

Nawoord

Ik schrijf dit nawoord op de dag van de inauguratie van Barack Obama als nieuwe president van de Verenigde Staten. Dit zijn dagen van grote hoop – de stralende hoop die de campagne en presidentsverkiezing van Obama in ons allemaal heeft opgewekt. In zijn eerste toespraak als president heeft Obama gezegd dat hij ‘wetenschap de plaats wil teruggeven die haar toekomt’. Die woorden zijn uiteraard uit mijn hart gegrepen. *Het spiegelende brein* eindigt ook met een boodschap van hoop, de hoop dat wetenschap en wetenschappelijk denken een belangrijke rol in onze samenleving mogen vervullen.

In dit nawoord wil ik in een korte update geven over de wetenschappelijke vooruitgang en het wetenschappelijk onderzoek op het gebied van spiegelneuronen van het afgelopen jaar. Wetenschap staat niet stil: elke maand worden de resultaten van nieuwe experimenten op wetenschappelijke conferenties openbaar gemaakt en nieuwe wetenschappelijke artikelen in gespecialiseerde tijdschriften gepubliceerd. Een boek wordt echter in een langere tijdspanne geschreven en de overvloed aan nieuwe gegevens, nieuwe bevindingen en nieuwe interpretaties die tijdens het schrijven van *Het spiegelende brein* naar boven zijn gekomen, was een uitdaging voor me. Toen het manuscript zich in de laatste redactiefasen bevond, vroeg ik me dikwijls af: ‘Moet ik deze nieuwe resultaten opnemen, ook al gaat dat ten koste van de structuur van het argument of het ritme van het boek?’ Gelukkig verkeer ik niet langer in die nogal ongemakkelijke positie, en dit nawoord, geschreven in een kort tijdsbestek, is uitsluitend bedoeld om een kijkje te geven in de belangrijkste onderzoeksresultaten die

sinds de publicatie van het boek zijn verschenen.

Er zijn zoveel verschillende onderzoeken uitgevoerd dat ik ze onmogelijk allemaal kan opnoemen, wat wellicht al duidelijk maakt dat onder neurowetenschappers de nodige opwindning over spiegelneuronen bestaat. Ook bij niet-primaten wordt steeds meer onderzoek naar neurale spiegeling verricht. Twee recente wetenschappelijke artikelen die in het zeer gerespecteerde tijdschrift *Nature* zijn verschenen, melden het bestaan van auditief-vocale spiegelneuronen bij zangvogels, wat doet vermoeden dat deze cellen essentieel zijn voor het aanleren van zang bij deze dieren. Ik verwacht in de toekomst nog veel meer onderzoeken naar spiegelneuronen bij niet-primaten en denk dat deze onderzoeken uiterst belangrijk zullen zijn om de rol van spiegelneuronen in diergedrag te begrijpen. In dit nawoord zal ik me echter concentreren op onderzoeken bij apen en mensen, en in het bijzonder aandacht schenken aan onderzoekstrends die ons begrip van spiegelneuronen en ons sociale brein illustreren.

Er bestaan momenteel drie belangrijke trends in het onderzoek naar spiegelneuronen. Een daarvan heeft betrekking op onderzoeken naar 'individuele verschillen', zoals wij wetenschappers het noemen. Enkele van dit soort baanbrekende onderzoeken zijn in het boek al aan de orde gekomen, zoals studies naar de verminderde activiteit van het spiegelneuronsysteem bij autistische patiënten en de correlatie hiervan met de ernst van de stoornis, en studies die zich richtten op spiegelneuronenactiviteit bij pubers of gezonde volwassenen en de correlatie met verschillende niveaus van sociale competentie en empathie. Veel van dit soort onderzoeken zijn recent tijdens conferenties gepresenteerd. Ze richten zich op de correlatie tussen diverse persoonlijkheidskenmerken en psychologische maatstaven en de activiteit in gebieden met spiegelneuronen. Hoe we meer te weten komen over het systeem in onze hersenen, hoe meer het een cruciale rol lijkt te spelen bij ons vermogen tot sociale interactie met anderen. Het is nog te vroeg om definitieve conclusies te trekken of de talrijke bevindingen in enkele zinnen samen te vatten, maar er heerst zonder meer een gevoel dat we op korte termijn zullen komen tot een wonderbaarlijk begrip van de biologische basis van ons meest complexe gedrag, namelijk ons sociale gedrag.

De tweede trend heeft betrekking op de ontwikkeling van het

spiegelneuronsysteem. Het is uiterst belangrijk om te begrijpen hoe spiegelneuronen vroeg in het leven worden gevormd en welke factoren een gezonde ontwikkeling van deze cellen bevorderen. Veel collega's delen mijn opvattingen en proberen het spiegelneuronsysteem in de hersenen van zuigelingen te onderzoeken. Helaas is het om allerlei technische en ethische redenen moeilijk dergelijke experimenten uit te voeren. De meest belovende studie naar het spiegelneuronsysteem bij zuigelingen wordt momenteel in het lab van Steve Suomi aan de National Institutes of Health (NIH) uitgevoerd onder supervisie van Pier Francesco Ferrari, de etholoog en neurofysioloog die leiding gaf aan het experiment met spiegelneuronen en werktuiggebruik, dat in het eerste hoofdstuk van het boek is beschreven. Ferrari doet door middel van EEG en gedragsobservaties onderzoek bij babyaapjes vanaf hun allereerste levensdagen. Tot op heden hebben Ferrari, Suomi en hun collega's hun bevindingen nog niet gepubliceerd, maar Ferrari heeft wel al enkele voorlopige waarnemingen gepresenteerd op twee kleine conferenties die ik in de afgelopen maanden heb bijgewoond. Twee van zijn bevindingen zijn bijzonder intrigerend. In de eerste plaats hebben Ferrari en zijn collega's gekeken naar het vermogen tot imitatie bij babyaapjes. Bij dit experiment imiteerden de aapjes voornamelijk relatief eenvoudige gelaatsuitdrukkingen, bijvoorbeeld het uitsteken van de tong, zoals in Meltzoffs onderzoek bij menselijke zuigelingen dat ik in het tweede hoofdstuk van het boek heb beschreven. Ferrari en zijn collega's ontdekten dat sommige babyaapjes goede imitatoren zijn, en andere niet. Dat is niet echt verrassend. Apen verschillen, net als mensen, allemaal tot op zekere hoogte van elkaar. De fundamentele vraag is echter of een goed vermogen tot imitatie op jonge leeftijd het leren vergemakkelijkt. De wetenschappers ontdekten dat goede imitatoren het vermogen om voorwerpen te pakken vroeger en beter ontwikkelden dan slechte imitatoren. Dit resultaat bevestigt niet alleen hoe belangrijk imitatief leren op jonge leeftijd is, maar ook dat de hand en de mond in de hersenen nauw met elkaar verbonden zijn, zoals besproken in hoofdstuk drie.

Het tweede belangrijke resultaat van Ferrari's experiment met babyaapjes heeft betrekking op de EEG-gegevens. Ik breng even in herinnering dat we hebben gesproken over de onderdrukking van het mu-ritme als een van de 'biomarkers' van spiegelneuronenactiviteit.

In het brein van babyaapjes hebben Ferrari en zijn collega's iets vergelijkbaars ontdekt: de onderdrukking van het trage 3-5Hz ritme rond de motorische gebieden wanneer de babyaap de handelingen van iemand anders waarneemt. Het is nog te vroeg om dit verschijnsel volledig te begrijpen, maar als we ervan uitgaan dat het een biomarker van spiegelneuronenactiviteit vertegenwoordigt, moeten we concluderen dat de hersenen van zuigelingen al enige spiegelneuronen bevatten.

De derde en laatste trend in het recente onderzoek naar spiegelneuronen heeft betrekking op de ontwikkeling van een nauwkeuriger beschrijving van hun eigenschappen. Twee recente bevindingen zijn uiterst opwindend en herinneren ons aan de thema's en ideeën die zijn ontwikkeld door onze oude vriend, de Franse fenomenoloog Maurice Merleau-Ponty. Ze houden verband met de concepten van ruimte en doel. Zoals we hebben gezien, grenst het hersengebied F₅, waarin de spiegelneuronen in eerste instantie zijn ontdekt, aan het hersengebied F₄, waar ruimte wordt gecodeerd in twee belangrijke kaarten: een voor de peripersonlijke ruimte (de ruimte die het lichaam omgeeft, waar we naar voorwerpen kunnen grijpen en ze kunnen vastpakken), en een andere voor de extrapersonlijke ruimte (de ruimte die onbereikbaar is). Nieuwe gegevens (Caggiano et al. 'Mirror neurons differentially encode the peripersonal and extrapersonal space of monkey's', *Science*, 324:403-406; 2009) tonen aan dat sommige spiegelneuronen hun reacties op waargenomen handelingen wijzigen op basis van *de plaats waar de handeling zich afspeelt*. De oude onderzoeken naar spiegelneuronen werden allemaal uitgevoerd door handelingen op grote afstand van de apen te laten zien (met andere woorden, de handelingen vonden allemaal plaats in de extrapersonlijke ruimte). Dit gebeurde ter weerlegging van de kritiek dat het vuren van de cel bij een aap die alleen maar zit te observeren een soort van *motorische voorbereiding* is: de aap maakt zich klaar om te handelen omdat iemand anders dingen in de buurt van de observerende aap pakt. In het nieuwe onderzoek voerde Fogassi eerst enkele grijp-handelingen uit in de peripersonlijke ruimte van de aap. Het was geen verrassing dat spiegelneuronen vuurden bij het zien van die handeling. Toen kreeg hij het lumineuze idee om een glazen scherm tussen zichzelf en de aap te plaatsen. Nu kon de aap de handeling nog

steeds zien (uitgevoerd in de peripersonlijke ruimte) maar onmogelijk zelf het voorwerp pakken (omdat het scherm ertussen stond). In deze opstelling vuurden bepaalde spiegelneuronen niet meer. Deze cellen reageren klaarblijkelijk op een *operationele* manier op de handelingen van andere mensen. Als de waarnemer zich niet met de waargenomen handeling kan bemoeien, wordt er niet gevuurd. Het draait bij dit soort neuronen om betrokkenheid: ze zijn op een fundamenteel actieve wijze verbonden met sociale interactie. Als de handeling buiten ons bereik ligt, maken deze cellen zich niet langer druk over wat we zien.

Het fascinerendste bewijs voor het idee dat spiegelneuronen (en motorische neuronen in het algemeen) zich minder bezighouden met de specifieke details van de handeling en meer met het doel ervan, is afkomstig uit een ander onderzoek van de groep van Rizzolatti (Umiltà et al., 'When pliers become fingers in the monkey motor system', *PNAS*, 105:2209-2213; 2008), waarin apen werden getraind om met een omgekeerde tang kleine voorwerpen als pinda's en rozijnen op te pakken. Met een gewone tang moet de aap zijn vingers *buigen* om het voorwerp te pakken (de hand sluiten). Met de omgekeerde tang moet de aap zijn vingers *spreiden* om het voorwerp te pakken (de hand openen). De bewegingen die de aap uitvoert, zijn dus precies *tegenovergesteld* aan elkaar. Het verbazingwekkende in het onderzoek was echter dat de grijpende cellen in gebied F5 die vuurden wanneer de aap de vingers boog bij het gebruik van de gewone tang, ook vuurden wanneer de aap zijn vingers spreidde om met de omgekeerde tang voorwerpen te pakken. Spiegelneuronen vuurden uiteraard wanneer de aap eenvoudigweg iemand de gewone en de omgekeerde tang zag gebruiken. Dit prachtige onderzoek bevestigt zeer overtuigend dat zowel motorische cellen in gebied F5 als spiegelneuronen zich meer bezighouden met het doel dat we met onze handelingen nastreven, dan met de motorische details van de manier waarop we ons doel willen bereiken. Dit concept heeft uiteraard vergaande implicaties voor motorisch leren en rehabilitatie, maar toont ook een belangrijk aspect van de wijze waarop het motorisch systeem en spiegelneuronen informatie coderen. Deze codering is niet *oppervlakkig*, ze gaat verder dan alleen een vluchtige karakterisering van onze eigen handelingen en die van andere mensen. Het is een *diepgaande* code-

ring, die het ons mogelijk maakt om de intenties van anderen echt te begrijpen.

Hoe meer onderzoek we verrichten naar de eigenschappen van spiegelneuronen, hoe beter we begrijpen hoe deze cellen ons helpen invoelend te zijn en onszelf op een fundamenteel niveau af te stemmen op andere mensen. Dit is misschien het belangrijkste resultaat van allemaal, een resultaat om te koesteren.