



# De robot- revolutie

Willen is kunnen, roepen Emile Ratelband en consorten te pas en te onpas. Dankzij de neurowetenschap wordt het nu dan toch werkelijkheid: wie volledig verlamd is kan al muziek maken en binnenkort zijn eigen rolstoel bedienen. Zelfs lopen lijkt niet meer uitgesloten. TEKST: EDWIN ODEN BEELD: XF&M

Tamelijk afschrikwekkend ogen de foto's en filmpjes die neurowetenschapper John Donoghue en zijn collega's van Cathy Hutchinson (58) maakten. In haar schedel heeft ze een forse stekker zitten die haar motorische gedachten ('omhoog', 'naar links', 'van me af', 'snel') naar een computer stuurt. Het snoer dat uit haar hoofd komt mag dan niet bepaald aangenaam ogen, sinds ze haar brein liet aansluiten op de computer is er een wereld voor Hutchinson opengegaan. Na een hersenbloeding, waarbij ze vanaf haar nek verlamd raakte, was ze vijftien jaar lang volledig afhankelijk van anderen. Nu kan ze met haar gedachten de wereld weer een beetje beïnvloeden. De onderzoekers zijn nog lang niet tevreden, want de be-

wegingen van de robot zijn nog veel te schokkerig omdat de hersensignalen nog niet vlekkeloos worden opgevangen. Maar toch, het is een begin.

## Aapjes met marshmallows

Over de hele wereld zijn neurowetenschappers de afgelopen tien jaar bezig met BCI: *brain-computer interface* ('koppeling'). Bij mensen die grotendeels zijn verlamd, wordt een minuscuul siliciumplaatje met daarop ongeveer honderd elektroden op een paar millimeter diepte in hun motorische cortex geïmplanteerd, midden-boven in het brein. De patiënt hoeft maar korte tijd te trainen en dan kunnen de elektroden al de elektrische signalen van individuele motorneuronen oppikken. Denkt hij of

zij bijvoorbeeld aan een beweging omhoog, dan vuren de desbetreffende motorneuronen en vangen de elektroden dat op. Een computer verstuurt de boodschap vervolgens naar een robot die de beweging maakt waar de patiënt aan denkt. Puur en alleen met je gedachten apparaten aansturen: het is werkelijkheid geworden.

Cathy Hutchinson was een paar jaar geleden een van de eerste mensen bij wie de techniek werd getest – daarvoor waren het resusaapjes die vastgesnoerd aan een stoel en met een stekker in hun hoofdjes, een robohand met daarin marshmallows naar hun mond brachten. Aanvankelijk lukte het hoogleraar neurowetenschappen Donoghue en zijn team van de Brown-universiteit in Providence, Rhode Island, om Hutchinson met louter haar gedachten een cursor op een computerscherm te laten bewegen. Maar vorig jaar wist ze met haar gedachten een robotarm te bewegen een thermosflesje koffie te pakken en het naar haar mond te dirigeren, zodat ze er via een rietje een slok van kon nemen. Spontaan applaus bij de onderzoekers en een lach van oor tot oor bij Hutchinson.

Ook in Barcelona wordt geëxperimenteerd met BCI. Neurowetenschapper Sergi Torrellas van het BrainAble Lab: 'Ik merk altijd dat onze patiënten een beetje huiverig zijn als ze voor het eerst

## 'Over twee jaar kunnen patiënten die nu nog in een instelling worden verzorgd, weer zelfstandig wonen'

het laboratorium binnenkomen. Maar na een halfuur training, als ze merken dat de brein-computer-koppeling begint te werken, worden ze al enthousiast. Logisch, dit verrijkt hun leven enorm. Ik verwacht dat deze techniek over een jaar of twee zo ver gevorderd is dat patiënten die voorheen in een instelling werden verzorgd, weer thuis kunnen wonen.'

Bij BrainAble worden de breinsignalen niet opgevangen met geïmplanteerde elektroden, zoals bij Brown in Providence, maar met EEG-signalen. Het voordeel is dat daarbij niet in de hersenen hoeft te worden gesneden. De patiënten dragen een mutsje met ultragevoelige detectoren, die dwars door de hoofdhuid en schedel heen elektrische signalen van de motorneuronen oppikken. Het nadeel is dat EEG-signalen meer ruis hebben dan de rechtstreekse signalen die een implantaat opvangt – vergelijk het met een concert beluisteren op de eerste rij van de grote zaal van het

Concertgebouw, of buiten op straat staan en proberen te ontcijferen wat het orkest binnen aan het spelen is.

### Pianotoetsen aansturen

Zelf muziek maken met je brein lijkt ondenkbaar, maar Eduardo Miranda van de universiteit van Plymouth heeft een apparaat ontwikkeld waarmee het kan. Een proefpersoon zit met een EEG-mutsje op voor een computerscherm met vier knoppen die werken als een pianotoets. Richt de proefpersoon zijn aandacht op een daarvan, dan pikken de EEG-sensoren dat op en zet de computer die toets en bijbehorende toon 'aan'. Het EEG kan ook registreren dat iemand zich sterker concentreert op de knop: dan klinkt de toon luider. De computer pikt de EEG-signalen uit het brein vrij snel op, soms al binnen een seconde. Vandaar dat op deze manier eenvoudige muziek kan worden gemaakt. Miranda: 'We hebben dit systeem gegeven aan een patiënte met het locked-in-syndroom. Elke dag speelt ze eenvoudige melodietjes. Muzikaal stelt het niet zoveel voor, maar zij heeft het gevoel dat ze de controle terug heeft, en daar gaat het om.'

Ook al ziet hij muziek-BCI als een doorbraak, Miranda verwacht niet dat het in de toekomst mogelijk zal zijn er hele symfonieën mee te spelen. Miranda: 'Wat onze patiënte nu doet, is focussen op één knop uit een rijtje van vier. Bij een instrument spelen komt zoveel meer kijken – neem alleen al de emoties. Het opvangen van motorische signalen uit het brein is relatief eenvoudig, maar hoe moet het met emoties? Dat zijn uiterst ingewikkelde processen waarbij allerlei hersengebieden betrokken zijn. Het lijkt alsof het hele brein bij muziek maken is betrokken: het emo-

tionele brein, motorische gebieden, gebieden voor planning en controle, ga maar door. Dat kun je onmogelijk allemaal nauwkeurig opvangen met een EEG-mutsje of een setje elektroden.'

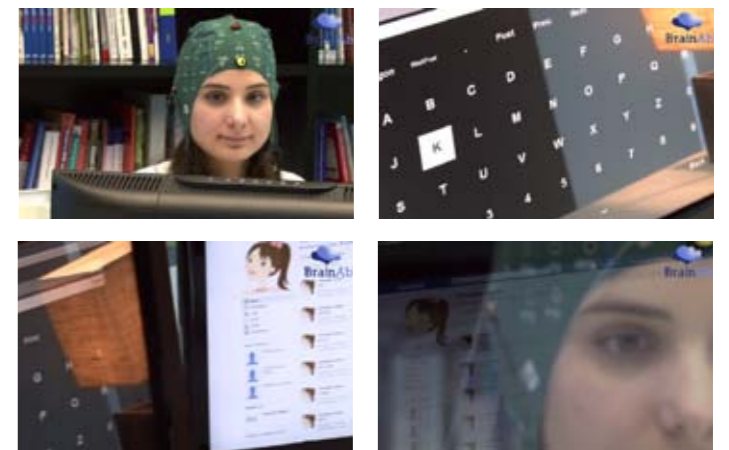
### Zware mentale inspanning

Hoogleraar biomechatronica en biorobotica Frans van der Helm van de TU Delft heeft ook zijn bedenkingen bij de bestaande BCI-systemen. 'Een robot heeft feedback van zijn omgeving nodig, anders ligt hij al bij het eerste het beste kiezelsteentje dat hij op zijn weg vindt ondersteboven. De huidige BCI-systemen hebben nog een gebrekkige terugkoppeling. Daardoor werken ze veel te langzaam en schokkerig, en vragen ze veel mentale inspanning van een patiënt. Iemand als Cathy Hutchinson moet de robotarm met haar ogen steeds scherp in de gaten houden, om te kijken of hij doet wat zij wil. Een echte arm daarentegen stuurt allerlei informatie die huid, spieren en pezen uit de omgeving ontvangen, terug naar de sensorische cortex die weer in verbinding staat met de motorische cortex; daardoor kun je soepel en effectief alle gewrichten van je arm tegelijkertijd bewegen. Anders grijp je zo vijftien centimeter naast je kopje koffie.'

In Amerika zijn al stimulatie-elektroden in de sensorische cortex van apen geïmplanteerd om dit probleem het hoofd te bieden. Van der Helm: 'Maar een paar elektroden kunnen natuurlijk nooit de hoeveelheid informatie naar de hersenen brengen die vijftienduizend sensorische neuronenvormen leveren. BCI blijft vooralsnog een trage, houderige bedoening. Er zijn nog een aantal doorbraken nodig voordat het echt wat wordt.'

### Robotbenen

Van der Helm is bezig met het ontwikkelen van een 'exoskelet', een soort pak van robotbenen dat verlamde mensen moet helpen weer te lopen. 'Patiënten sturen dat exoskelet aan met elektrische signalen die we direct uit hun spieren opvangen. Ook wij kampen met het probleem dat het voor patiënten



## Veronika typt met haar gedachten

Veronika (22) is 90 procent verlamd door een motorongeluk waarbij haar ruggemerg werd beschadigd. Haar ogen kan ze nog bewegen. Daarom leert ze in het BrainAble Lab in Barcelona te typen met haar gedachten, zodat ze met anderen kan chatten. Het mutsje bevat ultragevoelige detectoren die EEG-signalen van de motorische neuronenvormen oppikken. Deze techniek, BCI, staat nog in de kinderschoenen: Veronika moet zich op elke letter apart concentreren voordat de computer hem 'pakt'. Eén zin typen vergt al snel een uur.

Voor dusdanig verlamde patiënten bestaan al jarenlang lasersystemen waarmee ze zestig aanslagen per minuut kunnen halen. Maar, zo verwacht neurowetenschapper Sergi Torrellas van BrainAble: 'Typen via BCI zal in de toekomst een stuk sneller gaan; de techniek wordt nog beter.'

Ook onderzoekers van de Universiteit Maastricht zijn bezig verlamde mensen via hun gedachten woorden te laten typen; niet via implantaten of EEG-signalen, maar via een fMRI-scanner. Die is nog niet zo verfijnd dat hij bijvoorbeeld de gedachten aan een 'a' kan oppikken. Daarom krijgen proefpersonen de opdracht elke letter te koppelen aan een specifieke gedachte. Bij de A moeten ze bijvoorbeeld in hun hoofd een bepaald gedicht opzeggen, bij de B een bepaalde tekening maken, enzovoort. Zo ontstaat bij elke letter een specifiek patroon van hersenactiviteit dat door de fMRI-scanner wordt gemeten en doorgestuurd naar de computer, die er letters van maakt.

Nu kost het nog een uur om deze manier twee korte zinnen te schrijven. De verwachting is dat het tempo omhoog kan wanneer er apparatuur wordt ontwikkeld die rechtstreeks letters uit het brein kan lezen.

enorm inspannend is ermee te lopen. Ze moeten zich nog veel te hard concentreren om de juiste opdrachten door te sturen naar de robot.'

Zullen we in de toekomst de symfonie van de miljarden neuronenvormen in ons brein met een computer kunnen registreren, in plaats van het handjevol signalen dat we nu kunnen opvangen? John Donoghue

van de Brown-universiteit betwijfelt het. 'Elke gedachte van een mens leidt tot een uniek patroon dat wijd verspreid is over miljoenen neuronenvormen,' zegt hij in het Amerikaanse tijdschrift *The Atlantic*. 'De details van je gedachten zitten in dat specifieke patroon. Het is onmogelijk dat ooit met een computer exact na te bootsen.' ■

Bronnen o.a.: Behavioral and neural correlates of visuomotor adaptation observed through a brain-computer interface in primary motor cortex, Journal of Neurophysiology, 2012. / The effect of distinct mental strategies on classification performance for brain-computer interfaces, International Journal of Psychophysiology, 2012.