprungsvärdet.

Figur 6. Achillesreflexens amplitud hos två patienter med multipel scleros uppmätt efter 10 minuters peroneusstimulering. Kvoten 1 representerar maximala amplituden före stimulering. (1)



Om jag summerar vad som beskrivits i de tre sista figurerna innebär det

1. Patientens gång är förbättrad även efter avslutad retning.
2. Styrkan i fotledens dorsalflektion är förbättrad efter avslutad retning.
3. Achillesreflexen minskar i amplitud efter retningen.

Vad är det då som har hänt? Det är ju tydligt, att dessa eftereffekter inte kan förklaras med retningens inverkan på motoriska nervtrådar till musklerna. De kan ju enbart förklara den direkta och omedelbara motoriska effekten. I själva verket är det så att inte ens den effekten är helt förklarad

genom retningen av de motoriska nervtrådarna.

Kom ihåg att ett av kännetecknen på den spastiska gångrubbingen är patientens svårighet att häva sin extensorspasm vid svängfasens inträde. Det är emellertid exakt vid svängfasen som stimulatorn startar och då utlöser en flexorreflex som inte bara böjer foten uppåt utan också lossar på extensorspasmen i knä och höft. Man vet att dominerande delar av de synergier eller skall vi säga rörelsemönster som konstituerar den normala gången finns preformerade i ryggmärgen "7, 8) dvs en hos dessa patienter ofta oskadad del av CNS.

Även om ryggmärgen är oskadad har den förlorat en del av den ordinära impulstrafiken från rostralt belägna delar av CNS. Det är rimligt tänka att afferen från den elektriska retningen, utom det att den utlöser en flexorreflex, också har en ospecifikt aktiverande effekt på nervceller, som förlorat en del av sin ordinära stimulans. I många sammanhang har det dessutom visats, att det går att påverka patienternas spasticitet med rent sensoriska stimuli.

En modell för detta har varit att lägga implanterade elektroder epiduralt över ryggmärgens baksträngar och där ge en kontinuerlig serie av impulser (2, 5). Hos många patienter har man uppnått positiva resultat på detta sätt, men förutsättningarna att lyckas tycks vara svårare. Fynden har ibland varit omstridda. En enklare modell, som dock inte prövats i större omfattning, är helt enkelt stimulering av N suralis bilateralt med vanliga TNS-stimulatorer (Dimitrijevic personligt meddelande).

En väsentlig effekt av den sensoriska stimuleringen, vilken emellertid alla som provat epiduralstimulering är överens om, är, att patienter med täta urinträngningar kan ha god hjälp av retningen. Patienterna beskriver också många gånger en skön känsla av värme i sina ben. Bara de sistnämnda effekterna är mycket värda.

Jag skall slutligen nämna att FES har prövats på centrala pareser i armar och händer. Här gäller det ju framför allt extensorpareser och man placerar därför stimulationselektroderna över handledens och fingrarnas sträckarmuskulatur.

Stimulatorn startas i de här fallen med en kontakt som manövreras genom en skulderrörelse. Metoden har prövats i Jönköping på EFTO (8) och rehabilite-

ringskliniken på 31 patienter. Även här beskriver man en tydlig påverkan på spasticitet, att händerna blir mjukare och varmare. Hos ett par av patienterna fick man dessutom ett mer funktionellt grepp av handen, men det var tydligen inte något påfallande fynd hos de övriga.

Låt mig sluta med att påminna om en av den funktionella elektriska stimuleringens pionjärer i Sverige. Han var kyrkoherde i Släp i Halland och hette Gustav Fredrik Hjortberg och hade i 1700-talets senare hälft en stor elektrisk praktik (14). Han arbetade med elektricitetsmaskin och Leidnerflaska och kunde på så sätt åstadkomma kraftiga elektriska stötar. Med sådana och med kallt vatten från prästängens uppgav han sig bota "benvärk och styva senor", onekligen en suggestiv uppgift i det här sammanhanget. Hans rykte gick vida omkring och man kan t o m säga, att han hade en viss internationell ryktbarhet. Han beskriver sålunda hur han hade besök av tre norrmän. "De fingo goda svenska elektriska stötar så att de svettade och raglade därvid".

REFERENSER

1. Carnstam B, Larsson L-E och Prevec T S: Improvement of gait following functional electrical stimulation. *Scand J Rehab Med* 1977;9:7-13.
2. Cook A W och Weinstein S: Chronic dorsal column stimulation in multiple sclerosis. *New York State J Med* 1973;73:2868-2872.
3. Dillner L, Georgiev G och Karsznia A: Our experiences from 100 patients fitted with peroneal muscle stimulators. EFTO-report nr 5, 1980.
4. Dimitrijevic M R, Gracanic F, Prevec T och Trontelj J: Electronic control of paralyzed extremities. *Neurophysiological considerations Biomed Eng* 3:8-14:1968.
5. Dimitrijevic M R, Dimitrijevic M M, Sherwood A M och Faganel J: Neurophysiological evaluation of chronic spinal cord stimulation in patients with upper motor neuron disorders. *Int Rehab Med* 1980;2:82-85.
6. Ebefors I och Lundmark P: En studie över patienters positiva och negativa erfarenheter av peroneusstimulatorer EFTO-rapport nr 127, 1984-05-21. Rehabiliteringskliniken Jönköping.

7. *Forssberg H och Grillner S*: The locomotion of the acute spinal cat injected with clonidine i.v. *Brain Res* 1973;50:50:184–186.
8. *Georgiev G, Karsznia A och Dillner S*: Funktionell elektrisk stimulering av den paretiska handen. *Läkartidningen* 1981;78:2220–2221.
9. *Grillner S och Zangger P*: On the central generation of locomotion in the low spinal cat. *Exp Brain Res* 1979;34:241–261.
10. *Jakobsson M och Larsson L-E*: Funktionell elektrisk stimulering av n fibularis hos patienter med centrala pareser *Läkartidningen* 70:2227–2230:1973.
11. *Larsson L-E mfl*: Kliniska prov med LIC-stimulator för funktionell elektrisk stimulering under gång hos patienter med centrala pareser i benen. Rapport till Socialstyrelsen 1976-01-07.
12. *van Leeuwen H J Vredendregt J*: A muscle stimulator for hemiplegic patients. *Philips Tech Rev* 30:23–24:1969.
13. *Liberson W T, Holmquest H J, Scot D och Dow M*: Functional electrotherapy: Stimulation of the peroneal nerve synchronized with the swing phase of the gait of hemiplegic patients. *Arch Phys Med Rehabil* 42:101–105:1961.
14. *Lindroth S*: Vardagsro och söndagslust. Kring Hjortbergstavlan i Släps kyrka. *Lychnos* 1956. Almqvist och Wiksell, Uppsala.
15. *Stefanic M, Kralj A, Turk R, Baid T, Benko H och Sega*: Neurophysiological background of the use of functional electrical stimulation in paraplegia. *Electromyogr clin Neurophysiol* 26:423–435:1986.
16. *Vodovnik L, Dimitrijevic M R, Prevec T och Logar M*: Electronic walking aids for patients with peroneal palsy. *World Med Electronics* 4:58–61:1966.

Vår kunskap kan ge dej ett rikare liv.

Vi är proffs på företagsförsäkring,
inkomstplanering, förmögenhetsanalys
och givetvis person- och sakförsäkringar.

Hör av dej till Team Skandia.

Det tjänar du på!



SKANDIA