

# Når reflekser sæt

I 2010 præsenterede forskere ved Aalborg Universitet en ny metode, der ved aktivering af afværgerefleksen, kan hjælpe med til at få delvist lamme til at gå normalt igen. Vi kigger her nærmere på metoden og dens muligheder.

## Forfattere



Ole Kæseler Andersen  
dr. scient.,  
ph.d.,

Professor  
oka@hst.aau.dk



Erika G. Spaich  
Lektor

espaich@hst.aau.dk



Carsten Dahl Mørch,  
lektor

cdahl@hst.aau.dk

Alle ansat ved Center for Sanske Motorisk Interaktion, Institut for Medicin og Sundhedsteknologi, Aalborg Universitet

Når man træder på en skarp sten på stranden med bare tæer, går det stærkt med at få fjernet foden. Kroppens reaktion på den slags smerte udløser nemlig en afværgerefleks, der er kroppens instinktive metode til at undgå smerte. Denne afværgerefleks har vist sig at være yderst nyttig i en helt anden sammenhæng – nemlig i forbindelse med genoptræning af mennesker, der har fået halvsidig lammelse efter et slagtilfælde. De sidste år har vi ved Aalborg Universitet arbejdet på en metode, hvor man ved at give sådanne patienter elektriske stød under fødderne kan hjælpe dem med at lære at gå normalt igen.

I samarbejde med Brønderslev Rehabiliteringscenter har vi påvist, at metoden resulterer i bedre gangfunktion efter et fire ugers terapiforløb, hvor den daglige gangtræning var støttet af elektriske stimulationer. Da resultaterne blev kendt skabte det stor offentlig interesse om metoden – fx blev den kåret af brugerne af Videnskab.dk som årets danske forskningsresultat i 2010.

## Reflekser hjælper på vej

Hvis man har fået lammelser i den ene side fx efter et slagtilfælde, vil benet være svært at løfte i den lammede side, og foden slæbes efter kroppen.

Man har længe arbejdet med metoder, der via kortvarige elektriske stimulationer kan hjælpe sådanne patienter. Den traditionelle tilgang er at aktivere udvalgte muskelgruppe direkte med elektriske signaler, hvormed man kan opnå en kontrolleret styring af en bevægelse. Med denne metode stimuleres muskelfibrene dog på en unaturlig måde, hvilket bl.a. betyder at musklerne hurtigt bliver trætte.

Derudover er det med den traditionelle tilgang svært at opnå en tilstrækkelig bøjning af hoftelæddet og dermed få løftet benet højt nok i gangbevægelsen. Flexor-musklerne omkring hoftelæddet, der sørger for hoftøbøj under gang, er nemlig placeret relativt dybt og er dermed vanskelige at stimulere med elektroder sat på huden.



# ter i gang

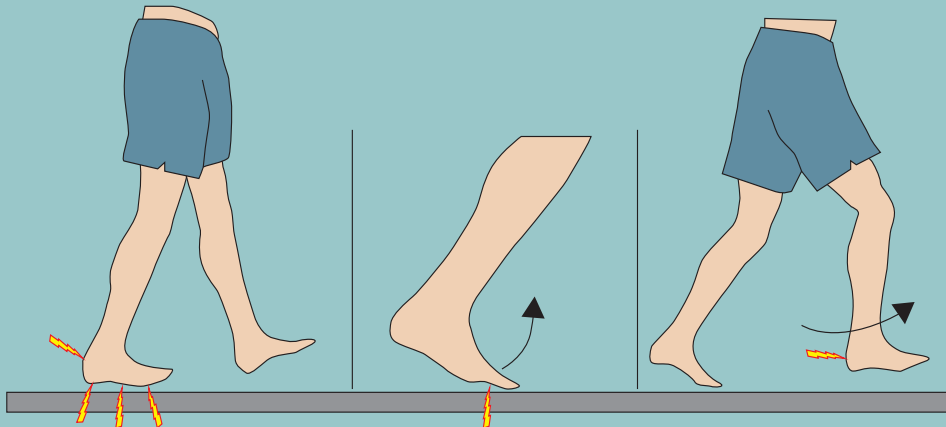


Et tryk på knappen og en refleks kan aktiveres via en elektrode sat fast under foden.

## Vurdering af genoptræningsmetode

Når man vurderer effekten af genoptræningsmetoden støtter forskerne sig dels til subjektive vurderinger af de terapeuter, der arbejder med patienterne. De oplever således på egen krop, hvor meget støtte patienten har brug for – hvor yderpunkterne i sagen natur går fra overhovedet ikke at kunne gå til at kunne gå "normalt" uden støtte.

I tillæg til dette måler forskerne fra Aalborg Universitet på en række faktorer, der giver nogle kvantitative mål for gangfunktionen, der kan sammenlignes over tid og fra patient til patient. Man kan fx måle på, hvor lang tid det tager at svinge benet, og sensorer placeret på hofte-, knæ- og ankelled kan måle bevægelsen af leddene i form af en vinkelændring. Endelig er der også simple mål, som hvor hurtigt en patient går en given strækning samt tophastighed.



Med elektroder sat under fodsålen, kan der gives elektrisk stød. Timing og antal af stød tilpasses den enkelte patients behov

Oftest gives de første stød lige efter, at hælen er løftet

Stød under fodsålen kan få foden til at svinge op og dermed modvirke dropfod

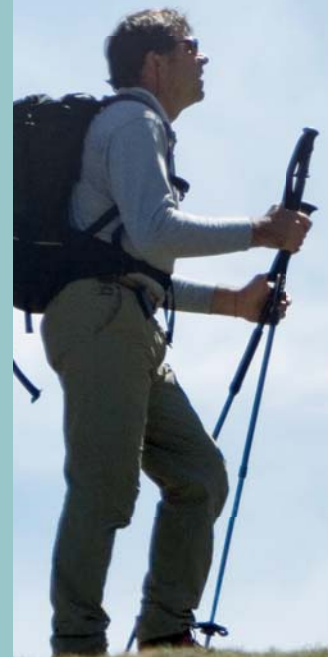
Stød bag på anklen vil få knæleddet til at rette ud og benet til at svinge frem

## Hvilke patienter kan få glæde af behandlingen?

Patienter med apopleksi – dvs. som er delvist lammede efter et slagtilfælde – vil være nogle af de mest oplagte, der kan få glæde af den beskrevne metode til ganggenoptræning. Muligvis kan andre patienter med hjerneskader, der er opstået efter ulykkestilfælde som trafikuheld eller drukneulykker, hvor hjernen har været uden ilt i en periode også have fornøjelse af metoden, men dette er endnu ikke undersøgt.

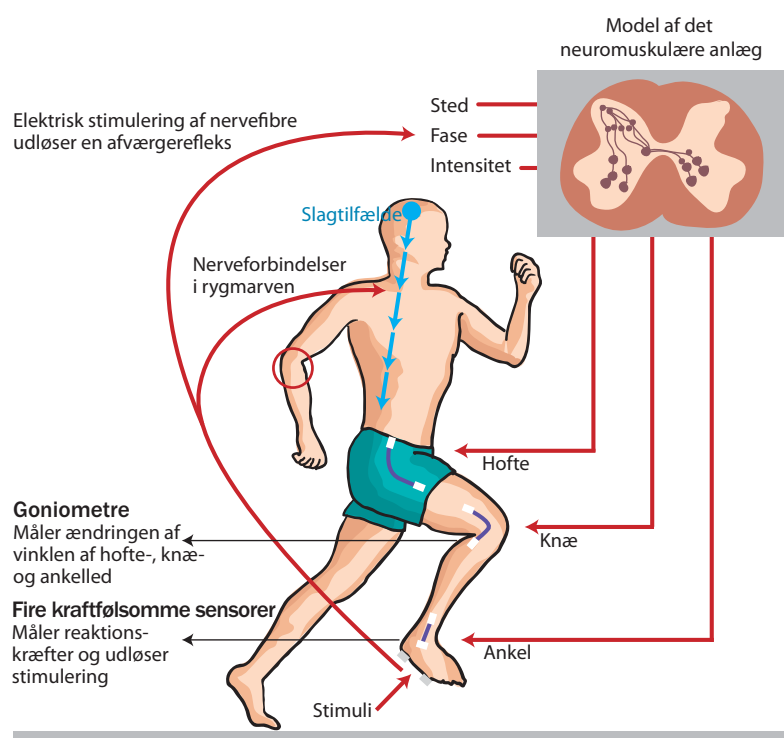
For sådanne patienter gælder, at rygmarvsreflekserne ofte vil være rimeligt intakte, da skaderne typisk vil være på centre i hjernen. Man kan derfor udnytte den intakte del af nervesystemet til at kompensere for den manglende hjernekontrol.

I princippet kan metoden også bruges til patienter, der har fået skader på rygmarven efter ulykkestilfælde. Her er situationen en anden, da smertefornemmelsen kan være kraftigt nedsat pga. skaden. Men afværgereflexen fungerer oftest stadigvæk omend typisk af en anden styrke og oftest ses også ændringer i følsomheden overfor, hvor hurtigt kroppen vænner sig til elektriske stimulationer. Til gengæld kan man ikke på samme måde genoptræne hjernen, da problemet netop er skaden på rygmarven. Derfor vil metoden i sådanne tilfælde skulle udvikles til at være et mere permanent hjælpemiddel.



Men her er det så, at afværgerefleksen kommer ind i billedet. Afværgerefleksen kan udløses ved stimulering af sensoriske fibre i foden, og det udløser en refleks i rygmargen, som aktiverer flere muskler på en gang – deriblandt de muskler, der er svære at aktivere via elektroder på huden.

I udlandet har forskere også arbejdet på at udvikle sådanne refleksbaserede metoder til at hjælpe rygmargsskadede patienter med at gå. Det nye i vores metode er således hverken princippet i at anvende strøm til at hjælpe patienterne eller at udnytte afværgerefleksen, men den måde reflekserne fremprovokeres på.



Konkret går metoden ud på at give patienterne kortvarige elektriske stød via elektroder sat forskellige steder under fodsålerne. Den resulterende refleksbevægelse minder til forveksling om en skridtfunktion. Det afgørende ved vores metode er, at der gives stød forskellige steder under fodsålen. Afhængig af det præcise tidspunkt i gangcyklussen, stimulationsstedet og stimulationsintensiteten vil refleksfunktionen bestemme, hvilken bevægelse det lamme ben vil foretage. Således kan refleksen hjælpe med at få benet løftet højt nok, svinge det fremad og få foden til at vippe opad (modsat drop-fod) som ved normal gang.

Udover, at de elektriske stød med den rette styring kan udmønte sig i en naturlig gangbevægelse, så udtrættes musklerne heller ikke så hurtigt som ved direkte stimulation af den enkelte muskel.

### Hjernen skal genoplæres

Vi har udviklet et apparat, der giver stød på typisk mellem 100 og 200 volt af en varighed på 20 millisekunder. Det gør ondt at få sådanne stød (ellers ville man jo heller ikke kunne udløse en afværgerefleks!).

Hvis man over længere tid giver elektriske stød det samme sted, vænner kroppen sig dog til smerten, og derfor vil man over tid opleve, at effekten gradvist bliver mindre. Det betyder, at metoden ikke er velegnet som et permanent hjælpemiddel, men som et værktøj i en genoptræningsperiode, hvor en patient skal lære at gå igen efter en ulykke eller slagtilfælde. Så snart patienten er stabil efter slagtilfældet, kan man starte genoptræningen og bruge refleksteknologien som støtte. Patienten skal

## Elektrisk stimulation kortsletter nervefiberens cellemembran

Elektrisk stimulation udnytter nervefibrenes elektriske egenskaber til at aktivere dem kunstigt. Når et sæt elektroder sættes på huden tvinges strømmen gennem huden og det underliggende væv. Strømmen ændrer det elektriske potentiale i vævet omkring nervefiberen og dermed ændres det elektriske potentiale over nervefiberens cellemembran.

Hodgkin og Huxley viste allerede i 1952, at ionkanaler placeret i cellemembranen er ansvarlige for at lave og transmittere aktionspotentialer. Det er netop sådanne spændingsafhængige natriumkanaler, der aktiveres ved elektrisk stimulation. For at forstå, hvilke typer nervefibre der aktiveres, er det derfor vigtigt at forstå, hvordan stimulationen ændrer potentialet i vævet, og hvordan nervecellernes membranpotentiale ændres som konsekvens. Til dette bruges ofte matematiske modeller. En "finit element" model, som beskriver strømmen gennem vævet, kombineres med en simplificeret udgave af

Hodgkin og Huxley originale model for hvert punkt på nervefibrer, hvor en aktivering kan forekomme. På den måde kan man beskrive, hvordan forskellige typer fibre med forskellig morfologi og elektriske egenskaber aktiveres af en given elektrisk stimulation.

For at udløse en afværgerefleks er det nødvendigt at aktivere de smertemedierende A $\delta$ -fibre. Aktivering af de ikke-smertemedierende A $\beta$ -fibre har ligeledes en dæmpende effekt på smertesystemet (det er derfor, man ryster hånden hvis man brænder den). Det er derfor en fordel ikke at aktivere A $\beta$ -fibre, når man vil fremprovokere afværgerefleksens gentagne gange i forbindelse med ganggenoptræning.

Modellerne kan også bruges til at undersøge optimale stimulationsparametre (elektrodestørrelse, pulsbredde, pulsform mv.) for udløsning af afværgereflekserne.



selv forsøge at gennemføre bevægelsen, idet de elektriske stimulationer blot sikrer, at bevægelsen reelt kan gennemføres.

Man kan således sige, at det er hjernen, der er målet for genoptræningen. Hvis man i genoptræningsperioden bliver nødt til at udvikle en kompenserende gang på grund af de begrænsninger, lammelserne giver, så vænner hjernen sig til denne unormale gang, som kan være svær at aflære igen. Det betyder derfor meget for det endelige resultat – og dermed for patienternes livskvalitet – at man så tidligt under genoptræningen som muligt kan udføre en naturlig gangbevægelse.

### Fra metode til produkt

Vi arbejder nu på at finde de optimale måder at sætte strøm til patienterne – fx at identificere de bedste steder at placere elektroderne og systematisk at analysere, hvor meget strøm, der skal til og hvor lang varighed stødene skal have for at opnå det bedste resultat for den individuelle patient. Ved hele tiden at ændre på placeringen af stimulationerne kan man også opnå, at det tager længere tid for kroppen at vænne sig til stødene. Dermed kan man forlænge den periode, metoden er effektiv.

Hvor lang tid et optimalt genoptræningsforløb vil vare, ved vi ikke endnu. Men vi forestiller os, at et typisk forløb vil være, at en patient modtager 30 minutters gangtræning dagligt med støtte af elektriske stimulationer og fysioterapi efter behov.

Efter nogle ugers terapiforløb er patienten forhåbentlig kommet sig så meget, at effekten af behandlingen overtrumfer ubehaget ved at få stød under

fødderne og behovet for støtte fra de elektriske stimulationer er blevet mindre i takt med, at gangfunktionen er forbedret.

Forskernes ambition er at udvikle et kommercielt produkt, som vil give både fysioterapeuter på specialiserede rehabiliteringscentre og privatpraktiserende fysioterapeuter mulighed for at tilbyde patienter bedre ganggenoptræning.

På nuværende tidspunkt kræver forsøgene, at en fysioterapeut udløser de elektriske stød, mens en anden hjælper og støtter patienten.

Det er klart, at et kommercielt apparat skal kunne fungere automatisk, så fysioterapeuten kan have sin fulde opmærksomhed på patienten.

Fx skal apparatet gerne være batteridrevet, så man undgår ledninger, og dels skal der være en automatisk styring, så de elektriske stød bliver givet på det rigtige tidspunkt og dermed tilpasses den enkelte patient. Dette kan fx baseres på, at en simpel kontakt i skoen registrerer, hvornår foden bliver løftet – eller en mere avanceret løsning kan være, at apparatet ved hjælp af mere avancerede sensorer (accelerometre, gyroskop, m.m.) registrerer gangcyklus og samtidig muliggør vurdering af refleksernes styrke og justerer stødene derefter. Apparatet skal også kunne til- og frakobles lynhurtigt, og sidst men ikke mindst, skal det være sikkert at bruge for både patient som terapeut, da der jo er tale om apparatur, der kan give et pænt kraftigt elektrisk stød. ■

### Videre læsning

Mørch, C.D., Hennings, K., Andersen, O.K. (2011): Estimating nerve excitation thresholds to cutaneous electrical stimulation by finite element modeling combined with a stochastic branching nerve fiber model. *Med.Biol.Eng Comput.* 49 (4):385-395, 2011.

Emborg, J. et al (2011): Design and Test of a Novel Closed-Loop System That Exploits the Nociceptive Withdrawal Reflex for Swing-Phase Support of the Hemiparetic Gait. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 58, NO. 4. pp960-970.

Spaich, E.G., Svaneborg, N., Andersen O.K. (2011): Withdrawal Reflex-Based Gait Training in the Subacute Post-Stroke Phase: Preliminary Results. *IFMBE Proceedings Vol. 34.*

Elektrode placeret under foden.



### Matematisk model for elektrisk stimulation

Et tværsnit af en matematisk model for elektrisk stimulation af huden gennem to runde elektroder med en diameter på 10 mm og en indbyrdes afstand på 20 mm.

Baggrundsfarven indikerer det elektriske potentiale i dermis (læderhuden) og det subkutane væv ved en elektrisk stimulation på blot 1 V.

Et eksempel på en A $\beta$ -fiber viser, hvordan nervefibren forgrener sig, og et eksempel på en A $\delta$ -fiber viser, at disse fibre først forgrener sig i de øverste lag af huden. Farven på kuglerne indikerer nervecellernes membranpotentiale, som det elektriske potentiale i vævet har forårsaget.

Hvis membranpotentialet overstiger nervefiberens tærskel fx 20 mV aktiveres fiberen, og på den måde kan man beregne, hvilke nervefibre der aktiveres ved en given stimulationsstyrke.

