

Sjef Ruijs, Gerrit Jager en Lucas Kingma

De komst van computertomografie als een keerpunt in de medische beeldvorming

De computertomografie is gebaseerd op het werk van Godfrey Hounsfield, een ingenieur-elektronicus in dienst van EMI (Electrical Musical Instruments). Als eerste gelukte het hem in 1967 om bruikbare in-vivobeelden te maken van de schedelinhoud van een koe. De techniek werd door hem beschreven als Computed Axial Tomography (CAT) (fig. 1). In feite was dat moment de geboorte van wat later computertomografie (CT) is gaan heten. Na een presentatie voor de voltallige Raad van Bestuur gaf deze hem de vrije hand zijn vinding verder te ontwikkelen. Een opmerkelijk besluit voor een niet-medische bedrijfstak, al werd dat besluit makkelijker door toenmalige grote winsten binnen het bedrijf. In samenwerking met de radioloog dr. J. Ambrose werd een prototype gemaakt. Het apparaat werd bekend als CAT-scanner of EMI-scanner en werd geplaatst in een klinische afdeling van het Atkinson Morley Hospital in Wimbledon. Na die geboorte werden de eerste resultaten gemeld in 1973 in het *British Journal of Radiology* [1,2]. Al spoedig werd de eerste scanner gevolgd door een installatie in het National Hospital Queens Square in London. De beslissing om met de nieuwe techniek een voor het bedrijf vreemde markt te betreden leek EMI aanvankelijk profijt op te leveren, maar al spoedig bleek dat het daadwerkelijk verbeteren van een prototype én het nadien op de markt brengen van het resultaat toch een verliespost opleverden. De medische tak van EMI werd in 1981 dan ook overgenomen door General Electric (GE), een marktleider op het gebied van medische technologie, met name binnen de Verenigde Staten.

Zoals vaker in de geschiedenis van de wetenschap stond ook de mijlpaal van Hounsfield niet op zichzelf. Jaren eerder werd geëxperimenteerd door Cormack rond de mogelijkheid 'sophisticated' computers te gebruiken teneinde radiologische beelden te construeren. Zijn publicatie uit 1963 trok destijds echter geringe aandacht [3]. Niettemin was dat toch de basis voor de ontwikkeling van de CT; het verklaart het feit dat Hounsfield en Cormack in 1979 gezamenlijk de Nobelprijs voor Geneeskunde mochten ontvangen [4].

Het bijzondere aan het CT-concept is dat de röntgenbuis niet gefixeerd is, maar om de patiënt heen draait. De absorptie van de stralen door het weefsel wordt in meerdere richtingen berekend met behulp van wiskundige modellen, waaronder een zogenaamde Fourier-analyse. De uittredende straling wordt dus niet op een film vastgelegd, maar gebruikt voor die

metingen. Door de absorptie per blokje weefsel (pixel) als onderdeel van een plak van een zekere dikte te berekenen en te verdelen over grijswaarden, werd een vertaling naar een zichtbaar beeld op een monitor en/of film bereikt. Het aldus verkregen beeld is dus van een andere orde dan wat men gewend was. De radiologie bestond tot dan toe immers uit tweedimensionale projecties van de absorptie vanuit driedimensionale structuren. Daarbij werd die absorptie als het ware vastgelegd op film, met als onvermijdelijk neveneffect overprojectie (superpositie). Dat is een van de redenen waarom in de klassieke radiologie vrijwel altijd werd (en wordt) uitgegaan van projecties in (ten minste) twee richtingen: het bekendste voorbeeld is de achter-voorwaartse en dwarse thoraxfoto. Van de 'kijker' wordt verondersteld dat hij/zij met zijn of haar kennis van de anatomische achtergrond de beide platte vlakken weet te reconstrueren tot een 'ruimtelijk beeld'. Ook bij de 'gewone' tomografie is er sprake van een projectiebeeld, al is door vervaging van omgevende structuren de mate van superpositie sterk gereduceerd.

Bij de CT ontstonden 'zomaar' dwarsdoorsneden door het object: "zoals de slager zijn worst snijdt". Bovendien bleek men in staat specifieke contrasten beter af te beelden, met name van de weke delen zoals de musculatuur en, niet te vergeten – want daar was immers alles mee begonnen – de hersenen. Voorts bleek men in staat, door middel van het instellen van de breedte en diepte van het uitleesvenster qua grijswaarden aan de bedieningsconsole, een nóg breder scala aan beeldcontrasten te bestuderen. Het menselijk oog kan gelijktijdig maximaal circa 16 grijswaarden onderscheiden; door het variëren van de totale breedte (window) en het instellen van een specifiek niveau (level) kan de nadruk worden gelegd op bepaalde details. Toediening van contrast is uiteraard een andere methode tot beïnvloeding van het beeld, hetzij middels vulling van bloedvaten, dan wel, bijvoorbeeld, de tractus digestivus; maar dat alles kwam pas in een latere fase. Op deze wijze wordt de opbrengst veel groter dan met alleen de basale, axiale opname, het menselijk oog en de monitor of lichtkast. De nieuwe techniek gaf echter ook toegang tot nieuwe gebieden: vanuit één doorsnede door beeldinstelling werd informatie mogelijk over geheel verschillende beeldterreinen. Met name geldt dat voor 'de weke delen' en 'het skelet'. Een duidelijker voorbeeld van de verworvenheden vanuit een digitale techniek is bijna niet voorstelbaar. Een scala aan nieuwe analyses werd plotseling breed toegankelijk. Al spoedig bleek dat computertomografie niet alleen geschikt was voor diagnostiek, maar bovenal ook zeer geschikt voor de research, inclusief standaardisering middels protocollen. In betrekkelijk korte tijd werd een aantal 'klinisch-pathologische misverstanden' als het ware ontmaskerd door de toegevoegde inzichten vanuit de CT. In vele opzichten moest later het begrip 'evidence-based medicine'

dan ook bijgesteld worden. Oncologie en neurologie zijn ondenkbaar geworden zonder CT-protocollen, waarvan de invloed op vele andere vakgebieden binnen de geneeskunde ook als zeer groot mag worden beschreven. Te denken valt onder meer aan het grensvlak van diagnostiek en therapie: de interventies. Een wereld zonder CT is nu niet meer voorstelbaar, maar was dertig jaar geleden normaal. Diverse vakgebieden zijn fundamenteel veranderd in korte tijd.

De opwindende met de presentatie van de vinding gepaard ging was groot, met name door het directe beeld van de anatomische structuren (fig. 2) en door het feit dat men voor de afbeelding van het hersenweefsel niet meer aangewezen behoefde te zijn op de soms zeer pijnlijke, riskante en ongemakkelijke onderzoeksmethodieken, die veelal zeer belastend waren voor de patiënt en de dokter, zoals het pneumencefalogram (PEG) en het angiogram.

Bij het onderzoek van de borst- en buikholte bleek al spoedig dat men bovendien organen en orgaansystemen kon waarnemen die voordien hooguit met behulp van echografie, angiografie of nucleair-geneeskundige technieken (scintigrafie) konden worden bestudeerd. De echografie stond in de beginperiode echter nog in de kinderschoenen en leverde destijds slechts een bescheiden bijdrage aan de algemene diagnostiek van het abdomen. De winst werd vooral gezien bij het afbeelden en onderzoeken van lever, pancreas en bijnieren, maar zeer zeker ook bij lymfeklieren, darmwand en bijzondere bevindingen, zoals abscessen en vrij vocht.

Het betekende echter wel dat de radioloog, met in zijn voetspoor de clinicus, vertrouwd moest zien te geraken met nieuwe anatomische verhoudingen in vivo: aanvankelijk in het axiale of transversale vlak, later, na de komst van reconstructiefaciliteiten (multiplanar reconstruction reformation – MPR) ook in andere richtingen, met name coronaal en sagittaal [5,6]. Dit was een eerste, vernieuwende uitdaging. Tevens kan gesteld worden dat dankzij het operationeel worden van de CT-techniek de ontwikkeling van de MR-techniek (magnetische resonantie) versneld tot stand heeft kunnen komen. In 1973 kon Lauterbur de eerste MR-beelden tot stand brengen, hetgeen een fundamenteel nieuwe fase in zowel de medische beeldvorming (MRI) als in de in-vivospectroscopie (MRS) en vaatdiagnostiek (MRA) inluidde.

Van groot belang is het feit dat door de inzet van de computer – het betreft immers digitale beeldvorming –, de beelden ook te bewerken en te reconstrueren waren; de al eerder genoemde MPR is daar een voorbeeld van, naast onder meer de ‘maximum intensity projection’ (MIP) en, in een latere fase, diverse functionele onderzoeken, met als voorlopig

eindpunt de functionele MR-technieken. Het was het begin van een geheel nieuwe vorm van beeldvorming en communicatie, met als basis begrippen zoals digitalisatie, twee- en driedimensionale reconstructies (bijvoorbeeld shaded surface display – SSD); maar ook het ontstaan van het PACS (picture archiving and communication system) is mogelijk – en noodzakelijk – geworden dankzij het aanleveren van grote hoeveelheden digitale beeldinformatie. De enorme hoeveelheid data per onderzoek en per patiënt is op een andere wijze niet meer te overzien, en het transport – maar ook het beoordelen – vereist andere technieken dan het simpel afdrukken van elk beeld. Het beoordelen van radiodiagnostisch onderzoek verschuift derhalve steeds meer naar monitoren; het begrip ‘scrollen’ deed circa tien jaar geleden zijn intrede in de radiologie. Op korte termijn betekent het dat dit proces zal leiden tot ‘filmloze’ afdelingen en ziekenhuizen, en het vormt tevens de basis van nieuwe begrippen zoals navigatiechirurgie, teleradiologie en telegeneeskunde [7]. Dat op zich heeft al grote invloed op alle klinische specialismen, ook de heelkundige [8]. De radiotherapie komt overigens de eer toe als eerste vakgebied gezien te hebben welke belangrijke bijdrage de computertomografie kan leveren bij de berekening van isodose-curven bij de planning en instelling van te bestralen gebieden [3].

Dit alles overziende is het dan ook niet verwonderlijk dat, met name ook in de VS, het nieuwe apparaat snel opgang maakte. In 1979 [9] waren er in de VS reeds 1254 CT’s operationeel; in Nederland 20, met een uitbreiding naar 45 in 1984 [10]. Thans is het een algemeen ingevoerde techniek in elk Nederlands ziekenhuis.

Echter, de snelle acceptatie van de nieuwe diagnostische technologie verontrustte velen, met name in de politiek. Waar men vanuit die hoek in het verleden de ‘conventionele’ apparatuur min of meer met rust had gelaten, bleek het diagnostisch potentieel van de CT ineens zóveel groter dat al snel een koppeling werd gelegd naar een forse stijging van de kosten van de gezondheidszorg. Aldus werd de CT exemplarisch gemaakt voor die stijging, en daarmee werd de aanschaf van dergelijke apparatuur het onderwerp van felle discussie – in de VS, maar ook in vele andere landen, waaronder Nederland. Een enkeling ging daarin wel heel erg ver, door openlijk te suggereren Hounsfield en Cormack de Nobelprijs te ontnemen [11]!

In ons land werd het apparaat, terwijl aanschaf en spreiding doorgingen, onderworpen aan uitgebreide advisering door de Gezondheidsraad (van 1976 tot 1981), en werd het in 1984 onder het beroemde artikel 18 van de Wet Voorzieningen Gezondheidszorg (WVG) geplaatst [12]. Zodoende konden ziekenhuizen alleen met nadrukkelijke vergunning van de overheid een toestel plaatsen teneinde nadien de kosten vergoed te kunnen krijgen middels een

verhoging van de verpleegprijs; dit alles naast de inmiddels ingestelde budgettering (1983). Er moest uiteindelijk een proefschrift aan te pas komen om aan te tonen dat ziekenhuizen mét een CT goedkoper *konden* zijn dan die zonder, uiteraard bij vergelijkbare functie en taakstelling [10]. Kort na het verschijnen van deze studie werd de beperkende maatregel dan ook weer opgeheven. Merkwaardig is echter dat zowel in de VS als in Nederland deze discussie over de inzet van CT nooit echt is afgesloten: nog immer blijft het oordeel ‘overbodige kosten bij de diagnostiek’ en ‘medicalisering’ verbonden aan de computertomografie. Zo staat in het recente (1998) werk van Friedman en Friedland [13], dat de tien grootste ontdekkingen in de geneeskunde beschrijft: “The use of this scanner has increased enormously the cost of medical care”. De stelling lijkt voor een deel te berusten op emotionele gronden [14,15], hetgeen onder meer verklaart waarom veel medici, met name binnen het medisch onderwijs, blijven hameren op het ‘echte handwerk’ – zoals inspectie, palpatie, percussie en auscultatie – en weinig ruimte geven aan de mogelijkheden (en beperkingen) van diagnostische technieken, waaronder de radiologie [16] – niettegenstaande het feit dat recentelijk onder meer in het Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde met enige regelmaat fysisch-diagnostische methoden worden geëvalueerd met bepaald tegenvallende resultaten.

Samenvattend mag gesteld worden dat de komst van de CT veel meer inhield dan de introductie van een nieuwe en bijzondere radiologische techniek: naast de (medische) uitdagingen die ermee gepaard gingen, alsmede een – onterechte en ook ongewenste – rol in de (politieke) discussie inzake de almaar stijgende kosten in de geneeskunde, is zij met name vooral te beschouwen als het begin van de digitalisering binnen de radiologie. De introductie van de computertomografie werd mede daardoor het cruciale begin van een nieuw tijdperk in de gehele geneeskunde.

Prof.dr. J.H.J. Ruijs¹, dr. G.J. Jager¹, dr. L.M. Kingma², radiologen

¹ Universitair Medisch Centrum St Radboud, Nijmegen

² Medisch Centrum Haaglanden, locatie Westeinde, Den Haag

Correspondentieadres : j.h.j.ruijs@wanadoo.nl

Literatuur

1. Hounsfield GN. Computerised transverse axial scanning (tomography). 1. Description of a system. Br J Radiol 1973;46:1016-22.
2. Ambrose J. Computerised transverse axial scanning (tomography). 2. Clinical application. Br J Radiol 1973;46:1023-47.
3. Pallardy G, Pallardy MJ, Wackenheim A. Histoire illustrée de la Radiologie. 1989. ISBN 2851280740.
4. Hounsfield GN. Computed medical imaging. Science 1980;210:22-8.
5. Rosenbusch G, Oudkerk M, et al. Invisible light sliced: improved diagnostics by new representation of anatomy. 1995; Radiology in Medical Diagnostics (Ch 4). ISBN 0865428999.
6. Ruijs JHJ. "Vivos mortui docebunt?" Een overpeinzing 95 jaar na de ontdekking van de Röntgenstraling. Ned Tijdschr Geneesk 1991;135:355-8.
7. Hillman BJ. Medical imaging in the 21st century. Lancet 1997;350:731-3.
8. Mohr FW. De verlengde arm van de chirurg. Medisch Contact Jubileum Special; 1999;54:39-42.
9. Reiser SJ, Anbar M. The machine at the bedside: strategies for using technology in patient care. 1984. ISBN 0521318327.
10. Barneveld Binkhuysen FH. The effectivity and medical efficiency of radiology, stressing computed tomography [proefschrift]. Utrecht, 1987. ISBN 9090020578.
11. Relman AS. CAT-scanners – conferring the greatest benefit on mankind. N Engl J Med 1979;301:1062-3.
12. Dutrée MA. Introductie en spreiding van kostbare medische technologie in Nederland [proefschrift]. Rotterdam, 1999. ISBN 9090043888.
13. Friedman M, Friedland GW. Medicine's 10 greatest discoveries. 1998. ISBN 0300075987.
14. Dunning AJ. Broeder ezel: over het onvermogen in de geneeskunde. 1982. ISBN 9029011475.
15. Voorhoeve R. De beperkingen van het aanvullende onderzoek: fetisjisme in de westerse geneeskunde. Ned Tijdschr Geneesk 2000;144:44-7.
16. Ruijs JHJ. Al werkende weg [afscheidscollege]. KUN 1999. ISBN 9090132414.

Legenda bij de figuren :

Fig. 1 : Godfrey Hounsfield bij een van de eerste CAT-scanners

Fig. 2 : Een in 1978 in Nederland gemaakte CT-opname van het cerebrum van een patiëntje met hydrocefalie, cystevorming én een subduraal hematoom.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.