



Klinisch fysicus in opleiding Maurice Janssen demonstreert hoe het kunstmatig evenwichtsorgaan wordt gedragen.

# Meer balans door kunstmatig evenwichtsorgaan

Jos van Cann

Mensen kunnen uit hun evenwicht zijn. Psychisch en lichamelijk. Dat laatste ondervinden patiënten waarvan een groot deel van de evenwichtsorganen is uitgevallen. Zij hebben een sterk verminderd houdingsevenwicht. Om dit bij deze patiënten te verbeteren, heeft Maurice Janssen, klinisch fysicus in opleiding in het azM en werkzaam bij biomedische technologie (BMT), in samenwerking met de IDEE van de Universiteit Maastricht de Vibrotactile Labyrinthine substitution System (VLS) ontwikkeld. De VLS biedt patiënten informatie over de richting van de zwaartekracht ten opzichte van het lichaam door trilelementen die worden aangebracht rondom het middel. Op die manier kunnen ze tijdig hun houding corrigeren. De VLS is een eerste stap naar een vestibulair (evenwichts-) implantaat.

Het bewaren van het evenwicht is een complex proces waarbij verschillende zintuigen een rol spelen. Daarbij gaat het niet alleen om de evenwichtsorganen, maar ook om zicht, gehoor en proprioceptieve informatie (druksensoren in de huid). Integratie in de hersenen van de signalen uit deze zintuigen bepalen het houdingsevenwicht, de beeldstabilisatie en ruimtelijke oriëntatie. Bij uitval van een of meerdere zintuigen, of bij interpretatie van ogenschijnlijk tegenstrijdige informatie kunnen instabiliteit, misselijkheid en/of duizeligheid ontstaan, afhankelijk van centrale adaptatie- en leerprocessen.

Aan beide zijden van het hoofd bevinden zich in het binnenoor twee labyrinten met het gehoor- en het evenwichtsorgaan. Deze evenwichtsorganen geven informatie over zowel lineaire- als rotatieversnellingen van het hoofd. Indirect verschaffen ze informatie over de stand van het lichaam ten opzichte van de zwaartekracht en de rotatiesnelheid van ons hoofd. De evenwichtsorganen bestaan ieder uit drie kanalen en een statolietensysteem. Laatstgenoemde detecteert lineaire (horizontale en verticale) versnellingen en is vooral belangrijk voor het houdingsevenwicht. De kanalen detecteren rotatieversnellingen, die vooral belangrijk zijn voor de beeldstabilisatie. Beide systemen samen spelen een grote rol bij onze ruimtelijke oriëntatie.

## Houdingsevenwicht

Patiënten waarbij tweezijdig het statolietensysteem is uitgevallen, hebben moeite om hun houdingsevenwicht te realiseren. Daarvoor moeten zij, voor zover mogelijk, terugvallen op informatie uit de overgebleven andere zintuigen. Als vervolgens nog een zintuig uitvalt (bijvoorbeeld de ogen in het donker), hebben zij grote moeite rechtop te blijven staan of te lopen. Voor deze groep patiënten is de Vibrotactile Labyrinthine substitution System (VLS) ontwikkeld door de groep vestibulologie van de afdeling KNO van het azM in samenwerking met de afdeling Instrument Development Engineering en Evaluation (IDEE) van de Universiteit Maastricht.

Patiënten met een bilaterale vestibulaire areflexie of bilaterale vestibulaire hypoflexie hebben aan beide kanten van het hoofd een respectievelijk totale of gedeeltelijke uitval van het evenwichtsorgaan. Dit resulteert in duizeligheid en misselijkheid, maar ook valt de oriëntatie in de ruimte weg, net als de stabilisering van het beeld en de houding. Zo'n patiënt kan dan nog

maar één ding tegelijk, zoals lopen, maar kan daar geen tweede ding meer bij doen. Bij sommige patiënten is de handicap zo sterk dat ze zo niet verder meer willen blijven leven.

Mensen met dit soort problemen komen inmiddels vanuit de hele wereld terecht bij de vestibulaire afdeling van de KNO-afdeling. "Daar kunnen we in het evenwichts- en bewegingslab op basis van een aantal, binnen onze kliniek ontwikkelde, geavanceerde diagnostische tests de functiestoornissen tot in detail in kaart brengen", zegt Maurice Janssen. "Als er sprake blijkt van een bilaterale vestibulaire areflexie of ernstige hypoflexie, dan kon daar tot op heden niets aan worden gedaan. Wel bleek het bij deze patiënten erg belangrijk te zijn om uit te leggen hoe de ernstige handicaps die zij ervaren, samenhangen met de sterk gestoorde of afwezige functie van de beide evenwichtsorganen."

## GSM

Ir. Maurice Janssen studeerde technische natuurkunde en is nu in opleiding tot klinisch fysicus. Zijn opleider is Jos Reulen (klinische neurofysiologie azM) en Herman Kingma (capgroep keel- neus- en oorheelkunde van de UM) is verantwoordelijk voor het onderzoeksgedeelte in die opleiding. "Het idee voor de VLS is niet uit de lucht komen vallen. Herman had daar een aantal ideeën over, maar hij zocht iemand om die uit te kunnen werken. In het verleden is al van alles geprobeerd om deze patiënten te helpen, bijvoorbeeld met behulp van visuele of geluidsfeedback. Maar dat werkte niet echt. Vibrotactiele feedback, met behulp van trilling op de huid, had een ander probleem. De sensoren die daarvoor nodig waren, bleken te groot te zijn, niet los van een pc te functioneren en teveel stroom te verbruiken. De ideeën waren er dus wel, maar ze konden nog niet worden gerealiseerd. De GSM bracht uitkomst want die kan op energetisch gunstige wijze trillen."

Op het vlak van de sensoren ging de ontwikkeling ook door. Janssen: "Het bedrijf McRoberts waarmee Herman al heel lang samenwerkt, was er inmiddels in geslaagd een sensor te maken die heel klein is, weinig (batterij)stroom verbruikt en bovendien, wat belangrijk is, heel stabiel blijkt. In dit geval blijkt 1 en 1 dan 3. De sensor wordt op het lichaam (op de rug) geplaatst waardoor die waarneemt wat de stand van het lichaam is. Door het induwen van een knopje kan de patiënt de referentiewaarde ingeven als hij rechtop staat. De sensor

neemt een afwijking waar, geeft die door aan de processor. Deze berekent vervolgens de afwijking van de referentiewaarde en geeft een signaal af naar een tweede band, die om het middel van de patiënt zit. Daarin zitten een twaalfstal actuatoren, 'trillertjes', verwerkt waardoor de patiënt weet hoe hij moet reageren. Als een patiënt naar voren neigt of dreigt te vallen, gaan de 'trillertjes' aan de voorkant vibreren waardoor hij weet dat hij meer naar achteren moet. We hebben hierbij gekozen voor het 'avoiding principle', het ontwijkgedrag." Alle energie voor de VLS komt uit een batterij, en ook de processor, die gebaseerd is op een miniatuur PC, werkt volledig autonoom. "Dat was ook een belangrijk uitgangspunt. Het geheel moet natuurlijk ook comfortabel zitten. Je zou het kunnen vergelijken met een hartslagmeter die je tijdens het fitnessen draagt. Daarom kan de patiënt de batterij in een van de banden dragen, maar ook bijvoorbeeld in een broekzak."

## Pilot

Nadat Janssen alle ideeën en mogelijkheden op een rijtje had, werd gestart met het ontwerpen van een prototype. Jos Aarts van de IDEE had het eerste exemplaar aan het einde van de zomer van 2004 klaar. "Eerst hebben we gekeken of het allemaal wel functioneerde zoals we wilden en vervolgens is een proef gestart. Een student biomedische technologie (BMT) heeft bij een twintigtal patiënten metingen verricht. Uit de proef zijn de resultaten inmiddels bekend. Daaruit bleek onder meer dat de klachten van patiënten met een bilaterale vestibulaire areflexie of hypoflexie erg divers zijn. Er zijn patiënten die nauwelijks klachten (meer) hebben en er zijn patiënten die er zwaar door gehandicapt zijn. Daar hebben we nu nog niet op geselecteerd, maar VLS blijkt het beste te werken bij de patiënten met de zwaarste klachten. Dat ligt ook voor de hand, want als er nauwelijks klachten zijn of een patiënt ze zelf kan opvangen, heeft het niet zo veel zin."

De prevalentie, het voorkomen van een bilaterale vestibulaire areflexie of hypoflexie, is momenteel moeilijk aan te geven, erkent Janssen. "Enerzijds zijn er veel mensen met evenwichtsklachten die deze niet als zodanig herkennen en die wij dus ook niet te zien krijgen. Aan de andere kant is het ook zo dat dit systeem het meeste effect heeft bij de meest ernstig gehandicapte patiënten. Je kunt echter, denk ik, een vergelijking maken met de toepassing van de cochleaire implantaten (een implantaat

dat de gehoorzenuw elektronisch stimuleert, red.). Ook daarvan werd in eerste instantie gezegd dat die alleen beschikbaar waren voor een beperkte groep patiënten. Het aantal patiënten dat in aanmerking komt voor zo'n systeem zou dus in de toekomst nog wel eens sterk kunnen groeien. De omvang van de groep patiënten is dus moeilijk aan te geven."

Het prototype is nu klaar, de proef afgerond. Hoe nu verder? Wel nu begint de echte studie pas en daarvoor wordt alles in het werk gesteld. "Er moet nog één en ander gebeuren voordat we een model hebben dat de patiënt gemakkelijk in het dagelijks leven kan gebruiken. Zoals bijvoorbeeld de batterij. Die zou je in acht uur moeten kunnen opladen om zestien uur te kunnen gebruiken. Dat soort gebruiksvriendelijke aspecten moeten er nog komen voordat we de VLS in productie nemen", aldus Janssen. "De proef was uitsluitend bedoeld om te kijken of de VLS werkt. We zullen nu nauwkeuriger onderzoek moeten doen naar de effectiviteit en ook kijken of en in welke mate er bijvoorbeeld sprake is van een pla-

cebo effect. Bovendien wordt momenteel het effect van de VLS op de kwaliteit van lopen onderzocht in het bewegingslaboratorium van het azM, zodat zowel statische als dynamische aspecten van de prothese geëvalueerd worden."

### **Vestibulair implantaat**

De VLS is, in zijn ogen, slechts een eerste stap op weg naar een implanteerbaar kunstmatig evenwichtsorgaan, ofwel een vestibular implant (VI), met als voorbeeld de cochleaire implantaten (CI). Bij een VI wordt de feedback niet meer via de proprioceptie (druksensoren op de huid) gegeven, maar direct op de evenwichtszenuw. Voorwaarde hiervoor is echter wel dat de evenwichtszenuw bij de patiënt nog intact is. Om dit te onderzoeken, werd de elektrostimulatie van de evenwichtszenuw als diagnostische test verder ontwikkeld. Op dit onderzoek promoveerde vorig jaar september Suzanne Balter bij Herman Kingma. "Het grote voordeel van terugkoppeling op de evenwichtszenuw is dat er naast houdingsevenwicht ook beeldstabilisatie en ruimtelijke oriëntatie bewerkstelligd kan worden. Dit is van groot belang bij patiën-

ten waarbij de functie van de kanalen in het evenwichtsorgaan is uitgevallen", stelt Janssen tot slot.

"Om uiteindelijk een VI te kunnen realiseren, zijn een aantal miniaturisaties nodig. Voornamelijk de grootte van de sensor, die bevestigd moet worden in of aan de schedel. Om beeldstabilisatie en ruimtelijk oriëntatie te bewerkstelligen, is ook informatie over rotatieversnellingen nodig, waarvoor gyroscopen die rotatieversnellingen meten, gebruikt kunnen worden. Ook zal er in het geval van de VI verdere miniaturisering van voeding en processor plaats dienen te vinden."

Zeer moeilijk, maar niet onmogelijk. En dat vormt de wetenschappelijke uitdaging voor de Maastrichtse evenwichtsafdeling die daarmee nu wereldwijd een leidinggevende rol heeft opgeëist.