

Het medische beeld

Artsen hebben een beeld van een patiënt nodig voordat ze kunnen besluiten welke ingreep ze zullen gaan uitvoeren. Als het om interne aandoeningen gaat, was dat 'beeld' eeuwenlang noodgedwongen een soort mentale voorstelling van het binnenste van het menselijk lichaam. Pas in de late Middeleeuwen zagen mensen voor het eerst hoe hun soortgenoten er van binnen uitzagen; toen won de zucht naar kennis het van het taboe om een dood mens open te snijden. En pas sinds 1895 werd het mogelijk om via röntgenstralen in een levend lichaam te kijken.

Ruim een eeuw later heeft zich op dit medische terrein een revolutie voltrokken. Ziekenhuizen zijn ware 'plaatjesfabrieken' geworden. Foto's en scans zijn niet weg te denken hulpmiddelen in de diagnostiek. Ook het meest ontoegankelijke deel van ons lichaam, onze hersenen, is inmiddels steeds beter zichtbaar te maken. Juist op dit gebied is veel nieuw onderzoek gaande, met de daarbij horende hoop op doorbraken. Zo lijkt een oude droom bijna bewaarheid geworden: die van de volledig kenbare, compleet transparante mens. Dit hoofdstuk gaat over die droom, en over de principes achter de laatste beeldvormende technieken.

De bredere cultuur volgt deze ontwikkelingen op de voet. Er is een zekere angst voor die volledige transparantie - als zelfs de werking van je hersenen in principe in beeld kan worden gebracht, dan verlies je in de toekomst misschien wel controle over informatie die je liever privé zou houden. Maar er is vooral een enorme fascinatie voor die blik op ons binnenste, getuige de hausse aan operatieprogramma's op televisie.

Die aandacht is niet onterecht, want visualiseringstechnieken hebben verstrekkende effecten. Zo veranderen ze ziektebeelden. Ook al worden beeldvormende technieken vaak ontworpen om een *beter* beeld te krijgen van een bepaalde aandoening, vaak leiden ze tot een *ander* beeld. Zelfs zo anders, dat hele nieuwe symptomen centraal kunnen komen te staan in de diagnose van een ziekte. Met enig gevoel voor pathos zou je kunnen zeggen dat beeldvormende technieken symptomen 'scheppen'.

En er zijn meer effecten. Doordat medici beter in het binnenste van het lichaam kunnen kijken, kunnen ze veelal eerder een diagnose stellen - soms zelfs vóórdat de patiënt zich ziek voelt. De rapportage van de patiënt over zijn toestand verliest aan status en wordt op zijn minst 'gecontroleerd' met een plaatje. En doordat de fabrikanten van de medische doorlichtingsapparatuur hun best doen de machines zo veilig en patiëntvriendelijk mogelijk te maken, treedt er 'indicatie-inflatie' op. Inmiddels maken artsen 'even een foto voor de zekerheid' en roepen epidemiologen hele bevolkingsgroepen op voor preventieve screening, zoals bij borstkanker. Dat verandert de houding van mensen ten opzichte van hun lichaam onherroepelijk, hoe je die verandering verder ook wilt waarderen.

Visualiseringstechnieken faciliteren en sturen het medisch onderzoek op dit moment op vrij dominante wijze. Daardoor zou je haast vergeten dat beeldvormende technieken geen pure kennis opleveren. De plaatjes moeten altijd nog geïnterpreteerd worden door specialisten. Vaak zijn medische plaatjes notoir moeilijk te 'lezen' - basisartsen moeten een opleiding van vier jaar volgen voordat ze radioloog zijn - en een echte 'foto' van ons binnenste bieden ze zelden. Het typische moderne medische plaatje is een computersimulatie op basis van een eindeloze reeks meetgegevens, voor het gemak van de visueel ingestelde mens 'vertaald' in een beeld.

De droom van een compleet transparant lichaam is dus nog steeds niet ingelost. We hebben nu een *simulatie* van een lichaam. En van wiens lichaam eigenlijk? Van 'de' mens. Maar, zoals elke dokter weet, een concrete patiënt is niet 'de' mens, en die patiënt kan op subtiele en moeilijk te duiden manieren afwijken van het standaardbeeld dat je verwacht. De werkelijkheid en de standaard zullen nooit helemaal samenvallen. Dus de vraag blijft: Weet je wat je ziet? Klopt je beeld van de patiënt? Weet je hoe je moet ingrijpen?

Een kijkje in ons zelf

Over de verbeelding van onze binnenwereld

Verlangen naar kennis is de voedingsbron voor wetenschap én voor science-fiction auteurs. Dat geldt ook voor de droom 'in' het menselijk lichaam te kunnen kijken. Neem de film *Fantastic Voyage* uit 1966, gebaseerd op de gelijknamige roman van Isaac Asimov. Drie mannen en een vrouw krijgen de opdracht om een atoomgeleerde te verlossen van een hersentumor. Een levensreddende operatie is noodzakelijk omdat de kennis van deze wetenschapper van cruciaal belang is voor de nationale veiligheid. De operatie die zij moeten volvoeren is een heel bijzondere: het kwartet neemt plaats in een duikboot die vervolgens in een machine verkleind wordt tot minder dan 1 millimeter. Zo zijn de artsen in staat duikboot plus bemanning met een injectienaald in de aderen te spuiten. Dan begint een reis door het menselijk lichaam, waarbij de passage van menig orgaan – zoals hart en longen – zorgt voor bloedstollende taferelen. Zo is de bloedstroom in het hart zo heftig dat de bemanning bijna de macht over het roer verliest, waarbij zij bovendien ook nog eens moeten waken voor de hartkleppen die met gigantische krachten open- en dichtgaan.

Uiteindelijk geraakt de duikboot inderdaad in de hersenen van de patiënt. Met een laserkanon vernietigen zij de tumor. Echter, de reis kostte veel meer tijd dan men vooraf verwacht had. En de duikboot dreigt zijn oorspronkelijke formaat weer aan te nemen – verkleinen kan slechts tijdelijk – waardoor deze het lijf van de atoomgeleerde dreigt te verscheuren. Met eenultieme list weten zij, via de traanklier, het lichaam nog tijdig te verlaten. De bemanning verricht een heldendaad. Voor de drie mannelijke helden rest echter vergetelheid: niemand kan zich de acteurs herinneren. De vrouw staat, dankzij haar lichaam, de kijker echter nog scherp op het netvlies: Raquel Welch.

Fantastic Voyage is het icoon van de visualiseringscultuur. Een medische droom en een sf-gedachtenexperiment versmelten tot een bloedstollende film. De film van Richard Fleischer spreekt dermate tot de verbeelding dat wetenschappers de film graag aanhalen om duidelijk te maken wat de voordelen zijn van allerlei endoscopische technieken. En laten wij wel wezen: is de in de film gebruikte techniek zoveel anders dan de later in zwang geraakte Dotter-techniek om via de aderen een vernauwing in de bloedvaten rond het hart ongedaan te maken?

Identificatiedrang

Fantastic Voyage 'bepert' zich tot het binnendringen in de biologische structuren van het lichaam en vooral de hersenen. Maar is het mogelijk om in iemands 'gedachten' te kruipen - te zien en te denken wat de ander ziet, waardoor de perfecte identificatie mogelijk wordt? Dit bizarre gegeven is de basis voor het even bizarre scenario van Charlie Kaufman dat als *Being John Malkovich* in 1999 is verfilmd door Spike Jonze. De hoofdrol – hoe kan het anders? – is weggelegd voor de fameuze acteur John Malkovich.

De film is een ongelooflijke komedie over de poppenspeler Craig (John Cusack), die nadat hij onder druk van zijn smoezelige echtgenote Lotte (Cameron Diaz) een baantje als archivaris bij het mysterieuze bedrijf Lester Corp. op de zeveneneenhalfde verdieping van het Merlin Flemming Building in Manhattan heeft aangenomen, een toegangspoort ontdekt tot het brein van filmster John Malkovich. Aanvankelijk probeert hij hier met zijn sexy kantoorgenote Maxine (Katherine Keener) een slaatje uit te slaan, door buiten kantooruren toegangskaartjes te verkopen aan iedereen die een kwartiertje in het hoofd van John Malkovich wil vertoeven. Al snel loopt de situatie uit de hand als zowel Craig als Lotte naar de seksuele gunsten van Maxine blijken te dingen en alleen Lotte, als zij zich 'in' Malkovich bevindt, haar verlangen bevredigd ziet. Hoogtepunt van de film is een scène waarin John Malkovich achter deze obscure praktijken komt en zijn eigen bewustzijn binnengaat. Maar ook daarna heeft de film

nog een paar verrassingen in petto.

Wat begint als een dadaïeske komedie waarin zonder al te veel visuele poespas of clownesk overacteren en met behulp van razendsnelle dialogen en absurde situaties de slappe lach steeds op de loer licht, ontpopt zich langzamerhand tot, zoals Craig zegt: ‘a metaphysical can of worms.’ Allerlei vragen over identiteit en bewustzijn (Wie ben ik? Wat ben ik? Wie ben ik als ik ‘ik’ zeg?, worden op uiterst geestige wijze opgeroepen. Voor Craig is die metafysische wirwar een fluitje van een cent: als poppenspeler is hij immers al gewend om, zij het minder letterlijk, in de huid van iemand anders te kruipen en, zoals hij in de film zegt: ‘te voelen wat zij voelen, te zien wat zij zien’. *Being John Malkovich* gaat uiteindelijk over de droom iemand anders te zijn.

Professionele gedachtenlezers

In *Being John Malkovich* zijn de gedachten van een mens enkel na te speuren door één enkel ander mens. Wat gebeurt er als gedachten publiek bezit worden, onthuld door professionele gedachtenlezers? Dat is het uitgangspunt van de film *Minority report* van Steven Spielberg. De film geeft een angstaanjagend beeld van een toekomst, waarin alleen al de gedachte aan een misdaad voldoende reden is om iemand levenslang weg te bergen. Het is 2054 in de sciencefictionfilm naar het gelijknamige verhaal van Philip K. Dick en Tom Cruise speelt John Anderton, het hoofd van de PreCrime Unit in Washington. Deze PreCrime Unit is in staat om met behulp van drie helderziende jongeren, de zogeheten precogs, te voorzien en te voorkomen dat mensen moorden plegen. Wie wil moorden wordt gearresteerd en levenslang opgesloten. Het gevolg is een wereld zonder misdaad maar vol terreur. Het zichtbaar maken van de gedachten van dit drietal, visualiseren hoe hun hersengolven opgevangen worden en door mensen ‘gelezen’, verbeelden hoe de toekomst gebeiteld staat, dat is een van de grootste attracties van deze film. In de hierboven bedoelde scène staat Tom Cruise als een dirigent voor een doorzichtig scherm, en ordent beelden en causaliteiten, plaatst heden, verleden en toekomst in een ogenschijnlijk logisch verband. Hij is niet alleen een dirigent of een regisseur, hij is God zelf, die tijd en noodlot naar zijn hand zet.

Deze drie films vormen eigenlijk een korte reeks, waarbij elke film een stapje ‘vooruit’ is op weg naar een onzekere toekomst. Eerst is een reis door het lichaam mogelijk, vervolgens een dagtochtje door iemands brein, waarna uiteindelijk ieders gedachte publiek bezit worden. De visualisering van het individu – zijn lichaam plus zijn gedachten – is in *Minority Report* maatschappijbreed beschikbaar. Pessimistisch zijn de films alledrie, hoewel de toonzetting nadrukkelijk verschilt: spanning (*Fantastic Voyage*), bizarre humor (*Being John Malkovich*) respectievelijk horror (*Minority Report*). En gedwongen voor een keuze met het pistool op de borst, kies ik voor *Fantastic Voyage*, alleen al vanwege het feit – het zij mij vergeven – dat een man graag rondloopt met Raquel Welch in zijn bloedvaten.

Frans Meulenber

Beeldvormende techniek ligt vaak aan de basis van de medische systematiek

De kunst van het kijken

Over de principes van het medische beeld

Spreken over medische beelden heeft veel te maken met beeldspraak. Want 'kijken naar een levend brein' of naar een 'foto van de werkende hersenen' suggereert iets anders dan de beelden in werkelijkheid laten zien.

De verwarring tussen fotografie en visualisatie ligt eigenlijk al besloten in de geboorte van het moderne medische beeld. In 1895 ontdekte Röntgen de naar hem genoemde mysterieuze X-straling, die niet door hout, papier, glas en de menselijke huid wordt gestopt. Daarmee werd het mogelijk om iets van de anatomie van levende mensen zichtbaar te maken.

Röntgens methode is een techniek die nog het meest doet denken aan fotografie. Er wordt - weliswaar onzichtbare - straling gebruikt om een fotografische film te belichten. Het te onderzoeken lichaamsdeel zit ingeklemd tussen een röntgenbron en een fotografische film. Zodra die film geraakt wordt door de röntgenstraling kleurt deze zwart, niet bestraalde delen blijven wit.

Bot heeft een hoge dichtheid en laat weinig röntgenstraling door, andere weefsels hebben een veel lagere dichtheid en laten daardoor juist veel straling door. Op plaatsen onder spieren en zachte weefsels zal de film dus veel straling opvangen en zwart kleuren, onder botten vangt de film juist nauwelijks straling op en zal het vooral wit- en grijs tinten vertonen. De röntgenfilm toont zo een (witte) röntgenshaduw: een beeld met een silhouet van hoofdzakelijk het skelet. Dat zowel de botten op de film als in het echte wit zijn is toeval, maar het suggereert wel fotografische overeenkomst.

De zucht naar contrast

Röntgendiagnostiek maakt gebruik van het verschil in fysische eigenschappen van verschillende lichaamsdelen. Die fysische verschillen (in dit geval in de mate van stralingsabsorptie of röntgendichtheid) leiden tot met het oog onderscheidbare onderdelen: contrasten. Hoe groter de fysische verschillen, hoe groter het contrast en hoe duidelijker het beeld. Dat is het onderliggende principe in alle medische beeldvormende technieken: ze benutten (verschillen in) fysische eigenschappen van het menselijk lichaam, om daaruit informatie af te leiden die kan worden gebruikt voor het construeren van beelden van anatomische structuren en fysiologische processen.

Röntgendiagnostiek wordt ook nu nog veelvuldig toegepast; geen gebroken ledemaat ontkomt eraan. Maar het menselijk lichaam, of liever de fysische samenstelling ervan, werkt niet altijd gewillig mee. De hersenen konden aanvankelijk met Röntgens techniek niet zichtbaar worden gemaakt. Om te beginnen zit het brein in een cocon van bot, die veel straling absorbeert. Bovendien bestaat de inhoud van de schedel uit geleïchtig weefsel omspoeld door hersenvocht. Beide substanties verschillen te weinig in de mate waarin ze de röntgenstraling absorberen om op film enig contrast tussen weefsel en vocht te leveren. De schedelinhoud werd daardoor een teleurstellend grijs vlak.

Daar kwam verandering in toen in december 1912 een man drie weken na een verkeersongeluk terugkeerde in het New Yorkse ziekenhuis waar hij eerder was behandeld voor een aantal hoofd wonden. Hij klaagde over een vreselijke hoofdpijn en als hij nieste kwam er een flinke hoeveelheid helder vocht uit zijn neus. Toen de artsen opnieuw een röntgenfoto van zijn hoofd namen, zagen ze schaduwen die nog nooit iemand had gezien. Door een scheurtje in de schedel lekte hersenvocht weg - dat liep uit zijn neus - en was er lucht voor in de plaats gekomen. Het verschil in fysische eigenschappen tussen lucht en

hersensweefsel zorgde voor contrast op de film zodat de contouren en de holtes (ventrikels) van het brein zichtbaar werden. Later werden meer van dit soort ongelukjes gerapporteerd. Van grijs vlak naar schaduwen: het was alsof een dik rookgordijn werd opgetrokken. Vanaf 1919 zouden artsen dit toevalsinzicht met opzet gebruiken om via een ruggenprik hersenvocht af te tappen als methode om bruikbare röntgenbeelden van het brein te krijgen. Deze *pneumoencephalografie* was een pijnlijke procedure, maar bij gebrek aan alternatieven de enige manier om een schaduwbeeld te krijgen van het brein. In 1927 kwam een nieuwe doorbraak, toen de Portugees Egaz Moniz - die later naam zou maken als geestelijk vader van de psychochirurgie - de eerste vaatbeelden of *angiogrammen* van het brein toonde. Hij spoot een vloeistof met jodiumzout in de halsslagader en nam tegelijkertijd een röntgenfoto. Bloedvaten zijn op röntgenfilm niet zichtbaar, maar na inspuiting van contrastvloeistof werd een fijn vertakte vaatboom zichtbaar. Doordat die hersenvaten ook over het oppervlak van het brein kronkelen, werd wederom een contour van de hersenen zichtbaar. De pneumoencephalografie is inmiddels verdwenen, de angiografie speelt nog een hoofdrol bij allerlei ingrepen, zoals het vinden en verhelpen van vernauwingen in hartvaten - het zogenoemde dotteren - of het vinden van verwijdingen of blokkades in bloedvaten van de hersenen. Veel beeldvormende methoden maken gebruik van contrastmiddelen. Het idee daarachter is simpel: als lichaamsdelen te weinig verschillen in fysische eigenschappen om contrastrijke beelden te leveren, dan moet het contrast worden opgeroepen door het fysische verschil tijdelijk kunstmatig te verhogen.

De schaduwen vervagen

Al vanaf de eerste röntgenopnames verlangden onderzoekers naar gedetailleerdere, scherpere en contrastrijkere beelden. Apparatuur werd aan de lopende band verbeterd, nieuwe contrastmiddelen werden uitgetoet. En men zocht een oplossing voor de belangrijkste frustratie van de röntgendiagnostiek, namelijk het probleem dat dieper liggende organen en weefsels in de röntgenshaduw liggen van de structuren erboven. Het was alsof de voorste bomen in het bos het zicht op de achterste belemmerden. Zo liggen hart en longen in de schaduw van de ribbenkast.

Eind jaren dertig lukte het om de schaduwen te laten vervagen, door de röntgenbron en de film parallel heen en weer te bewegen rond het gebied dat in beeld werd gebracht. Diepere niveaus in het lichaam werden zichtbaar, zoals een camera kan focussen terwijl de voor- en achtergrond vervagen. Deze techniek werd *tomografie* genoemd, afkomstig van het Griekse 'tomo' voor plak of doorsnede.

Röntgentomografie werd tot in de jaren zestig verder geperfectioneerd. Men kon er bijvoorbeeld gedetailleerde beelden mee maken van het binnenoor en de neusholten. Maar van de hersenen was nog steeds niet meer te zien dan contouren.

Dat veranderde eind jaren zestig met de opkomst van de computer en de geboorte van de *computerized tomography* (CT). De CT-scan gebruikt ook röntgenstraling die door het lichaam wordt gestuurd. Maar in plaats van een film die aan de andere kant de verschillen in geabsorbeerde straling weergeeft, vangen elektronische detectoren de straling op. Die meten de stralingsintensiteit en de mate van verstrooiing. De röntgenbundel wordt onder talloze hoeken door het lichaam gestuurd en een computer kan op basis van de meetgegevens een dwarsdoorsnede van het lichaam op een beeldscherm toveren. Hoewel de hersenen op traditionele röntgenbeelden geen duidelijk contrast vertonen, blijkt het orgaan via CT wél bruikbare, contrastrijke beelden op te leveren. Zo'n CT-beeld op een computerscherm is opgebouwd uit honderden of duizenden kleine vlakjes - pixels - en ieder vlakje heeft een

grijskleuring die representatief is voor de gemiddelde röntgendiffusiviteit van een overeenkomstig blokje weefsel.

Op 1 oktober 1971 werd met een CT de eerste scan van het brein van een patiënte gemaakt. De vrouw, van wie vermoed werd dat ze een hersentumor had, lag vijftien uur achtereen in de prototype CT-scanner van Godfrey Hounsfield voordat de meting klaar was. Na een lange rekentijd produceerde de computer een beeld. In de linker hersenhelft van de patiënte was een donkere vlek zichtbaar: een grote tumor, die kort daarop werd verwijderd. Het beeld was naar de huidige standaarden tamelijk schimmig, maar veel oudere radiologen herinneren zich nog goed de dag dat ze voor het eerst een beeld zagen van levende hersenen.

De jacht op een patroon

De CT evolueerde daarna in hoog tempo; de beelden konden uiteindelijk in enkele minuten worden geproduceerd en toonden steeds meer detail. Een van de eerste doorbraken in het onderzoek naar de relatie tussen hersenstructuur en geestesziekten kwam al in 1976, toen Engelse onderzoekers afwijkingen aantoonde in de CT-scans van schizofreniepatiënten. Ze vonden gemiddeld grotere ventrikels bij mensen met schizofrenie in vergelijking met gezonde personen.

In een tijd dat schizofrenie werd verklaard aan de hand van psychosociale factoren - 'slecht gezinsmilieu' - werd het *Lancet*-artikel met veel ongeloof begroet. In de jaren erna duurde die scholenstrijd voort. Sommige onderzoeken konden de eerste observaties niet bevestigen, anderen wel. Van de vijftig CT-onderzoeken die tussen 1976 en 1989 werden uitgevoerd, kon 75 procent de observatie onderschrijven dat schizofreniepatiënten significant vaker ventrikelvergroting hebben, de rest zag geen verband.

Dat 'significant vaker' toont al de onzekerheid van onderzoek aan groepen: sommige schizofreniepatiënten hebben geen ventrikelvergroting en sommige gezonde personen juist wel. Bovendien is de afwijking niet specifiek voor schizofrenie, omdat ventrikelvergroting bijvoorbeeld ook bij de ziekte van Alzheimer vaker voorkomt. Dit alles betekent dat een CT-scan alléén geen sluitende diagnose kan geven voor schizofrenie.

De poging een beeld in verband te brengen met een ziekte kan onderwerp zijn van langdurig meningsverschil. De lengte van dispuut hangt onder meer af van de vraag of de observatie aansluit bij bestaande kennis en of andere onderzoekers de observatie en interpretatie delen dan wel met tegenstrijdige observaties en verklaringen komen. In dat opzicht verschilt beeldvormend onderzoek niet van ander medisch-wetenschappelijk onderzoek. De discussie rond de interpretatie van schizofrenie met CT-scans toont dat een medische beeld zelden vanzelfsprekend is. Het beeld lijkt soms een zoekplaatje. Pas als de zoektocht voltooid is, kunnen deskundigen de afwijking 'zien', ofwel interpreteren als een symptoom van een ziektebeeld.

De magneet in

CT wordt ook vandaag de dag nog veelvuldig toegepast, bijvoorbeeld voor het neus, keel en oorgebied - of om hersenvaten af te beelden. Maar voor het in beeld brengen van de hersenen bleek een andere techniek nog meer mogelijkheden te bieden: *Magnetic Resonance Imaging*, afgekort MRI.

MRI maakt gebruik van andere fysische karakteristieken van het menselijk lichaam, namelijk van de magnetische eigenschappen van atoomkernen. Sommige atoomkernen, zoals waterstof, gedragen zich in een sterk magneetveld als een kompasje. Deze kompasjes kunnen aan het draaien worden gebracht met een radiogolf. Zodra de radiogolf stopt, stralen de atoomkernen de opgenomen radio-energie weer uit. De snelheid en sterkte waarmee de atoomkernen radiogolven uitzenden, wordt beïnvloed door de omgeving waarin ze zitten; het hangt af van de moleculen waarin ze zijn ingebouwd.

Dit proces van kernspinresonantie - nuclear magnetic resonance (NMR) - was in de jaren na de Tweede Wereldoorlog een techniek voor chemici en natuurkundigen om de structuur en samenstelling van stoffen te achterhalen. Medici bemoeiden zich er nog niet mee, en niemand dacht of streefde er zelfs naar om NMR in te zetten voor beeldvorming. Pas in 1971 werd kernspinresonantie gebruikt om weefsels mee te onderzoeken. Via NMR werd tumorweefsel onderscheiden van gewoon weefsel: een soort NMR-biopsie. In hetzelfde jaar kreeg de chemicus Paul Lauterbur, starend naar rare afwijkingen in zijn meetgegevens, de ingeving om uit de NMR-cijfers ruimtelijke informatie af te leiden en zo een beeld samen te stellen. Het duurde vervolgens tot 1980 voordat de technologie zover was ontwikkeld dat gedetailleerde beelden van complete mensenlichamen gemaakt konden worden en de eerste klinische toepassingen volgden.

Dat het zolang duurde voordat MRI volwassen werd heeft iets te maken met de complexe meet-apparatuur. De patiënt wordt bij MRI in een enorme cirkelvormige magneet geschoven, die met vloeibaar helium wordt gekoeld; dat is de smalle 'tunnel', die mensen met claustrofobie doen huiveren voor een MRI-opname. Als een patiënt in de tunnel ligt - tussen de vijf en tien minuten per scan - wordt het magneetveld gevarieerd. De elektrische schakelingen die daarvoor zorgen, produceren een voortdurend, intens lawaai. Tegelijkertijd worden radiogolven in het lichaam gestuurd, die de atomen absorberen en vervolgens weer uitzenden. Een antenne vangt deze signaaltjes op en zendt de gegevens door naar een computer, die er statistiek op loslaat en een getal produceert. Dat getal staat voor het gemiddelde radiosignaal van een kubusje hersenweefsel. Weefsel dat veel radiosignaal afgeeft krijgt een hoog getal, weefsel dat weinig radiosignaal produceert krijgt een laag getal. Die getallen kunnen vervolgens, net als bij CT, worden omgezet in een grijswaarde, variërend van 1 (zwart) tot 256 (wit).

Als vervolgens blokjes met grijswaarden naast elkaar worden gezet ontstaat een beeld: een doorsnede van kernspin karakteristieken van de hersenen. Weefsels met veel protonen geven veel signaal af en dat zijn juist zachte weefsels met veel water. Bot bevat relatief weinig protonen en geeft dus weinig signaal af. Gevolg is dat de botten in tegenstelling tot de CT op een MRI-scan nauwelijks een goed beeld geven, maar zachte hersenweefsels juist wel.

De waarde van kleuren

Een MRI-scan is net als een CT-scan een vorm van datapresentatie. Meetwaarden worden visueel weergegeven, zodat een snel te interpreteren beeld ontstaat. De pixel op het beeld staat eigenlijk voor het bovenaanzicht van een kubusje hersenweefsels, de kleuring van de pixel is maat voor de gemiddelde meetwaarde van het kubusje.

Die gegevensvisualisatie is in een aantal opzichten vergelijkbaar met een temperatuurkaart van Europa die in veel dagbladen staat afgedrukt. In plaats van een landenkaart gevuld met onoverzichtelijke getallen in graden Celcius, krijgt iedere temperatuurwaarde een kleur. Zo zijn in één oogopslag overeenkomsten en verschillen zichtbaar in de weersgesteldheid van verschillende landen. Bij MRI en CT vertegenwoordigen de grijstinten verschillen in kernspin karakteristieken en röntgendichtheid, met als resultaat een beeld dat overeenkomt met bepaalde aspecten van de anatomie van de hersenen.

"Wanneer heb je een medisch beeld?", vraagt hoogleraar neuroradiologie Mark van Buchem van de universiteit van... "Als je contrasten krijgt tussen componenten van het lichaam.

Contrast creëren is het enige doel van de techniek: zowel contrasten tussen normale componenten van het lichaam - daardoor zie je de anatomie - als contrasten tussen normaal en afwijkend weefsel - zo zie je afwijkingen binnen de anatomie. De grijswaarde die je in zo'n MRI-scan krijgt, die zegt niets. Het enige waarvoor het bedoeld is, is aangeven dat het ene stukje hersenweefsels witter moet zijn dan een ander. Hoe wit, dat is verder triviaal."

Een presentatie in kleurverschillen is heel toegankelijk voor mensen. Maar veel menselijke cellen en weefsels zijn onder de microscoop vrijwel doorzichtig. Afbeeldingen van groene cellen met rode kernen en blauwe chromosomen bestaan alleen in tijdschriften en studieboeken; ook op microscopisch niveau moeten beelden van biologische structuren worden opgeroepen. Pas na chemische kleuringen wordt een onderscheid in celsoorten en weefselstructuren mogelijk. Het is soms zelfs zo dat de affiniteit voor een kleurstof de cel een naam geeft: 'eosinofiele granulocyt' voor een witte bloedcel die goed kleurt met de stof eosine. De beeldvormende techniek ligt vaak aan de basis van de medische systematiek en diagnostiek. Dat geldt ook voor beelden van de menselijke anatomie.

Radiologen zijn dan ook geen fotografen, zegt Van Buchem. "Ons werk is eerder vergelijkbaar met wat een patholoog-anatoom doet. Die kijkt door een microscoop naar weefsel en heeft allerlei kleuringen tot zijn beschikking om zaken zichtbaar te maken. En zo doen wij het ook. Wij gebruiken alleen geen microscoop maar MRI."

Welke sequentie?

Het mooie van MRI is dat het niet één soort beeld, maar verschillende soorten beelden levert; de kracht van de techniek ligt er mede in dat zij verschillende aspecten van (hersens)weefsel kan uitlichten. Door de variaties in het magneetveld en de radiopulsen in verschillende volgorden toe te passen - zogenaamde sequenties - kunnen telkens andere atomeigenschappen worden aangesproken en daarmee kan andere informatie uit weefsels worden verkregen. Verschillende sequenties belichten dus verschillende aspecten van het weefsel. MRI kan bijvoorbeeld gebruikt worden om te kijken naar het verloop van zenuwbanen - afgeleid van de bewegingsrichting van protonen - of om naar anatomische afwijkingen als hersenbloedingen en tumoren te zoeken.

De scanmethode (sequentie) bij MRI bepaalt wat er zichtbaar wordt, en dus ook de interpretatie van het beeld. Van Buchem: "Je kunt bijvoorbeeld kijken naar de beweeglijkheid van protonen in een bepaalde richting of juist instellen op de concentratie van protonen. Dat levert heel andere informatie op. In beide gevallen ontstaat een beeld met grijswaarden, maar ieder belichten ze andere aspecten van het weefsel." Als radioloog moet je in zekere zin dus al weten wat je wilt gaan interpreteren voordat er überhaupt een beeld is. Je moet kiezen wat je wilt gaan zien. Je vakbekwaamheid schuilt erin, dat je weet wat voor soort beeld behulpzaam zal zijn bij het stellen van een diagnose.

De hersenen in actie

Zoals eerder gezegd is bloed zonder contrastvloeistof met röntgenstraling niet zichtbaar te maken. Maar MRI kan informatie afleiden uit de magnetische eigenschappen van het bloedeiwit hemoglobine. Hemoglobine bevat ijzer dat zuurstof transporteert en zodra de zuurstof in het lichaam wordt afgegeven, krijgt het ijzer net als protonen magnetische eigenschappen. Dat magnetisme beïnvloedt naburige protonen, waardoor het signaal wordt versterkt. En daarmee wordt het zuurstoftransport in de hersenen meetbaar via MRI.

Eind jaren tachtig bedacht Seiji Ogawa dat het zwakke radiosignaal van hemoglobine informatie moest kunnen verschaffen over de werking van de hersenen. Want als hersencellen actief worden, verbruiken ze meer energie en zuurstof. Dat zuurstofverbruik leidt tot meer magnetisch ijzer, en die toename bleek inderdaad in 1991 met MRI in beeld te brengen bij menselijke proefpersonen.

Daarmee is een techniek geboren die het afgelopen decennium een enorme vlucht heeft genomen. Ogawa's idee maakt het mogelijk iets te zien van het werkende brein; het geeft informatie over welke hersengebieden actief zijn bij bijvoorbeeld lezen en spreken.

Neurowetenschappers verwachten via deze *functionele MRI* (fMRI) grote doorbraken te bereiken in het doorgronden van de hersenen.

Een relativering is daarom op zijn plaats. fMRI toont niet de werking van de hersenen zelf, maar een indirect, afgeleid kenmerk. En dan nog op een tamelijk slome manier. Hersengebieden communiceren namelijk met elkaar in de vorm van elektrische impulsen en neurotransmitters. Dat is een proces dat zich in een tijdsbestek van milliseconden voltrekt. De toename in de doorbloeding volgt drie tot vier seconden later. Een fMRI meet kortom een echo van de hersenactiviteit; een vertraagde fysiologische reactie van hersenweefsel op de voorafgaande zenuwactiviteit. Bovendien bestrijkt de toenemende doorbloeding waarschijnlijk een groter hersengebied dan de oorspronkelijke zenuwactiviteit. Om die reden levert fMRI altijd een iets minder nauwkeurige plaatsbepaling van de onderliggende zenuwactiviteit.

Overigens begrijpen neurowetenschappers nog steeds niet in detail het fysiologische verband tussen verhoogde hersenactiviteit en toegenomen doorbloeding. Maar dat er een verband is, heeft men inmiddels wel op verschillende manieren onderbouwd, zodat de techniek zinvolle informatie verschaft.

Bovendien is de fMRI techniek volledig non-invasief: voor een goed beeld hoeft geen contrastvloeistof ingespoten te worden. Kwelijke straling is ook niet nodig. De bij CT en röntgenfoto's gebruikte ioniserende straling kan cellen en erfelijk materiaal beschadigen, waardoor bij veelvuldig gebruik de kans op kanker toeneemt. Van de bij MRI gebruikte straling (elektromagnetische straling in de vorm van radiopulsen en magneetvelden) bestaan geen theorieën of bewijzen dat ze schade zouden kunnen opleveren. Dat maakt grootschalig onderzoek aan patiënten en gezonde proefpersonen veel acceptabeler.

Atomaire gebeurtenissen

De toekomst van het zuivere hersenonderzoek ligt voorlopig dus bij fMRI. Toch - en voor de volledigheid - is dit niet de eerste techniek die de werking van hersenen in beeld kan brengen. Die eer is voorbehouden aan de *Positron Emission Tomography* (PET)-scan, die voor het eerst in 1975 in ziekenhuizen werd toegepast en 1983 hersenbeelden opleverde. PET verschilt sterk van de andere beeldvormende technieken. Bij röntgenbeelden, CT en MRI wordt door een stralingsbron buiten het lichaam informatie verkregen - transmissie tomografie - bij PET zit de stralingsbron binnenin het lichaam: emissie tomografie.

Voor een PET-scan krijgt de patiënt radioactief gemerkte stoffen toegediend, die zich afhankelijk van hun biologische functie ergens in het lichaam concentreren. Omdat zo'n radioisotoop instabiel is, vervalt ze na verloop van tijd in een niet radioactieve vorm door het uitzenden van allerlei deeltjes. Daarbij komen twee fotonen (gammastraling) vrij, die onder een hoek van precies 180 graden van elkaar wegschieten. En die atomaire gebeurtenissen zorgen voor ruimtelijke informatie in de PET-scanner. Een ring van detectoren vangt beide fotonen op en een computer kan tussen beide detecties een denkbeeldige lijn trekken en daaruit opmaken waar de fotonen vandaan zijn gekomen, en waar dus het radioisotoop zich bevond. Net als bij CT en MRI kan op basis van die informatie een beeld worden geconstrueerd.

PET wordt in het ziekenhuis onder andere gebruikt om anders onzichtbare uitzaaiingen bij kankerpatiënten te detecteren en het succes van chemotherapie te volgen. Als radioactief gemerkte glucose wordt gebruikt, kan daarmee in principe ook hersenactiviteit zichtbaar worden gemaakt. Maar PET is wat het meten van hersenactiviteit betreft ruimschoots ingehaald door de fMRI. fMRI gebruikt immers geen potentieel schadelijke radioactieve straling die via een infuus wordt ingespoten en fMRI levert bovendien beelden met meer detail.

Een elektrisch beeld

fMRI en PET geven beelden gebaseerd op een fysiologische reactie op voorafgaande elektrische zenuwactiviteit. Die elektrische stroompjes kunnen zelf ook in beeld worden gebracht met een *electroencephalogram* (EEG). Een patiënt of proefpersoon krijgt elektroden op de schedel geplakt. Galvanometers zetten de stroompulsjes van de hersenen om in een beweging: een pen beweegt door de stroompulsjes en zo wordt een golvend lijntje op het passerende papier getekend. Het opmerken van afwijkingen in de wel veertig afzonderlijke, golvende lijntjes en die in verband brengen met de plaats van de elektrode op de schedel, is echter behoorlijk ingewikkeld.

Computers brachten daarin eind jaren tachtig wederom uitkomst. De elektrische activiteit kan namelijk ook direct in een computer worden opgeslagen. Die bewerkt de datastroom zodanig dat verschillen in hersenactiviteit een kleur krijgen en op de overeenkomstige plek op een kaartje van de schedel worden getekend. Op zo'n EEG-hersentopografie is de elektrofysiologie van de hersenen veel overzichtelijker en gemakkelijker te interpreteren. De computer kan zelfs een driedimensionaal beeld van de schedel genereren waaroverheen de rode, groene en blauwe kleuren voortdurend fluctueren, als reflectie van de elektrische dynamiek van het brein. De EEG heeft daarmee een tweede leven gekregen.

Toch is de EEG het afgelopen decennium in vernuft gepasseerd door de *magnetoencephalografie* (MEG). Met MEG worden de minieme magnetische veldjes gedetecteerd die ontstaan als zenuwbundels via stroompulsjes met elkaar communiceren. Deze veldjes zijn honderd maal zwakker dan het magnetisch veld rond een elektriciteitsnoer. MEG brengt de activiteit van het brein op dit moment het meest direct en accuraat in beeld. Maar een MEG-apparaat kost inclusief opstellingsruimte miljoenen euro's; het apparaat weegt achtduizend kilo. Dat beperkt de toepassing voorlopig tot experimenteel onderzoek in gefortuneerde instituten.

De toekomst van de beeldvormingstechniek ligt waarschijnlijk in combinaties: anatomische scans op de MRI worden gevolgd door functionele scans met de MEG, PET, of fMRI. Computers combineren beide beelden tot een driedimensionaal beeld, dat op het scherm vanuit alle hoeken kan worden bekeken. Zo kan de relatie tussen structuur, fysiologie en functie van hersenen beter worden onderzocht.

Iedere patiënt is subtiel anders

Met zo'n groot arsenaal aan beeldvormende technieken en de snelle technologische ontwikkelingen is het niet verwonderlijk dat er een aparte groep medisch specialisten is ontstaan: de radiologen. Pas na een opleiding van vijf jaar is een basisarts bekwaam genoeg om als radioloog zijn collega's te vertellen wat verschillende beelden tonen over de toestand van de patiënt.

Van Buchem: "Zoals je een handboek neurologie hebt, heb je een handboek neuroradiologie; daar staan de veel voorkomende patronen in. Uit wetenschappelijk onderzoek moet eerst het bewijs komen dat een bepaald beeld hoort bij een bepaalde afwijking of ziekte. Als daar overtuigende artikelen over geschreven worden, dan gaat het een rol spelen bij de dagelijkse diagnostiek."

Neuroradiologen gebruiken met name MRI om bijvoorbeeld tumoren op te sporen en ontstekingsziekten van het hersenweefsel zoals multiple sclerose, stofwisselingsstoornissen, aangeboren afwijkingen en herseninfarcten in beeld te brengen. Maar ook herniadiagnostiek maakt er gebruik van. "Bij de diagnose van de meerderheid van de neurologische aandoeningen speelt MRI inmiddels een belangrijke rol."

Al staan de veel voorkomende afwijkingen met hun karakteristieke beeld in tekstboeken, iedere patiënt is toch weer subtiel anders. Ziektes kunnen zich niet-karakteristiek ontwikkelen. Dan moet je gewoon je hersens gebruiken, zegt Van Buchem. "Beelden interpreteren is niet alleen patroonherkenning. Je moet de ziekteleer begrijpen, anders kun je alleen maar je plaatje

naast het tekstboek leggen en de overeenkomsten zoeken. En als het dan niet helemaal overeenkomt, zit je met je handen in het haar. Zo werkt het niet. Je bent pas een goede radioloog als je weet waarnaar je kijkt. Als je niet alleen de afwijking ziet, maar ook de kennis hebt van hoe die afwijking tot stand is gekomen; welke ziekteprocessen verantwoordelijk kunnen zijn voor dat specifieke beeld."

Beelden interpreteren is een kunst - een kunst beweren sommigen. Het komt aan op een Fingerspitzengefühl dat je niet uit tekstboeken leert. Deels is dat 'gevoel' ervaringskennis die specialisten overdragen op hun collega's in opleiding. "Samen kijken, daar pik je veel van op. De afwijking kun je vaak makkelijk zien, maar het gaat om de interpretatie ervan. De complexiteit van de radiologie wordt denk ik onderschat door mensen die het niet uitoefenen. Het is een vak dat zich op het kruispunt bevindt tussen technologie en ziekteleer. Je moet zowel op de hoogte zijn van de ziekteleer - daar neemt de kennis ook toe, maar in een minder hoog tempo - en van de technologie. Die ontwikkelt zich razendsnel."

Juist neurologen willen beelden

Mede door die technologische versnelling blijkt de radiologie-opleiding niet meer helemaal te voldoen, zegt Van Buchem. "In die vijf jaar leer je in het algemeen naar beelden kijken. Maar omdat de technieken zo snel ontwikkelen, is het haast ondoenlijk om in de tijd de radiologie over de hele breedte te doorgronden. Vandaar dat er momenteel een programma van subspecialisaties wordt opgezet." De nieuwe opleidingsstructuur is een traject van zes jaar: vier jaar algemeen en twee jaar specialiserend in een radiologische subdiscipline.

Die specialisatie is niet geordend naar techniek, maar naar orgaansysteem. De rol die beeldvormende technieken spelen, verschilt per orgaan en medisch specialisme. Niet voor elk specialisme is beeldvorming even belangrijk. Een dermatoloog kan met het blote oog wel een huidziekte ontwaren. Veel aandoeningen - suikerziekte en bloedarmoede bijvoorbeeld - zijn vaak niet met beeldvormende technieken te detecteren, maar wel met eenvoudige chemische analyses op te sporen. "Vaak zijn die gegevens veel informatiever dan een plaatje zou zijn", zegt Van Buchem. "Maar bij neurologische aandoeningen geven juist de beeldvormende technieken specifiekere informatie."

Door hun manier van functioneren en locatie zijn hersenen moeilijk te benaderen. Het brein heeft geen uitgebreide biochemische vingerafdruk in het bloed of urine en is door drie millimeter bot, huid en haar afgeschermd van de medicus. Hersenvocht kan wel informatie leveren, maar dat is lastig bereikbaar en moet met een omslachtige ruggenprik worden afgenomen. "Ik denk dat de neurologische specialismen om die reden het vaakst teruggrijpen naar beeldvormende technieken. Beelden zijn - direct na het gesprek met de patiënt zelf - de belangrijkste vorm van diagnose in neurologie."

Rechercheur met lijst verdachten

De beslissing om een MRI-scan te maken, neemt een andere specialist, bijvoorbeeld de neuroloog, die op grond van de klachten van de patiënt een hersenafwijking vermoedt. De neuroradioloog maakt en interpreteert vervolgens de beelden. In eerste instantie bekijkt hij de beelden zoals een arts een lichamelijk onderzoek doet: globaal en systematisch. De ziektegeschiedenis van de patiënt - opgetekend door de andere specialist - speelt daarin geen hoofdrol.

Van Buchem: "Je hebt de informatie over de patiënt wel in je achterhoofd, maar het is niet wezenlijk. Je kijkt altijd eerst op een standaard manier naar een beeld, want je weet niet wat je zult tegenkomen. Je screent. Afhankelijk van de klinische informatie die je meekrijgt, kun je nog eens heel specifiek naar bepaalde aspecten kijken. Je gebruikt de patiëntgegevens om gericht te zoeken en om hetgeen je tegenkomt te interpreteren. Essentieel daarbij is dat je in dialoog gaat met de clinicus, en er samen probeert uit te komen."

Soms is een beeld vanzelfsprekend. "Als iemand met neurologische klachten in het ziekenhuis komt en je ziet op de MRI een tumor, dan is het helder. Een hersenbloeding op de scan van iemand met acute neurologische uitvalsverschijnselen is ook duidelijk." Maar geregeld zijn op de beelden afwijkingen te zien die specifiek zijn: dat soort afwijkingen komt bij veel verschillende hersenaandoeningen voor. Dus zijn er meerdere verklaringen en meerdere diagnoses mogelijk. Niet voor niets begint de radioloog vaak met het opstellen van een zogenaamde differentiaaldiagnose - zoals een rechercheur een lijst met potentiële verdachten opstelt na een misdaad. Daarna begint het zoeken naar aanvullende informatie en onderzoek om verklaringen te toetsen en zo mogelijk te verwerpen.

"Neem bijvoorbeeld een vrouw met neurologische klachten. Op grond van de MRI blijken er twee verklaringen mogelijk: multiple sclerose of vaatontsteking. Aanvullend onderzoek moet dan uitwijzen wat het waarschijnlijkste is."

Overinterpreteren

De verantwoordelijkheid voor het duiden van de beelden ligt exclusief bij de radioloog; zijn collega's zijn eenvoudigweg niet getraind om de beelden te duiden. "Wij krijgen niet van een verwijzend specialist te horen hoe we moeten interpreteren. In samenspraak met de specialist wordt wel de differentiaaldiagnose die wij opstellen verder vernauwd. De radiologie vraagt, als je het goed wilt doen, veel multidisciplinair overleg."

Als een radioloog niet geoefend is, kunnen verkeerde interpretaties leiden tot wilde speculaties, weet hij uit ervaring. "Je kunt dan iets normaal als iets afwijkends gaan interpreteren." Zo is Van Buchem patiënten tegengekomen die volgens minder ervaren radiologen herseninfarcten hadden gehad. Rond de bloedvaten in de hersenen zit namelijk een ruimte gevuld met hersenvloeistof. En bij bijna iedereen is die ruimte op sommige plaatsen verwijd. "Dan zie je op de MRI gaatjes. Vaak worden die gaatjes geïnterpreteerd als infarcten. Als je bij een jong iemand die diagnose stelt, kun je die patiënt zijn leven lang stigmatiseren." Aan de andere kant blijkt de MRI soms nieuwe aspecten te ontdekken van oude, bekende klachten. Zo werden de hersenen van 450 personen uit de algemene bevolking van Maastricht en Doetinchem door MRI-scans in beeld gebracht. Uit deze grote verzameling beelden bleek dat mensen met migraine vaker hersenschade hebben dan personen zonder migraine. De ernstigste migrainegevallen bleken twintig keer vaker infarcten in de kleine hersenen te hebben.

Migraine moet dan ook niet langer als een lastige aandoening worden beschouwd, stelt Van Buchem, maar als een potentieel schadelijke ziekte. De MRI heeft de wijze waarop arts en patiënt naar migraine kijken voorgoed veranderd - de ziekte heeft een nieuw, verontrustend risicoprofiel gekregen - al levert die kennis nog geen nieuwe behandelwijzen op.

Van beeld weer naar cijfers

Bij migraine zijn afwijkingen dus te zien. Maar soms schiet het menselijk oog tekort. Door enerzijds de beelden met computers te bewerken en anderzijds de MRI te gebruiken om gericht te meten - kwantitieve scans - kan er meer worden 'gezien' dan zelfs een geoefende blik kan onderscheiden.

Van Buchem: "De MRI is oorspronkelijk als beeldvormende techniek ontwikkeld. Dat wil zeggen, gericht op het maken van beelden met grote contrasten. Subtiele contrasten, verschillen die door pathologie kunnen ontstaan, pik je niet op. En dan moet je echt gaan meten. In weefsels die een normale kleur hebben - 'kleur' tussen aanhalingstekens want we kijken naar zwartwit beelden - vind je wel degelijk afwijkingen als je de onderliggende cijferwaarden bekijkt."

Er valt dus meer uit de beelden te halen. Sommige aangeboren vormafwijkingen zijn met het blote oog nauwelijks te onderscheiden. Computerprogramma's kunnen die afwijkingen wel

naar boven halen, en zelfs berekenen hoe groot de afwijkingen zijn. Bovendien moeten die programma's helpen om onderscheid te maken tussen de normale onderlinge verschillen in het brein van gezonde personen, en pathologische afwijkingen die zieke van gezonde personen onderscheiden. Wie deze volumes, variaties en afwijkingen wil 'zien' heeft getallen en statistiek nodig. En die getallen zijn juist achter de grijswaarden uit zicht verdwenen. Kortom: het medische beeld is een sterk hulpmiddel voor de kwalitatieve beoordeling van zichtbare afwijkingen, maar notoir gebrekkig in de kwantificering ervan. Terwijl medische diagnostiek grotendeels stoelt op getalsmatige observaties - bloeddruk, suikerspiegel en zelfs zoiets triviaals als lichaamstemperatuur - spreken de scans alleen beeldtaal. De radioloog kan de diagnose van de afwijking niet anders uitdrukken dan in relatieve termen als 'veel' of 'weinig'. Het is te vergelijken met een arts die de urine van een vermoedelijke suikerpatiënt proeft en 'zeer zoet' als diagnose geeft.

Zelfs als een patiënt op de MRI een overduidelijke hersenafwijking of tumor laat zien, is bij een volgende opname moeilijk uit te maken of de ziekte is voortgeschreden en in welke mate. "Als een MS-patiënt voor het eerst komt, zie je een witte stof afwijkingen, maar hoeveel? Met die kwantitatieve technieken kun je gewoon zeggen: zoveel kubieke centimeter."

Gevangen in het beeld

Mede door het sterke leunen op plaatjes ontbreekt het in de neuroradiologie dus aan objectieve hersenwaarden, zoals andere medische disciplines bloedwaarden en urineconcentraties gebruiken. Van Buchem zou daar graag verandering in brengen. Maar het invoeren van hersenwaarden ondervindt weerstand. Radiologen zijn visueel ingesteld, weet Van Buchem uit ervaring. Kwantitatieve technieken sluiten niet aan bij de beeldcultuur van de beroepsgroep. Bovendien zijn de fabrikanten er niet op ingesteld. Jaarlijks komen er verbeteringen - upgrades - van de software en MRI-apparaten. Daardoor zijn eerder verkregen metingen vaak niet meer vergelijkbaar met de nieuwe gegevens. "Nu maakt een upgrade de referentiewaardes vaak waardeloos, omdat ze een ander niveau krijgen." Voor het maken van beelden is dat geen probleem, voor het genereren van hersenwaarden is het desastreus. "Zolang je dat soort problemen houdt, zullen radiologen kwantitatieve methoden in de praktijk niet snel toepassen. En fabrikanten die nieuwe modellen willen ontwikkelen, kijken hoe de huidige apparaten in de praktijk worden gebruikt. Vooral door radiologen die naar beelden kijken dus. Zo krijg je een vicieuze cirkel."

Toch hoopt Van Buchem dat de neuroradiologie steeds meer gaat kwantificeren en standaardiseren. Dat maakt het oordeel over de toestand van de patiënt iets minder afhankelijk van het oog en de ervaring van de radioloog. De onvermijdelijke variatie in diagnoses die ontstaat door verschillen in individuele vaardigheden, zal daardoor afnemen. "Maar de kunst van het kijken blijft", stelt Van Buchem. Net zoals geen enkele techniek het gesprek met de patiënt overbodig heeft gemaakt.

Arno van 't Hoog

Als leek kun je niet veel met die beelden

Caspar de Hoop (1971) ondergaat ieder half jaar een hersenscan vanwege een hersentumor.

"Vier jaar geleden kreeg ik last van hoofdpijn. Volgens mijn huisarts waren het symptomen van migraine. Maar de pijn kwam frequenter en werd heftiger. Er waren dagen waarop ik geen last had, maar als ik hoofdpijn had kon ik geen licht verdragen, zag ik steeds vaker sterretjes en kreeg ik op het laatst ook uitvalsverschijnselen. Ondertussen hadden we een dochtertje gekregen, ik was veranderd van baan, mijn vrouw was zwanger van een tweeling en we stonden op het punt te verhuizen. Wij schreven mijn hoofdpijn daaraan toe. Eind november 2001 had ik zo'n vreselijke hoofdpijn dat ik erbij moest gaan zitten omdat ik anders zou vallen. Die nacht is mijn situatie verslechterd en de volgende ochtend kreeg ik een epileptische aanval met zulke spastische bewegingen dat ik met de ambulance naar het ziekenhuis ben vervoerd. In de ambulance raakte ik buiten bewustzijn. Op de CT-scan in het ziekenhuis zagen ze een enorme brij in mijn hoofd. Ik bleek een tumor in mijn hoofd te hebben ter grootte van een vuist. Een vriend van ons die bezig is met de opleiding tot neurochirurg, las mijn status en zei dat ze mij onmiddellijk naar een ziekenhuis met een neuro-chirurgische afdeling moesten brengen. Onderweg kreeg ik een herseninfarct. In het Elisabethziekenhuis in Tilburg ben ik onmiddellijk geopereerd om te redden wat er te redden viel. "Als het is wat ik denk dat het is, bereid je dan maar op het ergste voor", zei de chirurg tegen mijn vrouw. Maar na drie uur bleek de operatie geslaagd. Het grootste deel van de tumor hebben ze weggenomen. Het stuk schedel boven de tumor was zo dun dat ze het zo van mijn hersenen hadden kunnen pellen. Uit onderzoek bleek later dat het ging om een langzaam groeiende tumor.

Een deel van de tumor zit in mijn hersenstam en daar kunnen ze niet bij. Ieder half jaar wordt er een MRI-scan gemaakt van mijn hersenen om de situatie in mijn hoofd te controleren. Voor ons is dat altijd weer een spannende periode. De laatste keer bleek dat de tumor niet was gegroeid.

Zo'n MRI-apparaat ziet er uit als een tunnel. Eerst wordt er een infuus aangelegd met contrastvloeistof. Je moet op een soort tafel liggen en een kussen fixeert als het ware je hoofd. En dan glij je met je hoofd die tunnel in. Wanneer ze het apparaat aanzetten, loopt de contrastvloeistof door je aderen. Het apparaat maakt een verschrikkelijk geluid: harde, snel opeenvolgende tikken. Meestal houd ik mijn ogen dicht. Boven je hoofd hangt een spiegel. Via een hoek kun je eventueel iemand zien en een gesprek voeren. Met de procedure zijn ze niet altijd even consequent. De vorige keer zat ik de hele tijd met mijn vader te praten en heb ik me ook bewogen. Die foto's waren ook niet scherp. Maar de laatste keer was het: kleren uit en stilliggen. Alles bij elkaar duurt zo'n scan ongeveer twintig minuten.

Scanfoto's zien eruit als röntgenfoto's. Zwartwit. Misschien is het bijzonder om foto's van mijn hersenen te zien, alleen zeggen ze mij niks. Aan de rechtervoorkant van mijn hoofd, zit nu een stuk kunstschedel. Die kun je duidelijk op de foto zien, maar verder kun je als leek niet veel met die beelden. Ik ben uitsluitend benieuwd naar de uitslag. Wel vind ik het knap dat ze aan de hand van MRI- en CT-scans het gebied kunnen bepalen waar je bestraald moet worden. Dat is echt millimeterwerk.

Eind april 2002 zijn de jongens geboren. Terwijl ik nog niet veel kon, werd ik gedwongen mee te werken. Achteraf is dat de beste training geweest. Ik had wel beperkte revalidatie gehad, maar uiteindelijk kan ik nu zoveel omdat ik de hele tijd bezig ben geweest. Ook voor mijn ogen is dat goed geweest. Met de kinderen om mij heen moet ik permanent focussen.

Afgezien daarvan zijn ze de beste afleiding die je kunt verzinnen en geven ze me energie en kracht. Het succes van een mens hangt niet af van zijn geld of status. Ik denk dat het gaat om de warmte en het karakter van iemand. En ondanks mijn beperkingen heb ik nog steeds karakter en kan ik warmte uitstralen."

Jolanda aan de Stegge

De beeldvormende techniek betekent de geboorte van de niet-zieke patiënt

De blik op ons binnenste

Over de culturele macht van het medische beeld

Het is een beroemd plaatje: een fiere man leunt op zijn rechterbeen op een rotsachtige ondergrond, zijn linkerknie en voet elegant naar achteren gedraaid. In zijn linkerhand heeft hij een dolk. Zijn hoofd kijkt naar rechts, naar het slap neerhangende vel dat hij in zijn arm houdt. Donkere gaten waar de ogen zaten, krachteloze franje voor vingers en tenen. De suggestie is dat deze man zichzelf heeft gevild. Hij is huidloos, je kijkt rechtstreeks naar dat wat gewoonlijk voor je oog verborgen blijft: zijn spieren, pezen, de kabels die over dijen en schouders lopen, zijn harde vierkantjes buik.

Dit is *Spierman*, één van de tekeningen uit de anatomische atlas *De Humani Corporis Fabrica* van Vesalius uit 1543. Deze anatomische atlas wordt gezien als een mijlpaal in de ontwikkeling van de wetenschappelijke geneeskunde. Bij Vesalius lag het primaat niet langer bij de overgeleverde medische kanonieke teksten over ons binnenste, waarin wordt gesproken over humeuren, verschillende soorten sappen en verstoorde evenwichten daartussen. Hij ging zelf kijken, zelf observeren, beproefde gearriveerde ideeën aan de lichamelijke realiteit, en tekende de verworven gegevens precies op.

Vesalius en de zijnen accepteerden dat ze daarvoor moesten snijden in het lichaam. Voorheen was dat om theologische redenen ondenkbaar geweest; het binnenste van je lichaam is een sacrale ruimte, het domein van je ziel, en dat hoor je niet te behandelen als een stuk vlees. Kennelijk was nu, in de Renaissance, de drang om zelf te willen zien en te weten groot genoeg om dat taboe te doorbreken. En wat de ogen van de ontleders zagen, kon ook voor anderen toegankelijk gemaakt worden, via plaatjes.

De droom van een atlas van het menselijk lichaam, van een soort beeldarchief van ons lichamelijke zelf, heeft ons niet meer verlaten. Ook de eigenaardigheden die dat verlangen om onze binnenkant te kennen met zich meebracht, zijn gebleven. Om te beginnen is er een bepaalde mentaliteit voor vereist. Je moet het lichaam willen zien als een soort ruimte die je kunt exploreren - zoals de wereld, zoals de kosmos. Er is ook een bepaalde, vrij technische manier van kijken verondersteld, die waarin je het lichaam beschouwt als een verzameling systemen en organen met verschillende functies. En dan moet je beslissen op welke manier je 'de waarheid wilt te liegen'. Immers: een mens is driedimensionaal, een plaatje plat. Het lichaam moet dus op een bepaalde manier open- en plat gemaakt worden. Ook al hebben de modellen waarin organen duidelijk gekleurd in de buik liggen zich al eeuwen in ons collectieve geheugen genesteld, organen liggen natuurlijk niet vanzelf handig los in de buik, maar worden opengeprepareerd, losgesneden uit ander weefsel, totdat het beeld ontstaat dat we willen zien. Waar we wat mee kunnen. In die zin werkt elke bioloog, elke medicus toe naar een beeld dat hij herkent en heeft leren zien. Het is waar beginnende medicijnenstudenten naar op zoek gaan als ze voor het eerst gaan snijden, voor het eerst een echo maken, of voor het eerst een hersenscan. Pas als er een bekend beeld opdoemt, kun je handelen.

De beleving van het lichaam

Het westerse ideaal van het volledig kenbare en maakbare lichaam stoelt op twee vooronderstellingen: *meer zien is meer genezen* en *in het lichaam kijken is onschuldig*, schrijft José van Dijck in haar boek *Het Transparante Lichaam: medische visualisering in*

media en cultuur. Van Dijck, hoogleraar Televisie, Media en Cultuur aan de Universiteit van Amsterdam, denkt dat op beide vooronderstellingen wat af te dingen is. Eddy Houwaart, hoogleraar medische geschiedenis aan het Vrije Universiteit Medisch Centrum te Amsterdam, gelooft zelfs dat iets in de medische praktijk zich altijd heeft verzet en zal blijven verzetten tegen het standaardiseren en catalogiseren van het menselijk lichaam. Ook als je zou kunnen beschikken over een compleet visueel archief van het menselijk lichaam, dan weet je volgens hem nog niet alles wat van belang is voor een goede behandeling.

Beide professoren hebben zich gebogen over wat medische beelden, van anatomische prenten tot geavanceerde hersenscans, in de medische praktijk en de bredere cultuur dóen. Beiden onderstrepen hoe moeilijk het is om te bewijzen dat al die beelden van ons innerlijk die het hedendaagse ziekenhuis produceert onze beleving van ons eigen lichaam hebben veranderd. Hoe je je eigen lichaam in de dagelijkse praktijk ervaart, wat je je eigenlijk voorstelt bij het binnenste van je lichaam, is zoïets 'gewoons' en terloops dat je je er nauwelijks bewust van bent. Laat staan dat het een onderwerp van publiek debat is. Vroeger was dat natuurlijk niet anders. Er bestaan dan ook niet of nauwelijks ijkpunten waaraan een historicus de veranderingen in lichaamsbeleving af kan meten. Maar beide hoogleraren kunnen zich niet anders voorstellen dan dat die veranderingen fors zijn. Van Dijck: "Het móet haast wel. Ik denk dat mensen door al die plaatjes en scans aan hun eigen lichaam gaan denken als iets dat uit partjes bestaat, uit organen, onderdelen. Zeker als ze ziek zijn. Dan denk je minder aan je lichaam als aan één geheel, dan zeg je: geef mij maar een nieuwe heup. Dat is ook overlevingsdrang natuurlijk."

Kijken in het levende lichaam

Volgens Houwaart had men vóór 1920 geen algemeen beeld van het binnenste van ons lichaam zoals wij dat nu hebben. Dat wil niet zeggen dat er niets was. Al in de negentiende eeuw gebruikte de medische wetenschap foto's om kwalen vast te leggen. Er bestonden anatomische plaatjes met afbeeldingen van pathologische processen, artsen keken een eindje in het lichaam via buizen in de keel en de anus. Niettemin: als een patiënt bij de dokter kwam met klachten van pijn, koorts, of algehele verzwakking, dan moest een arts zich een beeld van het probleem vormen door zijn handen te gebruiken. Houwaart: "Door palperen, betasten, voelen, kloppen en luisteren, kon de arts zich een voorstelling maken van het binnenste van het lichaam. Dat was een soort zien met de handen, dat wel een ruimtelijk beeld opleverde. Sommige artsen waren daar heel bedreven in."

Rond 1900 kon een arts eventueel wat proefjes doen met urine, bloed en poep, en misschien een weefselkweekje laten maken. Een handvol dokters met een geavanceerde praktijk kreeg in die tijd de beschikking over elektriciteit, waardoor een ECG (electrocardiogram) ofwel een grafische weergave van de polsbeweging mogelijk werd. Niettemin: het levende, maar zieke lichaam in de spreekkamer was goeddeels een gesloten boek. In de jaren 1920, 1930 verandert dat opeens. Dan dringt de röntgenfotografie in de Nederlandse spreekkamers door, een nieuwe, spectaculaire, zelfs een beetje griezelig gevonden techniek waarmee je in een levend lichaam kunt kijken.

Het röntgenapparaat was in 1895 door Wilhelm Röntgen ontwikkeld. Niet bij voorbaat met het oog op medische doeleinden, en de apparaten werden aanvankelijk dan ook niet exclusief bediend door artsen - integendeel, de geheimzinnige 'spookmachine' deed het goed als kermisattractie. Pas rond 1910 kwam men op het idee dat je met het röntgenapparaat ook de longen zou kunnen fotograferen. Houwaart: "Dat was relevant, want tuberculose was begin vorige eeuw echt een volksziekte, waar veel geld en aandacht aan werd besteed. Het röntgenapparaat heeft tot een revolutie in de diagnostiek geleid." Een eeuw geleden vermoedde een arts tbc als de patiënt mager en bleek werd, en bloed spuwde. Door te kloppen op het bovenste topje van de long, bij het sleutelbeen, kon hij vaststellen dat de patiënt

inderdaad tbc had. Als dat topje vol zat, was het foute boel. In het sputum konden artsen tbc-bacillen herkennen, en later, rond 1910, kwam de Pirquet-test, het 'krasje' waarmee besmetting kon worden aangetoond.

Pas in 1920 begonnen Nederlandse artsen röntgenfoto's te gebruiken voor het diagnostiseren van tbc. Bij het kijken naar en vergelijken van de foto's bleek wat men al wist: als de longtop vol is, heeft de patiënt tbc. Maar het viel de artsen ook op dat het begin van de bronchie, een stuk lager in de long (de zogenoemde hilus), vaak vlekken vertoonde. Patiënten voelen zich dan nog niet ziek. Houwaart: "Er ontstond een hele discussie over de betekenis van die vlekken. Is het toeval? Wijzen die vlekken daar op een beginstadium van tbc? Kortom: wat zie je eigenlijk op dat plaatje, en wat is de relatie met de ziekte? Die discussie over de juiste lezing van de plaatjes duurde jaren." Van Dijck noemt in haar boek een periode van twintig jaar voordat uitgebreide vergelijkingen artsen er definitief van overtuigden dat röntgenfoto's dezelfde ziekte aantoonde als het vertrouwde kloppen en de kweekjes, alleen in een vroeger stadium.

Die aarzeling van de artsen is begrijpelijk. Via die radiologische techniek konden ze opeens dingen zien die op geen enkele andere manier te kennen en dus met niets te vergelijken waren. Die aangetaste hilus werd pas relevant door de techniek die hem zichtbaar maakt. Tegelijk met het röntgenapparaat wordt als het ware een nieuw symptoom geboren, al bestaat de ziekte waar het een symptoom van is natuurlijk al veel langer. Zo werkt het vaak met nieuwe kijktechnieken, benadrukken Houwaart en Van Dijck: het is zelden zo dat ze als een soort controle werken doordat ze beter in kaart brengen wat de arts al weet. Veel vaker leveren ze nieuwe symptomen op voor een bestaande ziekte, en veranderen ze dus ons begrip van die ziekte.

De niet-zieke patiënt

Het transparant maken van het lichaam heeft nog een vreemd en onvermoed bijeffect: opeens kunnen artsen een medisch probleem vaststellen voordat het zich daadwerkelijk manifesteert. Houwaart: "Niemand kon in 1915 voorzien wat die nieuwe manier om in het levende lichaam te kijken zou betekenen voor ons risicobesef. Zowel voor dokters als patiënten was het heel vreemd om een ziekte te constateren voordat de patiënt zich ziek voelt. Met deze beeldvormende techniek werd de niet-zieke patiënt geboren. Het is ook de geboorte van de mentaliteit: 'laat je maar fotograferen, want je weet maar nooit...' Ik denk dat die blik in ons binnenste tot een nieuw soort risico-besef heeft geleid, ook al is dat wederom historisch heel moeilijk hard te maken."

Hoe dan ook, de nieuwe techniek wordt massaal aangegrepen om te weten of mensen een ziekte onder de leden hebben waarvan ze zich nog niet bewust zijn. In de jaren dertig, veertig en vijftig zijn er miljoenen röntgenfoto's van mensen gemaakt. Alleen al in 1958 en 1959 zes miljoen voor de vroegdiagnostiek van tuberculose in Nederland. Houwaart: "Je kunt wel stellen dat het hele Nederlandse volk is doorgelicht." De roep om vroeg-diagnostiek hangt zo sterk samen met de beschikbaarheid van visualisatietechnieken. En het kan niet anders of ook dat verandert de relatie van een mens met zijn lichaam. Het feit dat je als patiënt iets voelt, geeft immers niet langer de doorslag. Je kunt 'ziek' zijn zonder dat je symptomen hebt. In de tweede helft van de twintigste eeuw passeert een groot aantal ziekten op die manier de revue. Wat je steeds ziet, aldus Houwaart, is dat de ziekte verandert van een manifest klinisch beeld in een risicopatroom. De bijbehorende suggestie is, dat je die risico's kunt verkleinen door je ervan bewust te zijn, zodat je 'er vroeg bij bent' als een ziekte onverhoeds de kop opsteekt. In de loop van de twintigste eeuw raak je verantwoordelijk voor je gezondheid (bijvoorbeeld door gezond te eten en te sporten, maar ook door het vroeg opsporen van knobbeltjes en het in de gaten houden van moedervlekken), maar krijg je ook de mogelijkheid je te verzekeren tegen ziekten en heb je steeds meer rechten tegenover artsen - van second-

opinion tot smartegeld als de arts iets over het hoofd heeft gezien. Vroeg-diagnostiek heeft het hele medische veld radicaal veranderd.

Het ziekenhuis als plaatjesfabriek

Mede door die zucht 'om er vroeg bij te zijn' heeft het medische plaatje het primaat gekregen boven alle andere vormen van diagnostiek. Ieder jaar worden er miljoenen plaatjes gemaakt in de Nederlandse ziekenhuizen, zowel voor het stellen van een diagnose als ter voorbereiding van een ingreep. José van Dijck: "Een oudere kennis is neuroloog en hij zegt: 'Het eerste wat al die jonge artsen doen als ze een patiënt voor hun neus krijgen, is hem of haar naar de scanner sturen. Ze stellen niet eens een vraag.' Hij zegt ook dat jongere artsen niet echt meer door een stethoscoop kunnen luisteren. Andere zintuiglijke waarnemingen zijn naar de achtergrond verdronen; het ziekenhuis is een plaatjesfabriek geworden."

Patiënten willen en verwachten die plaatjes ook, gewend als ze zijn geraakt aan een blik op de binnenkant door operatieprogramma's op de televisie. José van Dijck kijkt er als mediawetenschapper met interesse naar. "Sinds 1990 zijn er steeds meer operaties op televisie te zien. Bijvoorbeeld 'Chirurgenwerk' van de EO, maar ook veel heftigere programma's, vooral over cosmetische chirurgie, waarbij een jong meisje in ruil voor het filmen een gratis operatie krijgt. Voor al die programma's geldt: het gaat altijd goed. Het resultaat is mooi, de operatie mislukt nooit, en het ellendige tussenstadium, waarin de patiënt herstellende is en vol wonden en bloeditstortingen zit, zie je niet."

Van Dijck vindt het geen toeval dat medische programma's zo'n vlucht hebben genomen op het moment dat er visueel spannende technologie kwam, zoals endoscopie. Voor zo'n zogenoemde 'kijkoperatie' wordt een buisje met camera in holtes of aderen gestopt. Dat levert beelden op die je zonder al te veel bewerking uit kunt zenden. De techniek 'matcht' dus goed met het medium televisie. En een operatie leidt ook nog eens als vanzelf tot een spannend programma.

Van Dijck: "De hele situatie -een zieke patiënt, een riskante en dramatische ingreep, een herstelde patiënt - leidt natuurlijk tot een beter scenario dan het in beeld brengen van de dagelijkse verzorging van een oude man of vrouw die nooit meer echt beter zal worden. Het is logisch dat mensen liever naar een operatie kijken. Ondertussen is het natuurlijk ook promotie van het ziekenhuis voor de reparatieve geneeskunde, die veel geld kost. Ik denk dat je de maatschappelijke invloed van die programma's niet moet onderschatten. Geldschietters kunnen zich meer bij die operaties voorstellen, het publiek gaat vragen naar ingrepen die ze op televisie hebben gezien, de druk om nieuwe types operaties te financieren neemt toe.

Wijkverpleegkundigen, diabetes-instructeurs en verpleeghuisartsen moeten daarmee concurreren. Hun werk is voor nog veel grotere groepen mensen belangrijk, maar is niet zo spannend in beeld te brengen. Die takken van de geneeskunde voldoen niet aan de eisen van een drama. Dat maakt dat zij minder sterk staan zodra het gaat over de verdeling van de budgetten in de gezondheidszorg."

De risico's van het doorlichten

De binnenkant van ons lichaam blijft eng voor mensen; je ziet gewoonlijk immers alleen iets van de binnenkant van zwaargewonde of dode mensen. Om de gruwelijkheid van die blik op het binnenste wat te neutraliseren, plaatste Vesalius zijn *Spierman* al in een mooi landschapje. Ook bij operatieprogramma's ziet alles er gewoonlijk even prachtig uit. Je zit gelijk binnen in het lichaam, het moment van binnendringen - met een lancet, met een buisje - wordt meestal discreet buiten beeld gelaten. De binnenkant van ons lichaam wordt geësthetiseerd, zodat we niet te veel hoeven na te denken over het daadwerkelijke snijden in een mens, dat toch ook nodig is om die beelden te krijgen.

Van Dijck: "Onlangs zag ik op televisie een programma over een man die geopereerd werd aan een vergrote prostaat. Ook hier werd het moment van penetratie niet in beeld gebracht. Als kijker zat je gelijk 'in' de penis via een buisje waaraan een camera zit. Het commentaar van de arts is een positieve beschrijving van de feiten, zo van: 'zie je hoe gemakkelijk de ingreep eigenlijk is, en hoe prachtig het er binnenin uitziet'. Later zie je de patiënt naar zijn eigen operatie kijken. Hij meldt dat hij geen pijn heeft gevoeld en dat hij het allemaal machtig interessant vindt. Het lijkt wel of hij een vakantiereis aanbeveelt! Het wordt voorgesteld als een soort pretreisje, zonder pijn, zonder nadelen."

Van Dijck vindt dat tamelijk vervreemdend. Elke ingreep is tenslotte een ingreep, er zijn altijd bijwerkingen, al is het alleen maar door de anaesthesie, soms loopt het verkeerd af. "Ik vind dat ingrepen worden gebagatelliseerd. Pijnpunten worden verdoezeld. Ze raken ondergesneeuwd door de esthetica. De schoonheid van de plaatjes en het gemak waarmee het resultaat lijkt te worden bereikt, maken dat mensen het risico van het doorlichten makkelijk onderschatten."

Plaatjes lijken pijnloos, maar in feite is de productie ervan behoorlijk belastend. Voor een echo moet je veel water drinken. Voor een MRI moet je heel stil liggen in een benauwde omgeving, je hoort een rotgeluid, en krijgt soms een contrastvloeistof toegediend. Endoscopie is echt een operatie, met anaesthesie en al. Van Dijck: "De slangetjes die het lichaam ingaan, bijvoorbeeld in de darmen, leveren prachtige en fascinerende plaatjes op volgens een filmisch principe: je zoekt, kunt nog niet alles overzien, maar je dringt steeds verder door. Wat je snel vergeet is dat er voor zo'n onderneming niet alleen een camera in het buisje moet, maar ook kunstmatig licht, en de darmen moeten worden opgeblazen met lucht. Mensen die zo'n endoscopie ondergaan liggen daar echt met een hele dikke holle buik."

Ook Eddy Houwaart onderstreept dat medische plaatjes vaak via last en pijn tot stand komen. "In 1920 betekende het maken van een röntgenfoto een behoorlijke fysieke belasting voor de patiënt: die moest langdurig bloot zijn, leed pijn, en kreeg een hoge dosis straling te verwerken. Dat stond allemaal echter in geen verhouding tot het belang dat aan het plaatje werd toegekend. Pas toen bekend werd dat röntgenstralen kankerverwekkend zijn, bijvoorbeeld bij het ongeboren kind, zocht de industrie serieus naar vervangende technieken. Zo kwam de echografie op. Het ondergaan van een echo is heel andere koek dan het laten maken van een röntgenfoto, en ook echo's zijn in de loop der tijd lichter geworden."

Welke risico's we aanvaardbaar vinden, hangt dus af van welke techniek we ter beschikking hebben. Dat zijn geen constante gegevens. De logica daaromheen is dat echter wel: hoe minder belastend de techniek voor de patiënt is, hoe lichtvaardiger zij zal worden ingezet; niet alleen voor diagnose van ernstige ziektes, maar ook voor minder ernstige afwijkingen, voor controle, of voor zuiver wetenschappelijk onderzoek. Zo werkt vriendelijkere techniek 'indicatie-inflatie' in de hand.

Houwaart geeft een voorbeeld uit het hersenonderzoek. Pas begin jaren zeventig beschikten sommige ziekenhuizen over een CT-scan, waarmee de structuur van levende hersenen in beeld kan worden gebracht. Ook vóór die tijd wilden artsen soms de plek van een tumor of bloeding bepalen, zodat ze wisten waar ze ongeveer moesten opereren. Omdat hersenen bestaan uit weke delen, heeft het geen zin om zonder meer een röntgenfoto maken. Daarom gebruikten artsen een hele grove techniek, de pneumoencefalografie. Eerst werd een snee gemaakt in de nek van de patiënt, waardoor het hersenvocht uit de holttes wegliep. Daarna werd er een contrastvloeistof met een andere moleculaire dichtheid ingespoten, waarna je wél een röntgenfoto van de holttes kon maken.

Houwaart: "Dat was natuurlijk geen kattenpis. Het leverde de patiënt in ieder geval knallende koppijn op, soms misselijkheid en braken, en af en toe raakte hij in coma. Zo'n behandeling verrichtte een arts dan ook alleen maar als hij of zij vermoedde dat er iets ernstigs aan de hand was. Als de kwaal zo erg was, dat het middel gewoon niet erger kón zijn, zeg maar. Tot 1970

vond men deze behandeling in die gevallen aanvaardbaar. Toen kwam de CT-scan en was het met deze praktijk gelijk afgelopen."

Het vormende beeld

Ook al is het papieren archief van het menselijk lichaam inmiddels vooral een digitaal archief, ook al zijn er inmiddels heel veel beeldvormende medische technieken gekomen waarvoor je niet meer hoeft te snijden - röntgenstralen, echografie, allerlei soorten scans - en ook al verkennen we inmiddels al lang en met succes de binnenkant van levende mensen, nog steeds geldt dat je als medicus, als mens, ziet wat je hebt *leren* zien. Het maken van een beeld van onze binnenkant veronderstelt nog altijd kennis, technische arbeid en het maken van keuzes over wat gewenste, werkbare beelden zijn. In die zin staat de moderne beeldvormende techniek niet simpelweg ter beschikking van de mens, maar configureert en reorganiseert elke nieuwe techniek ook de manier waarop we onszelf beschouwen. Dit is geen kritiek op de medische sector - hoe zou het anders moeten? - maar wel een relativering van de status van die plaatjes van ons binnenste. Ze vertellen niet dé waarheid over ons binnenste, maar proberen één waarheid in een bepaald beeld te vangen, een waarheid waar we vervolgens wat mee hopen te kunnen.

Plaatjes zijn per definitie niet 'natuurlijk'. Maar de recente medische plaatjes zijn extreem kunstmatig. Ze komen tot stand via tal van filters die allemaal hun sporen nalaten: het 'kijk'-instrument, de blik van de onderzoeker, de 'drager' (papier, plastic, een computerscherm). In al die filters zitten keuzes verwerkt: wat vinden we nu belangrijk, wat halen we naar voren en wat niet. Want geen enkel apparaat kan alles laten zien. De ordening en interpretatie van het visuele materiaal blijft mensenwerk. Van Dijck: "Die fantasie van een poortje waar je doorheen loopt en waar dan een soort hologram, een totaalbeeld van jou uitrolt, is natuurlijk onzinnig. Dat kan gewoon niet."

De geschiedenis leert volgens Van Dijck dat de medische stand jaren ervaringstijd nodig heeft om een soort zekerheid over de interpretatie van een bepaald type plaatje te verkrijgen. Intussen is er vaak alweer een nieuw model apparaat op de markt, met nieuwe gevolgen voor de interpretatie van de plaatjes die daaruit rollen. Die nieuwe plaatjes zijn niet alleen een verbetering, maar ook een verandering. Ze brengen andere aspecten van het lichaam naar voren. Deskundigen moeten deels weer opnieuw beginnen met interpreteren, ze moeten het lichaam als het ware opnieuw leren kennen. Van Dijck: "Echografie bijvoorbeeld is echt een specialisme geworden. Als je dat niet bijhoudt, kan je het binnen een paar jaar niet meer. Dan zijn de plaatjes teveel veranderd."

In de echografie zie je volgens Van Dijck heel duidelijk die overschatting van de plaatjes. "Nu al zijn er boze ouders met een gehandicapt kind die een echo hebben gehad. Ze zeggen: 'jullie hadden de afwijking van mijn kind toch kunnen zien!' Nee dus. Maar zo'n vijftig procent van de afwijkingen is überhaupt op een echo te zien. Echo's zijn ook nog eens moeilijk te interpreteren. Zwarte vlekken op een echo hóeven niets te betekenen, maar kúnnen wel wat betekenen. Precies hetzelfde geldt voor MRI-scans. Een plaatje kan ook heel misleidend zijn." Een deel van die misleiding komt voort uit onze neiging om een medisch plaatje te beschouwen als een soort foto. Met foto's heeft onze cultuur inmiddels veel ervaring. Bovendien wijkt de manier waarop je naar foto's kijkt niet of nauwelijks af van de manier waarop je naar de wereld kijkt. Bij een medische foto moet je veel meer interpreteren. Het praten over 'foto's' is dan ook nogal misleidend. Medische 'foto's' zijn vaak geen foto's; hersenscans bijvoorbeeld zijn computergegevens (cijfers) die voor ons gemak worden omgezet in iets dat op een foto lijkt. Ofwel: de meetresultaten zijn niet visueel, maar worden visueel gemaakt. In plaats van bijvoorbeeld een grafiek produceren we een plaatje, want dat 'leest' lekkerder. Dat plaatje behandelen we vervolgens zoals we gewend zijn om plaatjes te behandelen, als een kiekje, een momentopname van de realiteit. Maar deze plaatjes zijn een

manier om informatie te organiseren en presenteren - niet meer, niet minder. De laatste tijd worden al die 'kunstmatige' plaatjes steeds vaker gecompileerd: een driedimensionale echo samen met een CT en een MRI in één beeld. Dat is een heel complex geheel om te lezen.

Een einde aan het visuele paradigma

De huidige tendens naar visualisatie is onmiskenbaar - niet alleen in het medische veld, ook in geval van het simuleren van topografie of het weer. Toch zou de zucht naar het plaatje wel eens een voorbijgaand stadium in de geschiedenis kunnen zijn, oppert Houwaart. "Toen in de jaren 1930 en 1940 duidelijk werd hoe schadelijk röntgenstralen waren, zochten grote bedrijven als Siemens, Philips en General Electric koortsachtig naar betere technieken om in het lichaam te kijken. Uit de innovatieprogramma's van die tijd ontstaan ultrageluid, thermografie, contrastvloeistoffen. Als je aan ingenieurs die in de jaren vijftig voor de medische sector werkten zou vragen 'wat hield je nou bezig', dan zouden ze vermoedelijk zeggen: 'de transparantie van het menselijk lichaam vergroten, want daar zat de toekomst.' Ik vermoed dat het drijvende verlangen van huidige onderzoekers eerder zoets is als: 'het kraken van de genetische code'."

We zullen volgens Houwaart altijd wel plaatjes willen, maar de centraliteit van plaatjes in de medische technologie zou wel eens van voorbijgaande aard kunnen zijn. Verdrongen door de genetica. Houwaart: "Overoptimistische cardiologen -en het hoort een beetje bij artsen om overoptimistisch te zijn- zeggen nu al dat ze straks op basis van iemands genetische code kunnen voorspellen dat jij op je zestigste een hartinfarct krijgt. Daar hebben ze, denken ze, straks geen echo van het hart meer voor nodig. Als die verwachting uitkomt, zou dat echt een revolutionaire omslag in hun werk betekenen."

Het visualiseringsparadigma heeft een plek in de geschiedenis, net zoals de anatomische tekeningen van Vesalius uit de zestiende eeuw die hebben, denkt Houwaart. De plaatjes van Vesalius zijn revolutionair geweest, maar staan niet meer aan het front van het medisch onderzoek. MRI's, PET-scans, ze zullen heus wel blijven, maar ze zullen vanwege het voortschrijdend genetisch onderzoek mogelijk minder centraal komen te staan. Houwaart: "Via fMRI's kunnen cognitieve psychologen en neurofysiologen voor het eerst werkende hersenen bekijken. Dat vinden ze prachtig - in dat opzicht zijn al die scanapparaten echt *toys for the boys* - en daar zit wetenschappelijk mogelijk nog een enorme toekomst in. Maar ik vermoed dat medische plaatjes als dé manier om diagnoses te stellen verdrongen zullen worden door het genetisch paradigma."

Heel de mens

Naast de opkomst van de genetica is er nog iets dat de alleenheerschappij van het visuele paradigma bedreigt: weerstand vanuit de praktijk zelf. Houwaart neemt waar dat sommige patiëntengroepen de medische praktijk gaan relativiseren: "De laatste tien jaar zie je een beweging van dodelijk zieke mensen die niet uit zijn op weer een nieuwe technische ingreep met een kleine kans op relatief succes, maar die op een waardige manier willen sterven. En er zijn hele grote groepen mensen die zich al zo'n vijftien, twintig jaar lang hebben afgewend van de reguliere geneeskunde; homeopathie is uitgegroeid tot een ware schaduwconomie van de gezondheidszorg."

Ook de reguliere medische praktijk zélf blijkt deels resistent tegen de technologisering van het lichaam. Op een bepaald niveau is elk lichaam uiteindelijk nieuw en anders, ook al zoeken medische onderzoeksprogramma's als het visualiseren van het lichaam of het vaststellen van onze genetische opmaak naar 'de' standaard van 'de' mens. Eddy Houwaart: "Sommige artsen zoeken echt een uitweg uit dat technologische verhaal. In 1920 had je in Engeland de *holistic medicine*-beweging. 'Apparaten zien steeds maar één stukje van het lichaam', redeneerden ze, 'de persoonlijke geschiedenis en de emotionele behoeften van deze mens krijg je op die

manier niet in beeld." Via invoelende vragen aan de patiënt probeerden deze artsen tot een diagnose te komen. In de jaren 1960 en 1970 zie je in Nederland de opkomst van vergelijkbare gevoelens. Het idee leefde dat artsen meer tijd moesten inruimen voor een gesprek en het in kaart brengen van de psychosociale context van de patiënt. 'Integrale geneeskunde' werd dat genoemd. Houwaart: "Het lijkt alsof arts en patiënt bij tijd en wijle schrikken van de medische techniek, zo van 'tjesus, zijn we niet iets vreselijk belangrijks aan het vergeten.' We hebben een soort haat-liefde verhouding met onze eigen technologische kijk op onszelf."

In die jaren ontdekken artsen de techniek van het gesprek. Dat was volgens Houwaart echt een innovatie. "Dat klinkt misschien gek, maar waarom zou je als modern arts überhaupt een gesprek willen? En dan bedoel ik iets anders dan een soort halve uitleg, zo van 'nu ga ik prikken', of 'driemaal daags innemen'. Je wilt zo'n gesprek toch omdat je als arts iets wezenlijks op het spoor denkt te raken, iets dat je via plaatjes niet vindt. Het staat buiten kijf dat er een trend is om het lichaam als een biologische machine te zien, waarvan onderdelen kapot gaan en mogelijk weer gerepareerd kunnen worden. Maar een stukje van de geneeskunst valt niet in protocollen te vangen. Dat valt me als historicus telkens weer op. Reële patiënten vertonen nu eenmaal soms symptomen die niet binnen het standaardmodel van 'de' mens passen. Als arts wordt er dan toch iets van je verwacht."

Nattevingerwerk

De interactie tussen arts en patiënt blijft tot op zekere hoogte nattevingerwerk. Wat maakt de ene arts goed en de andere arts slecht? Geneeskunde is deels een zeer individuele vaardigheid, die zich niet tot algoritmes laat terugbrengen, in regels laat vangen. Dokters gebruiken een apparaat zoals het hun goedgevalt. Daar zitten flinke verschillen in. Houwaart somt enkele variabelen op: "Wanneer gebruik ik het, hoe gebruik ik het, hoe interpreteer ik de gegevens, hoe breng ik de gegevens die ik via het apparaat heb gekregen in verband met de andere, soms tegenstrijdige gegevens die ik heb (mijn indruk van de patiënt, het gesprek), en hoe zwaar laat ik de 'feiten' van het plaatje wegen in dit totaalbeeld." Een arts moet al die informatie over een patiënt op één lijn zien te brengen. Die informatie spoort vaak niet helemaal, is misschien zelfs tegenstrijdig, en de arts neemt een beslissing. Daarbij kan hij of zij veel waarde toekennen aan het plaatje, of weinig. Een andere dokter komt op basis van dezelfde gegevens vaak tot een ander besluit, vandaar natuurlijk de praktijk van een *second opinion*.

Houwaart: "Er is ooit een experiment uitgevoerd waarbij vijftig radiologen in twee groepen werden verdeeld. Beide groepen zagen röntgenfoto's op een lichtbak, kregen informatie over de patiënt en moesten met een diagnose komen. De foto's waren dezelfde, maar de informatie varieerde per groep. De twee groepen kwamen tot verschillende diagnoses. Ofwel: een plaatje spreekt helemaal niet voor zichzelf. Een dokter moet dat altijd integreren in andere kennis."

Marjan Slob

Aan de ronde tafel

Evelien Tonkens: Chaos en bloed zijn vervangen door kleur en een ordelijk beeld. Dat is de indruk die bij mij blijft hangen van dit hoofdstuk over medische visualisatietechnieken. Het ligt dan voor de hand om te wijzen op de 'disciplinerende' van het lichaam, op de manier waarop medische kennis erop is gericht om lichamen gelijk te schakelen. Dat is al vaak gezegd. Tegelijk maakt die visualisering andere praktijken mogelijk, omdat het referentiepunt duidelijk is. Discussie. Een patiënt die een second opinion vraagt. Het medische plaatje schakelt gelijk, maar maakt ook helder dat een mening altijd een interpretatie is. Ook de mening van een arts.

Kees Vuyk: Dat ordelijke beeld...., ik werd inderdaad vooral getroffen door de suggestie van organisatie die een beeld altijd geeft. Het deed me sterk denken aan het spiegelstadium, een begrip uit de psychoanalyse. In het spiegelstadium wordt een kind zich voor het eerst bewust van zijn beeld in de spiegel. Het is een metafoor voor het vestigen van je identiteit. De suggestie is, dat jij dat beeld bent, terwijl een beeld in feite altijd instabiel is - net als je identiteit.

Wat me hier interesseert, is dat die beelden volgens de psychoanalyse een soort euforie oproepen. Omdat ze je een identiteit bieden. Het zou wel eens zo kunnen zijn, dat we een psychologische behoefte hebben aan beelden van onszelf. En dat medische visualisatietechnieken ook om die psychologische reden zo'n hoge vlucht nemen.

Evelien Tonkens: Ja, maar in het spiegelstadium gaat het om een privé-beeld, wat jij je van jezelf vormt. Terwijl die medische plaatjes je door de cultuur worden aangedragen. Specialisten zeggen je wat je ziet. Ze vertellen je wat het beeld van jou betekent. Er is wel een plaatje, maar geen identiteit.

Jean-Pierre Wils: Mij frappeert inderdaad het feit dat het eerste persoonsperspectief, de beleving van binnenuit, door de visualisatietechnieken zo naar de achtergrond wordt gedrongen. Wat de patiënt voelt, doet er steeds minder toe. Ik denk dat dat vooral komt doordat je bij bijvoorbeeld endoscopie kunt meekijken op het moment dat de dokter je lichaam ingaat. In 'real time', als het ware. Zo leer je jezelf te observeren. En dat is wat anders dan jezelf beleven.

Ik zie daarin de triomf van de analytische geest. Het onderscheiden van organen, onderdelen, en die weer componeren tot een bruikbaar plaatje. Dat is een verworvenheid die aan de basis staat van veel medisch vernunft. Maar soms wil je die blik niet. Soms wil je een ander niet zien als een zak vol bloed. Die analytische blik gaat in zekere zin voorbij aan de integriteit van het lichaam.

Stel dat mijn vrouw een keizersnee krijgt en ik de keuze heb om over het schotje heen naar de operatie te kijken - een keuze die partners daadwerkelijk hebben. Ik zou dat niet willen. Zo analytisch wil ik niet naar het lichaam van mijn geliefde kijken. Dat is voor mij een soort taboe. Die analytische blik kan in die zin 'ontheiligen' wat diep waardevol is in een mensenleven. Ik denk dat er wel degelijk iets verloren gaat als zo'n blik al te gewoon wordt.

(MS)