

BLIND

INTERDISCIPLINAIR TIJDSCHRIFT

23. Water

lees

zoeken . nieuwsbrief . suggesties . redactie . site

opties

[reageer op artikel](#)

[print artikel](#)

zoeken

[naar artikel](#)

[op neurowetenschap](#)

[op psychologie](#)

externe links

[Johannes Fahrenfort](#)

Wikipedia

[Elektro-encefalografie](#)

[Functionele MRI](#)

[MRI-scanner](#)

nummer 23 [Water](#)

datum 8 maart 2010

issn 1879-8144

colofon

Waterhoofd

artikel door Johannes Fahrenfort

Tweet 0

Recommend 1

Als je het over een waterhoofd hebt, denken de meeste mensen aan een hoog voorhoofd, en mogelijk aan het hebben van geestelijke beperkingen. Feit is dat ongeveer 65 % van het menselijk lichaam uit water bestaat. In dat opzicht heeft iedereen een waterhoofd. Van dit gegeven wordt handig gebruik gemaakt in een techniek die MRI heet (Magnetic Resonance Imaging). Iedereen zou wel willen weten wat zich in het hoofd van een ander afspeelt. De komst van fMRI (functional MRI) heeft het voor het eerst mogelijk gemaakt zoiets te doen. Met fMRI kunnen driedimensionale opnames (scans) van hersenactiviteit door de tijd gemaakt worden. Hoe werken MRI en fMRI? Wat voor onderzoeksmethoden zijn er nog meer om in het brein te kijken? En wat hebben we er aan?

MRI

Voorafgaand aan de ontwikkeling van fMRI, was er MRI. De eerste MRI-studies van mensen verschenen in 1977. MRI bracht een medische revolutie teweeg doordat er vanaf dat moment non-invasief en relatief eenvoudig bekeken kon worden wat er mis is in het lichaam van een patiënt. Je kunt dan denken aan neurologie (zenuw- en hersenafwijkingen), afwijkingen aan het hart en aan de bloedbanen, opsporing van tumoren enzovoort. Rond 1990 werd het zo mogelijk nog spectaculairdere fMRI ontwikkeld. Met fMRI werd het mogelijk hersenactiviteit te meten. Geen statische plaatjes van botten en weefsel dus, maar dynamische opnames van activiteit in het brein op verschillende momenten in de tijd.

MRI heeft haar succes te danken aan de elektromagnetische eigenschappen van waterstofatomen. Hoe werkt dat? Het lichaam bestaat zoals gezegd grotendeels uit water. Watermoleculen bestaan uit twee waterstofatomen en een zuurstofatoom. Wanneer waterstofatomen in een sterk magnetisch veld worden gebracht, komt de magnetische staat van diens atoomkernen (de zogenaamde 'spin') in dezelfde richting te liggen als die van het magneetveld. In een MRI-scanner is een dergelijk sterk magneetveld aanwezig. De meeste MRI-scanners die in ziekenhuizen staan hebben een magnetisch veld tot ongeveer 3 Tesla, wat ongeveer gelijk is aan 60.000 keer de sterkte van het magnetisch veld van de aarde. Wanneer men iemand in het sterke magnetische veld van de MRI-scanner brengt en tegelijkertijd radiogolfpulsen uitzendt met elektromagnetische energie, dan worden deze atoomkernen uit de elektromagnetische richting van dit sterke magneetveld geslagen (hun spin slaat om).

Het magneetveld trekt de atoomkernen vervolgens weer terug in zijn eigen richting. Hierbij geven deze atoomkernen energie af. De MRI-scanner kan de resulterende straling meten, waarmee vervolgens de dichtheid van waterstofkernen op elke plek in de ruimte berekend kan worden. Op die manier is het mogelijk driedimensionale plaatjes te

maken, bijvoorbeeld van het lichaam of van het brein. Het sterke magnetische veld is overigens voor zover we weten ongevaarlijk. Magneetvelden van de gebruikte sterktes hebben geen invloed op het functioneren, en wanneer iemand uit de scanner stapt keren de waterstofatomen gewoon weer terug in hun natuurlijke staat, zonder een blijvende invloed op het lichaam achter te laten.

fMRI

In het geval van fMRI – de variant van MRI waarbij hersenactiviteit gemeten wordt – is het principe hetzelfde, maar wordt er gebruik gemaakt van de elektromagnetische eigenschappen van bloed. We weten dat een verandering in neurale activiteit (hersenactiviteit) sterk samenhangt met een verandering in bloedtoevoer en de hoeveelheid zuurstof in het bloed op die plek (ook wel de hemodynamica genoemd). Wanneer neuronen in het brein actief zijn, nemen zij meer zuurstof op. Op het moment dat dit gebeurt wordt de toevoer van zuurstofrijk bloed op die plek vergroot. De hemodynamica zegt dus iets over de hersenactiviteit. De hemodynamische respons van het bloed op het moment dat een hersengebiedje 'actief' is (ook wel de BOLD respons – Blood-oxygen-level dependent response – genoemd), piekt na ongeveer 5 seconden, waarop de bloedtoevoer na ongeveer 16 seconden terugvalt naar het basisniveau. Aangezien de elektromagnetische eigenschappen van zuurstofrijk bloed net iets anders zijn dan de elektromagnetische eigenschappen van zuurstofarm bloed, kan hiermee hersenactiviteit in kaart gebracht worden.

Met deze techniek worden dus de mooie plaatjes van breinen gemaakt, met kleuren die hersenactiviteit weergeven, die je in wetenschappelijke artikelen, maar soms ook in tijdschriften en kranten, aantreft. Maar plaatjes zijn vaak mooier dan de realiteit, en er zijn natuurlijk tekortkomingen. Zoals we net gezien hebben, zijn de signalen die gemeten worden geen directe weerslag van hersenactiviteit, maar een weerslag van de bloedtoevoer in een bepaalde hersengebied. Aangezien bloed veel trager reageert dan de tijdschaal waarop neuronen werken (de BOLD respons komt pas na ongeveer 5 seconden tot zijn piek, terwijl neuronen reageren op een schaal van honderdsten van seconden), is de activiteit een temporeel uitgesmeerde weerslag van wat zich in het brein afspeelt. En hoewel de plaatjes met een indrukwekkende scherpte in de driedimensionale ruimte weergegeven kunnen worden, is de afmeting van een neuron vele malen kleiner dan deze scherpte kan behappen.

Zo is de standaard eenheid waarmee met een 3 Tesla scanner gemeten wordt ongeveer 3x3x3 mm. Zo'n blokje wordt een 'voxel' genoemd, afgeleid van zijn tweedimensionale tegenhanger, de 'pixel'. Zelfs wanneer de scherpte opgeschroefd wordt tot voxels van 1x1x1 mm (high resolution fMRI) zitten er nog steeds ongeveer 10.000 neuronen in iedere voxel. Dat betekent dat de schaal waarop gemeten kan worden vele malen groter is dan de microdynamiek van het brein. Het is vergelijkbaar met de situatie waarin je verkeersstromen in het land in kaart zou willen brengen met een satelliet die alleen oppervlaktes van 1x1 km kan meten, over tijdsperiodes van een half uur. Door veel metingen te verrichten kan je weliswaar een aardig idee krijgen van wat zich op verschillende momenten van de dag ongeveer afspeelt op alle plekken in het land, maar dingen die zich op een microschaal afspelen (zoals verkeersongelukken) zie je over het hoofd of moet je afleiden uit de grovere patronen.

EEG en elektrofysiologie

Aspecten van deze microdynamiek kan je boven water krijgen met andere

technieken. Zo is er EEG (elektro-encefalografie), een techniek waarbij potentiaalverschillen in het hoofd, een weerslag van hersenactiviteit, gemeten kunnen worden. Deze techniek heeft weliswaar een veel grotere tijdsprecisie dan fMRI, maar de ruimtelijke precisie is vele malen beroerder. In termen van de verkeersanalogie kan je van seconde tot seconde meten of het druk is in Noord Nederland of in Zuid Nederland, maar of die drukte overal zit of alleen in de grote steden kom je niet te weten. Een andere meetmethode is om elektrodes in het brein aan te brengen die elektrische stroompjes direct in de hersenen meten. Dit kan bijvoorbeeld bij proefdieren, of bij patiënten die een herseningreep moeten ondergaan, zoals bij ernstige epilepsie. Het nadeel van deze techniek is dat hij invasief is, en dat je alleen heel lokaal kan meten wat er gebeurt. Het is alsof je alleen op een klein stukje snelweg ergens in het land het aantal auto's per minuut kan tellen door er naast te gaan staan met een telapparaatje. Je weet dan exact waar je meet en ook heel precies wat daar van seconde tot seconde gebeurt, maar van wat zich in de rest van het land afspeelt heb je geen idee.

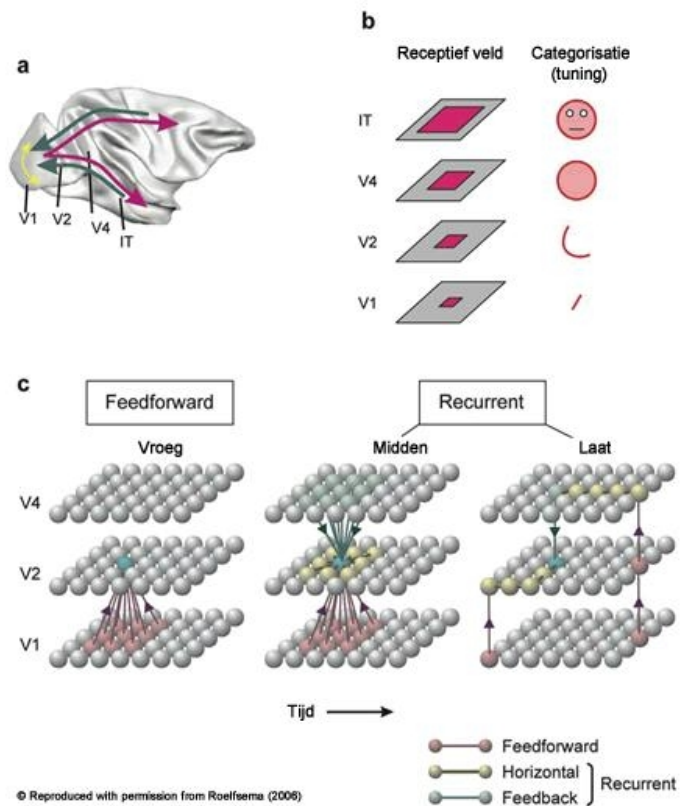
Al deze technieken samen (ook wel aangeduid met de term 'neuroimaging') hebben voor een aardverschuiving gezorgd in onze kennis over de hersenen. Er verschijnen dagelijks tientallen artikelen met nieuwe bevindingen. Is al deze kennis zinvol, en komen we tot een beter begrip van onze hersenen? Het antwoord daarop is een volmondig ja, maar met enige kanttekeningen. Zo zijn we ontzettend veel te weten gekomen over de rol van verschillende delen van het brein bij het uitvoeren van verschillende functies. Zo weten we bijvoorbeeld dat de frontaalkwab van de hersenen o.a. belangrijk is voor het plannen en uitvoeren van taken, de achterste kwab van de hersenen o.a. belangrijk is voor het verwerken van visuele informatie en de zijkwabben o.a. belangrijk zijn voor het begrijpen en genereren van taal. Dit zijn natuurlijk hele grove aanduidingen die voornamelijk ter illustratie dienen: we beginnen in feite behoorlijk gedetailleerde kennis op te bouwen over de mechanismes die een rol spelen bij al deze functies, en hoe die geïmplementeerd zijn in de hersenen. Daarnaast hebben we veel gedetailleerde kennis op microniveau van de werking van neuronen.

Niveaus van beschrijving

De grote uitdaging ligt misschien (net als in de natuurwetenschappen) in het maken van een verbinding tussen het niveau van beschrijving van het hele grote met het hele kleine. Hoe werken micro- en macrostructuren in het brein samen om te komen tot het uitvoeren van complexe functies? Om dat te begrijpen is het nodig gedetailleerde modellen te ontwikkelen die beschrijven hoe bepaalde hersenfuncties tot stand komen als functie van de werking van de kleinste onderdelen (de neuronen), via de wat grotere hersengebieden en structuren, tot aan de hersenkwabben en het hele brein aan toe. Met behulp van neuroimaging kunnen steeds betere modellen ontwikkeld en getoetst worden, waarbij idealiter begrip ontstaat over de werking op ieder niveau van beschrijving, en hoe die niveaus op elkaar ingrijpen.

Voor bepaalde functies, zoals die van het visuele systeem, lijkt het relatief haalbaar om te komen tot een redelijk complete beschrijving met gebruikmaking van het niveau van beschrijving van het allerkleinste (de neuronen), de substructuren (functionele hersengebieden) tot aan de hersenen in hun geheel aan toe. Zo is er een model van Roelfsema dat beschrijft hoe de gedragingen van 'neuronen' in de achter- en de lage zijkwabben er toe kunnen leiden dat kleine elementen van een plaatje perceptueel worden gegroepeerd tot objecten (Roelfsema, 2006). In het plaatje hieronder is te zien hoe dat er grofweg uitziet. Figuur 1a laat

schematisch zien dat er drie soorten verbindingen zijn die een rol spelen bij visuele informatieverwerking: [1] Zogenaamde feedforwardverbindingen die naar voren projecteren (paars), [2] horizontaal verbindingen die zorgen voor communicatie tussen neuronen op hetzelfde niveau (geel) en tenslotte [3] feedback verbindingen, die terugprojecteren van hogere naar lagere hersengebieden.



Figuur 1. Connections between neurons in the visual cortex.

De visuele informatieverwerking begint in een gebiedje dat V1 genoemd wordt (de primaire visuele hersenschors), helemaal achterin het brein. Daar reageren neuronen in eerste instantie op kleine lijnelementen (zie onderste plaatje van figuur 1b). Door het combineren van de input van de lagere niveaus komen neuronen hoger in de hiërarchie (V2, V4 en tenslotte IT) via feedforwardverbindingen tot steeds complexere categorisering van input, waarbij ook gevoeligheid voor een steeds groter gedeelte van het visuele veld ontstaat (het 'receptieve veld' van die neuronen neemt toe, zie figuur 1b). Echter, deze 'snelle' feedforwardmodus van verwerking (zie figuur 1c) is onvoldoende om alle visuele input te kunnen verwerken. Niet voor iedere visuele input kan hoger in de hiërarchie een aparte cel bestaan. Daarvoor zijn er simpelweg niet genoeg cellen in het brein. Daarom moet het brein visuele input in gedistribueerde netwerken representeren, waarbij verschillende neuronen in zo'n netwerk verschillende aspecten van de input representeren (bijvoorbeeld kleur, vorm en beweging). Het brein moet echter wel een manier hebben om te 'weten' welke aspecten bij het ene object, en welke bij een ander object horen. Dit wordt ook wel het bindingsprobleem genoemd. In het model van Roelfsema wordt dit opgelost doordat neuronen die hetzelfde object representeren met behulp van de horizontale en feedbackverbindingen (ook wel de 'recurrente' verbindingen genoemd) samen harder gaan vuren. Door dit gezamenlijk vuren worden neuronen die verschillende aspecten of onderdelen van een object representeren, gelabeld als bij elkaar horend. Er is veel evidentie

voor het idee dat dit 'neuraal' groeperen van objecten ook tot 'perceptueel' groeperen – of het hebben van een bewuste ervaring – leidt.

Zo beschrijft een model van Lamme op de schaal van het hele brein hoe het resultaat van dit soort computaties in sommige gevallen kan leiden tot een bewuste ervaring waar we over kunnen praten, en in andere gevallen niet (Lamme, 2006). In zijn model leidt locale recurrente verwerking in de achterste hersenkwab tot een bewuste ervaring, terwijl er alleen over zo'n ervaring gerapporteerd kan worden wanneer er grootschalige recurrente interacties met de voorste hersenkwab optreden. De modellen van Roelfsema en Lamme samen geven een beschrijving van de visuele informatieverwerking in het brein van het kleinste (neuronen) tot aan het grootste niveau (interacties tussen hersenkwabben). Hiermee geven zij de eerste aanzet tot een behoorlijk complete beschrijving van wat er in de hersenen gebeurt tijdens visuele informatieverwerking.

Conclusie

De ontwikkeling van dergelijke modellen is natuurlijk volledig afhankelijk van het bestaan van neuroimaging en elektrofysiologie. Daarnaast is de ontwikkeling van deze modellen mogelijk omdat het visuele systeem zich uitstekend leent voor gecontroleerde experimenten. Voor andere functies – zoals bijvoorbeeld taal – is dat minder eenvoudig, terwijl het voor sommige functies bijna onmogelijk lijkt. Zo weten we eigenlijk nog weinig tot niets over de manier waarop gedachten tot stand komen, of waar en op welke manier een gedachtestroom zich precies ontwikkelt. Of het zal lukken ook voor dit soort functies tot een volledige beschrijving te komen is voorlopig een open vraag, maar het nut van neuroimaging heeft zich inmiddels ruimschoots bewezen. We weten nu meer over onze waterhoofden en wat zich daarin afspeelt dan we 20 jaar geleden ooit voor mogelijk hadden gehouden.

Literatuurlijst

Lamme, V.A.F., 'Towards a true neural stance on consciousness', in: *Trends in Cognitive Sciences* 10, 11, 2006, pp. 494-501.

Roelfsema, P.R., 'Cortical algorithms for perceptual grouping', in: *Annual Review of Neuroscience* 29, 2006, pp. 203-227.

Reageren

Naam

E-mail (optioneel)

Reactie

Plaats reactie

De redactie behoudt zich het recht voor om reacties in te korten of te verwijderen indien daar reden toe is.

© 2004–2013 Blind . disclaimer